

# Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água

Uma abordagem centrada na reabilitação

Autoria:

Helena Alegre

Dídia Covas



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO  
Universidade Técnica de Lisboa



Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos



# **GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRA-ESTRUTURAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

**Uma abordagem centrada na reabilitação**

**Autoria:  
Helena Alegre  
Dídia Covas**



**LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL**



**INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO**  
*Instituto de Engenharia de Lisboa*



Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

# FICHA TÉCNICA

**Título:**

Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação

**Autoria:**

Helena Alegre (LNEC)  
Dídia Covas (IST)

**Comissão técnica de apreciação:**

Jaime Melo Baptista, João Almeida, Edgar Carvalho, Ana Ramos e Filipe Ruivo

**Colaborações:**

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR): co-financiou a edição e participou na estruturação do guia e na revisão do seu conteúdo.

Laboratório Nacional de Engenharia Civil: a elaboração deste guia contou ainda com a colaboração da Eng.<sup>a</sup> Maria do Céu Almeida e da Eng.<sup>a</sup> Maria Adriana Cardoso (na harmonização do mesmo com o das águas residuais), do desenhador Fernando Barreto (na elaboração de figuras), da Eng.<sup>a</sup> Dália Loureiro e da Eng.<sup>a</sup> Patrícia Duarte (por facultarem resultados dos trabalhos de Doutoramento), e dos bolseiros do Projecto AWARE-P, Eng.<sup>o</sup> Nelson Carriço (Bolseiro IST), Eng.<sup>a</sup> Maria Santos Silva e Eng.<sup>o</sup> Tiago Henrique (no apoio à revisão do texto).

Entidades gestoras: a AGS – Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade, S.A., os Serviços Municipalizados de Oeiras e Amadora, a Veolia Água, a AdP Serviços, S.A. e a EPAL, S.A., contribuíram com exemplos, críticas e sugestões.

**Financiamento:**

A elaboração deste guia técnico foi co-financiada pela ERSAR e pelo Mecanismo Financeiro do Espaço Económico Europeu (EEA Grants), no âmbito do projecto AWARE-P – Advanced Water Asset Rehabilitation – Portugal, e pelos end-users do projecto: AdP Serviços S.A., AGS S.A., SMAS Oeiras & Amadora and Veolia Águas de Mafra.

**Edição:**

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
Instituto Superior Técnico

**Concepção gráfica:**

Dimensão 6, comunicação, design, publicidade, Lda.

**Revisão linguística:**

Sítio do Livro, Lda.

**Composição e paginação:**

Europress, Lda.

**Impressão e acabamentos:**

Europress, Lda.

**Tiragem:**

1250 exemplares

**Local e data de edição:**

Lisboa, Dezembro de 2010

**ISBN:**

978-989-8360-04-5

**Depósito legal:**

267953/07

## PREFÁCIO DA ERSAR

Desde 1993 foram realizados em Portugal mais de oito mil milhões de euros de investimentos em sistemas de abastecimento de água, saneamento de águas residuais e gestão de resíduos urbanos, dos quais mais de dois terços foram comparticipados por fundos comunitários. Em resultado dos fortes investimentos realizados, a situação evoluiu de forma bastante significativa no sentido de uma adequada prestação destes serviços de interesse geral à generalidade da população portuguesa, dando cumprimento aos exigentes normativos comunitários e nacionais em matéria ambiental e de saúde pública.

Contudo, após este ciclo de infra-estruturação é necessário redireccionar esforços para uma adequada gestão das infra-estruturas existentes, desde a sua manutenção preventiva até às actividades de reparação e reabilitação, como forma de garantir elevados níveis de serviço ao longo de toda a sua vida útil. Num contexto presente e futuro, em que os recursos financeiros tendem a ser cada vez mais escassos, e sem garantias de novos financiamentos comunitários, é indispensável rentabilizar e maximizar as infra-estruturas existentes como forma de assegurar a sustentabilidade económica e financeira dos serviços nos médio e longo prazo.

A importância da gestão patrimonial de infra-estruturas foi inclusivamente reconhecida na recente legislação do sector, nomeadamente no Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto, que determina que as entidades gestoras dos serviços devem dispor de informação sobre a situação actual e projectada das infra-estruturas, a sua caracterização e a avaliação do seu estado funcional e de conservação, sendo que as entidades gestoras que sirvam mais de 30 mil habitantes devem ainda promover e manter um sistema de gestão patrimonial de infra-estruturas.

Consciente da importância desta ferramenta e da sua potencial dificuldade de implementação, a ERSAR, no cumprimento da sua missão de regulação dos serviços de águas e resíduos em Portugal, integrou o projecto AWARE-P – *Advanced Water Assets Rehabilitation* – Portugal ([www.aware-p.pt](http://www.aware-p.pt)) no âmbito do qual foram elaborados dois guias técnicos de gestão patrimonial de infra-estruturas de serviços.

O presente Guia técnico, relativo a infra-estruturas de abastecimento de água, foi elaborado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) em parceria com a ERSAR.

O objectivo deste Guia técnico é apoiar as entidades gestoras, nomeadamente os seus técnicos, a implementar de forma adequada as metodologias de gestão patrimonial de infra-estruturas, num processo evolutivo de melhoria contínua no sentido da consolidação e sofisticação do sistema de gestão patrimonial de infra-estruturas.

Com efeito, a elaboração do plano de gestão patrimonial de infra-estruturas deve estar devidamente suportada por conhecimento e informação de base sobre os sistemas geridos. De referir que os pequenos sistemas, que em

virtude da sua escala não terão condições para implementar sistemas avançados de gestão patrimonial de infra-estruturas, e que por essa razão não são abrangidos pela obrigação legal referida, podem e devem aplicar medidas concretas para uma gestão patrimonial de infra-estruturas simplificada, que também são apresentadas neste Guia técnico.

A ERSAR pretende com este Guia técnico dar mais um contributo no apoio às entidades gestoras numa área particularmente importante e relevante para a qualidade do serviço prestado aos utilizadores e para a sustentabilidade económica e financeira das entidades gestoras.

**Jaime Melo Baptista**

(Presidente do Conselho Directivo da ERSAR)

**Fernanda Maças**

(Vogal do Conselho Directivo da ERSAR)

**Carlos Lopes Pereira**

(Vogal do Conselho Directivo da ERSAR)

## PREFÁCIO DO LNEC E DO IST

O presente guia foi elaborado no âmbito do projecto AWARE-P – Advanced Water Assets Rehabilitation – Portugal ([www.aware-p.pt](http://www.aware-p.pt)) e de um protocolo estabelecido entre o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e a Entidade Reguladora de Águas e Resíduos (ERSAR). Conta também com a colaboração do Instituto Superior Técnico (IST). Faz parte de um conjunto de dois guias, sendo o segundo dedicado à gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais (Almeida e Cardoso, 2010). Com estas publicações, que se seguem a outros guias anteriormente elaborados em conjunto e publicados na mesma série, o LNEC, o IST e a ERSAR vêm confirmar o seu empenho na produção de guias que possam contribuir para a melhoria da qualidade dos serviços de abastecimento de água, de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos.

A gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água, em particular a reabilitação dos sistemas de adução e distribuição, é um tema desde há muito considerado estratégico pelo LNEC que, neste sentido, tem vindo a dedicar-lhe programas de investigação e estudos de investigação aplicada e de consultoria especializada. Destaca-se a elaboração dos programas de investigação “Reabilitação de sistemas de distribuição de água – uma metodologia de abordagem” (Baptista, 1994) e “Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais” (Alegre, 2007), a participação activa nos projectos europeus CARE-W e CARE-S, respectivamente sobre reabilitação de redes de distribuição de água (Sægrov, 2005) e de redes de drenagem de águas residuais, e a coordenação do projecto AWARE-P, que a ERSAR e o IST integram (2009-2011).

O IST tem como missão contribuir para o desenvolvimento da sociedade, promovendo um ensino superior de qualidade e dinamizando actividades de investigação e inovação essenciais para o progresso do conhecimento. No âmbito do Saneamento Ambiental têm assumido relevo as actividades nos domínios das infra-estruturas e serviços urbanos de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais, designadamente o uso eficiente da água e energia e a reabilitação e beneficiação dos sistemas. A colaboração do IST com a ERSAR tem-se revelado ao nível do apoio a publicações, recomendações e emissão de pareceres técnicos. O IST participa igualmente do projecto AWARE-P, em conjunto com o LNEC e a ERSAR.

A ERSAR tem como um dos seus objectivos estratégicos contribuir para a maior eficiência das entidades gestoras através de parcerias com as instituições técnicas e científicas mais relevantes do sector. A inadequada gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água é, sem dúvida, uma das importantes causas de ineficiência das entidades gestoras, razão pela qual a ERSAR tomou a iniciativa da elaboração deste guia em colaboração com o LNEC.

Para além de colmatar uma lacuna em termos de bibliografia redigida em língua portuguesa, este guia é inovador em termos da abordagem preconizada. Embora os modernos princípios de gestão apontem consistentemente para a necessidade de planejar a actividade de uma organização em termos estratégicos, tácticos e operacionais, e algumas publicações dedicadas à gestão de infra-estruturas também preconizarem estes princípios (e.g., INGENIUM e IPWEA, 2006), a forma de os concretizar em termos mais dirigidos e práticos não se encontrava publicada. O presente guia procura fazê-lo. Assenta sobre a experiência da equipa que nele participou, tendo requerido uma extensa pesquisa bibliográfica e a elaboração de procedimentos inovadores, que importa melhorar com base no uso.

Tal como os guias anteriores, pretende-se proporcionar um instrumento de trabalho para as entidades gestoras, a quem cabe a tarefa principal, que é de o colocar em prática.

**Carlos Matias Ramos**  
(Presidente do LNEC)

**Rafaela de Saldanha Matos**  
(Directora do Departamento de Hidráulica e Ambiente do LNEC)

**António Cruz Serra**  
(Presidente do IST)

**José Saldanha Matos**  
(Coordenador da Secção de Hidráulica e Recursos Hídricos e Ambientais do IST)



## ÍNDICE GERAL

	pág.
<b>PARTE I – ENQUADRAMENTO GERAL .....</b>	<b>1</b>
1. Introdução .....	3
2. Relevância da gestão patrimonial de infra-estruturas e conceitos básicos .....	9
3. Gestão patrimonial de infra-estruturas no contexto da gestão técnica .....	61
<b>PARTE II – ABORDAGEM INTEGRADA DE GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRA-ESTRUTURAS .....</b>	<b>69</b>
4. Estratégia geral .....	71
5. Planeamento estratégico .....	77
6. Planeamento tático .....	111
7. Planeamento operacional .....	193
8. Guia de consulta rápida .....	203
<b>PARTE III – INSTRUMENTOS E TÉCNICAS DE APOIO .....</b>	<b>227</b>
9. Instrumentos e metodologias de apoio .....	229
10. Técnicas de reabilitação .....	317
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>397</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>411</b>



# ÍNDICES DETALHADOS

ÍNDICE DE TEXTO	pág.
<b>PARTE I – ENQUADRAMENTO GERAL.....</b>	<b>1</b>
1. Introdução .....	3
1.1. Âmbito de aplicação.....	3
1.2. Estrutura do documento.....	5
1.3. Destinatários.....	7
1.4. Metodologia de consulta .....	7
2. Relevância da gestão .....	9
patrimonial de infra-estruturas e conceitos básicos.....	9
2.1. Nota introdutória.....	9
2.2. Conceitos de gestão patrimonial de infra-estruturas e de reabilitação.....	14
2.2.1. Conceito de infra-estrutura e de vida útil .....	14
2.2.2. Conceito de gestão patrimonial de infra-estruturas .....	17
2.2.3. Conceitos e terminologia de reabilitação.....	19
2.2.4. Outros conceitos relevantes.....	23
2.3. Principais motivações da necessidade de reabilitação.....	24
2.3.1. Factores agressivos para os componentes e tipos de motivação da necessidade de reabilitação.....	24
2.3.2. Envelhecimento natural dos componentes .....	25
2.3.3. Alteração dos objectivos de serviço .....	31
2.3.4. Deficiências de concepção e projecto .....	34
2.3.5. Deficiências de construção.....	40
2.3.6. Deficiências de materiais e de equipamentos.....	44
2.3.7. Deficiências de operação.....	45
2.3.8. Deficiências de manutenção.....	46
2.3.9. Causas externas .....	48
2.3.10. Síntese das principais motivações da necessidade de reabilitação em função do tipo de componente....	49
2.4. Principais tipos de consequências de um reabilitação insuficiente ou inadequada .....	50
2.4.1. Dimensões de análise das consequências.....	50
2.4.2. Dimensão técnica.....	50
2.4.3. Dimensão de saúde pública e segurança .....	51
2.4.4. Dimensão económico-financeira .....	53
2.4.5. Dimensão ambiental .....	55
2.4.6. Dimensão social.....	56

2.5. Causas e sintomas primários associados aos principais tipos de anomalia.....	56
3. Gestão patrimonial de infra-estruturas no contexto da gestão técnica.....	61
3.1. Nota introdutória.....	61
3.2. Gestão de actividades e de processos.....	61
3.3. Gestão de recursos.....	62
3.4. Gestão patrimonial de infra-estruturas.....	62
3.5. Gestão das relações com os clientes.....	64
3.6. Gestão de informação.....	64
3.7. Gestão ambiental.....	65
3.8. Gestão do risco.....	65
<b>PARTE II – ABORDAGEM INTEGRADA DE GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRA-ESTRUTURAS .....</b>	<b>69</b>
4. Estratégia geral.....	71
4.1 Nota introdutória.....	71
4.2. Níveis de planeamento.....	71
4.3. Âmbito e horizonte temporal dos planos .....	72
4.4. Processo de elaboração dos planos.....	75
5. Planeamento estratégico.....	77
5.1. Objectivo e relevância do planeamento estratégico .....	77
5.2. Processo de elaboração de um plano estratégico .....	78
5.3. Visão e missão.....	78
5.4. Objectivos estratégicos .....	79
5.5. Critérios, medidas e metas .....	81
5.6. Diagnóstico.....	89
5.6.1. Metodologia.....	89
5.6.2. Avaliação do desempenho actual .....	91
5.6.3. Recolha e avaliação de informação relativa ao contexto externo global.....	91
5.6.4. Recolha e avaliação de informação relativa ao contexto específico de cada entidade externa.....	93
5.6.5. Recolha e avaliação de informação relativa ao contexto interno .....	95
5.6.6. Análise SWOT ( <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i> ).....	97
5.6.7. Exemplo de diagnóstico com aplicação de análise SWOT .....	98
5.7. Formulação de estratégias e produção do plano .....	106
5.8. Implementação, monitorização e revisão do plano.....	107
6. Planeamento tático .....	111

6.1. Objectivo e relevância do planeamento tático .....	111
6.2. Processo de elaboração de um plano tático de GPI.....	112
6.3. Objectivos táticos .....	115
6.4. Critérios, medidas e metas .....	117
6.5. Identificação e avaliação da informação necessária e disponível .....	122
6.5.1. Importância da informação .....	122
6.5.2. Tipos de informação .....	123
6.5.3. Nível de desagregação da informação .....	136
6.5.4. Avaliação da qualidade da informação .....	138
6.5.5. Recomendações para a melhoria da qualidade da informação .....	139
6.6. Recolha de informação e avaliação de desempenho para a situação de <i>statu quo</i> .....	141
6.6.1. Diferentes etapas .....	141
6.6.2. Identificação de componentes críticos e discretização do sistema em áreas de análise (Etapa 1) .....	142
6.6.3. Avaliação da situação de referência (Etapa 2).....	143
6.6.4. Previsão da situação futura no cenário de <i>statu quo</i> (Etapa 3).....	149
6.6.5. Avaliação pormenorizada das áreas e dos componentes prioritários (Etapa 4) .....	152
6.7. Identificação e análise de alternativas de intervenção .....	162
6.7.1. Diferentes etapas .....	162
6.7.2. Identificação de soluções alternativas de intervenção (Etapa 5) .....	162
6.7.3. Previsão do desempenho futuro de cada uma das soluções alternativas identificadas (Etapa 6) .....	163
6.7.4. Selecção da melhor solução para cada área de análise (Etapa 7) .....	165
6.7.5. Estabelecimento de prioridades de intervenção (Etapa 8) .....	171
6.8. Formulação de táticas e produção do plano.....	178
6.8.1. Tipo de táticas.....	178
6.8.2. Táticas infra-estruturais .....	178
6.8.3. Táticas de operação e manutenção .....	180
6.8.4. Outras táticas não infra-estruturais.....	183
6.8.5. Relação entre estratégias e táticas .....	186
6.8.6. Produção do plano.....	188
6.9. Implementação, monitorização e revisão do plano .....	191
6.9.1. Implementação do plano.....	191

6.9.2.	Monitorização do plano .....	191
6.9.3.	Revisão do plano .....	192
7.	Planeamento operacional .....	193
7.1.	Objectivo e relevância do planeamento operacional .....	193
7.2.	Processo de elaboração de um plano operacional de intervenções infra-estruturais .....	194
7.3.	Objectivos operacionais, medidas e metas.....	194
7.4.	Programação de acções e produção do plano.....	196
7.5.	Implementação do plano.....	196
7.5.1.	Fases de implementação .....	196
7.5.2.	Fase de projecto .....	197
7.5.3.	Fase de construção .....	199
7.6.	Fase de comissionamento e recepção .....	200
7.7.	Monitorização e revisão do plano .....	200
8.	Guia de consulta rápida.....	203
8.1.	Nota introdutória.....	203
8.2.	Níveis de planeamento.....	203
8.3.	Processo integrado de planeamento .....	205
8.4.	Planeamento estratégico.....	207
8.4.1.	Passos fundamentais .....	207
8.4.2.	Informação necessária .....	211
8.5.	Planeamento tático.....	211
8.5.1.	Passos fundamentais .....	211
8.5.2.	Informação mínima necessária .....	220
8.6.	Planeamento operacional.....	220
8.6.1.	Passos fundamentais .....	220
8.6.2.	Informação mínima necessária .....	224
8.7.	Conteúdo mínimo de um plano de gestão patrimonial de infra-estruturas .....	224
<b>PARTE III – INSTRUMENTOS E TÉCNICAS DE APOIO .....</b>		<b>227</b>
9.	Instrumentos .....	229
	e metodologias de apoio .....	229
9.1.	Nota introdutória.....	229
9.2.	Instrumentos e metodologias para a recolha de dados.....	229
9.2.1.	Tarefas típicas para recolha de dados.....	229
9.2.2.	Inspeção .....	230
9.2.3.	Medição.....	241
9.3.	Instrumentos e tecnologias para o armazenamento e gestão da informação .....	249
9.4.	Instrumentos e metodologias de processamento e análise de consumos de água.....	254
9.4.1.	Objectivos da análise de consumos de água.....	254
9.4.2.	Etapas principais do processo de análise de consumos de água .....	256

9.5. Instrumentos e metodologias para a modelação .....	264
9.5.1. Objectivos da modelação .....	264
9.5.2. Metodologia de construção e utilização de modelos de simulação .....	264
9.5.3. Principais dados necessários e resultados produzidos .....	268
9.5.4. Principais aplicações computacionais disponíveis..	270
9.6. Instrumentos e metodologias de avaliação	
de desempenho .....	273
9.6.1. Objectivos da avaliação de desempenho .....	273
9.6.2. Estabelecimento e implementação de um sistema de avaliação de desempenho para apoio à GPI ....	274
9.6.3. Indicadores de desempenho .....	276
9.6.4. Utilização de índices para avaliação do desempenho técnico .....	279
9.6.5. Aplicações computacionais disponíveis .....	285
9.7. Instrumentos de apoio à avaliação	
de perdas de água .....	286
9.7.1. Importância da avaliação de perdas para a GPI e principais métodos .....	286
9.7.2. Balanço hídrico .....	287
9.7.3. Análise da caudais nocturnos .....	288
9.8. Instrumentos e metodologias de análise e previsão de falhas em condutas ( <i>roturas</i> ) .....	289
9.8.1. Principais tipos de técnicas de análise e previsão de falhas .....	289
9.8.2. Modelos baseados em análises de Markov .....	290
9.8.3. Modelos baseados em regressões de Poisson .....	290
9.8.4. Modelos baseados em análise de sobrevivência ...	291
9.8.5. Modelos baseados em redes neuronais .....	293
9.9. Instrumentos e metodologias de análise de custos .....	294
9.9.1. Objectivos da análise de custos .....	294
9.9.2. Conceitos de WLC, LCC e LCA .....	295
9.9.3. Custo de substituição, valor actual da infra-estrutura e índice de valor da infra-estrutura .....	299
9.9.4. Valor actual líquido .....	303
9.10. Instrumentos integrados de apoio .....	305
à reabilitação .....	305
9.10.1. Introdução .....	305
9.10.2. Sistema CARE-W .....	306
9.10.3. Estrutura e funcionalidades do sistema CARE-W ..	308
10. Técnicas de reabilitação .....	317
10.1. Nota introdutória .....	317
10.2. Classificação das técnicas de reabilitação de condutas .....	318

10.3. Trabalhos de reabilitação em condutas .....	321
10.3.1. Faseamento dos trabalhos.....	321
10.3.2. Acções de limpeza.....	323
10.4. Técnicas de renovação não estrutural de condutas.....	326
10.4.1. Considerações gerais.....	326
10.4.2. Reparação generalizada de juntas ou de fissuras em condutas.....	327
10.4.3. Revestimento interior .....	329
10.5. Técnicas de renovação estrutural de condutas.....	333
10.5.1. Considerações gerais.....	333
10.5.2. Entubamento com tubagem contínua	
10.5.3. Entubamento com trechos de tubagem.....	337
10.5.4. Entubamento com tubagem ajustada .....	340
10.5.5. Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i> .....	344
10.5.6. Entubamento com manga adesiva por reversão ....	349
10.5.7. Síntese das características da conduta de inserção .....	351
10.6. Técnicas de substituição de condutas com abertura de vala .....	353
10.6.1. Considerações gerais.....	353
10.6.2. Substituição com abertura de vala .....	354
10.6.3. Substituição com abertura de vala reduzida .....	357
10.7. Técnicas de substituição de condutas sem abertura de vala .....	359
10.7.1. Considerações gerais.....	359
10.7.2. Rebentamento da conduta existente .....	361
10.7.3. Esmagamento da conduta existente.....	366
10.7.4. Corte longitudinal da conduta existente .....	368
10.7.5. Extracção da conduta existente.....	370
10.7.6. Construção de microtúnel ou microgaleria .....	372
10.7.7. Perfuração dirigida .....	376
10.7.8. Outras técnicas construtivas não dirigíveis .....	378
10.8. Selecção da técnica de reabilitação de condutas .....	382
10.8.1. O processo de selecção .....	382
10.8.2. Avaliação das características da conduta existente e das deficiências do desempenho actual.....	382
10.8.3. Identificação dos requisitos necessários para atingir o desempenho funcional pretendido ...	383
10.8.4. Determinação das opções de reabilitação tecnicamente viáveis .....	384
10.8.5. Comparação de custos e de vantagens e inconvenientes das técnicas seleccionadas .....	386
10.9. Técnicas de reabilitação de reservatórios .....	388



10.9.1. Tipificação de anomalias .....	388
10.9.2. Tipo de intervenções de reabilitação.....	390
10.9.3. Soluções de revestimento.....	392
10.9.4. Notas finais .....	394
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>397</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>411</b>
Anexo I – Exemplo de índice de caderno de encargos-tipo para obras de renovação e ampliação .....	413
Anexo II – Proposta de requisitos para a realização de estudos....	417
Anexo II-A – Fase de projecto.....	417
Anexo II-B – Fase de construção .....	435
Anexo II-C – Fase de comissionamento e recepção .....	446
Anexo III – Indicadores de desempenho recomendados no sistema CARE-W .....	451
Anexo IV – Especificação e desenvolvimento de sistemas de informação integrados de apoio à reabilitação .....	455
Anexo IV-A – Componentes de uma estrutura de informação para apoio à reabilitação.....	455
Anexo IV-B – Análise de informação .....	456
Anexo IV-C – Processo de desenvolvimento de sistemas de informação para GPI.....	457
Anexo IV-D – Fase de estabelecimento de requisitos ...	459
Anexo IV-E – Fase de identificação e avaliação de soluções .....	466
Anexo IV-F – Fase de concepção .....	467
Anexo IV-G – Fases de implementação e de produção .....	470



## ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1.1 – Estrutura geral do guia.....	6
Figura 2.1 – Exemplo da distribuição dos diâmetros de condutas em redes de distribuição.....	10
Figura 2.2 – Exemplo da distribuição dos materiais de condutas em redes de distribuição.....	11
Figura 2.3 – Exemplo da distribuição dos materiais de condutas por gama de diâmetros.....	11
Figura 2.4 – Gestão patrimonial de infra-estruturas: uma visão integrada.....	18
Figura 2.5 – Acções de reabilitação em função da natureza das anomalias.....	21
Figura 2.6 – Condutas furadas por efeito de corrosão: (a) corrosão localizada; (b) corrosão por correntes vagabundas.....	26
Figura 2.7 – Válvulas degradadas por efeito de corrosão: (a) válvula perfurada por corrosão e (b) válvula inoperacional por corrosão.....	26
Figura 2.8 – Degradação de reservatórios: (a) junta de betonagem com fissura horizontal; e (b) degradação da laje de cobertura por deficiente recobrimento de armaduras.....	27
Figura 2.9 – Exemplos de incrustação em condutas de materiais metálicos: (a) formação de tubérculos em conduta sem revestimento; (b) formação de camada de carbonato de cálcio; (c) formação de camada de carbonato de cálcio em conduta com tubérculos isolados.....	29
Figura 2.10 – Exemplo de incrustação em conduta de (a) material cimentício (fibrocimento) e (b) conduta metálica.....	29
Figura 2.11 – Exemplos de incrustação em condutas de materiais plástico (o caso do PVC): (a) formação e desagregação de camadas de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ); (b) exemplos de formas de deposição não coesiva de $\text{CaCO}_3$ ; (c) e (d) exemplos de formas de deposição coesiva de $\text{CaCO}_3$ .....	30
Figura 2.12 – Fotografia aérea da área a que se refere o Exemplo 1.....	33
Figura 2.13 – Distribuição de pressões após a intervenção.....	33

Figura 2.14 – Roturas longitudinais em condutas de PVC .....	38
Figura 2.15 – Reservatório hidropneumático “tipo” utilizado para protecção contra choque hidráulico em condutas elevatórias .....	39
Figura 2.16 – Variação de pressão no sistema elevatório sem e com protecção contra choque hidráulico: envolvente de pressões.....	39
Figura 2.17 – Variação de pressão a jusante dos grupos electrobomba sem e com protecção contra choque hidráulico .....	40
Figura 2.18 – Deficiente ligação parede laje de fundo de reservatório (paredes pré-fabricadas e pré-esforçadas) .....	41
Figura 2.19 – (a) Instalação de condutas de polietileno: (b) Conduto com rasgo longitudinal decorrente dos trabalhos de montagem.....	42
Figura 2.20 – Rotura em conduta: (a) abatimento do pavimento; (b) conduta após reparação; (c) fragmento de conduta; (d) orifício provocado por uma pedra.....	43
Figura 2.21 – Rotura em conduta de polietileno: (a) lesões na parede de conduta; (b) materiais sobranes da escavação incluindo pedras e objectos de faces cortantes .....	43
Figura 2.22 – Armazenamento de condutas de plástico sem protecção (necessária se for por período prolongado).....	44
Figura 2.23 – Rotura numa válvula de retenção .....	45
Figura 2.24 – Fugas em juntas de ligação de válvulas de descarga decorrentes da deficiente manutenção do equipamento.....	47
Figura 2.25 – Deficiente manutenção de ventosas .....	47
Figura 2.26 – Possíveis origens de degradação de qualidade da água .....	51
Figura 2.27 – Danos diversos provocados por roturas.....	53
Figura 3.1 – Relação entre os activos infra-estruturais e os restantes activos da organização.....	63
Figura 3.2 – Processo de gestão do risco .....	67
Figura 4.1 – Relação entre níveis de planeamento, níveis de decisão e âmbito dos planos .....	72

Figura 4.2 – Ligações entre o plano estratégico e os planos táticos e operacionais.....	73
Figura 4.3 – Actualização periódica dos planos.....	75
Figura 4.4 – Abordagem de melhoria contínua PDCA .....	76
Figura 5.1 – Fases do processo de elaboração de um plano estratégico .....	78
Figura 5.2 – Relação entre objectivos e metas.....	82
Figura 5.3 – Análise do contexto envolvente.....	90
Figura 5.4 – Principais partes interessadas no serviço de abastecimento de água.....	90
Figura 6.1 – Fases do processo de elaboração de um plano tático.....	113
Figura 6.2 – “Identificação e avaliação da informação” no processode elaboração de um plano tático .....	113
Figura 6.3 – “Recolha de informação e avaliação de desempenho” no processo de elaboração de um plano tático.....	114
Figura 6.4 – “Identificação e análise de alternativas de intervenção” no processo de elaboração de um plano tático.....	114
Figura 6.5 – “Formulação de táticas” e “produção do plano” no processo de elaboração de um plano tático.....	114
Figura 6.6 – Alinhamento entre critérios de avaliação ao nível estratégicoe objectivos e critérios ao nível tático .....	116
Figura 6.7 – Resultados do tratamento de dados de caudal de rede: séries de caudal médio diário, variação semanal e envolvente de caudal instantâneo ao longo do dia .	132
Figura 6.8 – Exemplo de discretização espacial por subsistema....	143
Figura 6.9 – Exemplo de representação da evolução temporal do desempenho das áreas de análise para um dado indicador.....	151
Figura 6.10 –Exemplo de representação da evolução das prioridades de intervenção para as áreas de análise.....	151
Figura 6.11 –Exemplo de representação da evolução temporaldo desempenho das áreas de análise prioritárias para a soluçãode statu quo e para diferentes alternativas de intervenção .....	164
Figura 6.12 –Exemplo do balanço custo, desempenho e risco para diferentes alternativas de intervenção .....	166
Figura 6.13 –Processo de selecção de prioridades de forma a cumprir as metas táticas globais e o orçamento disponível.....	174

Figura 6.14 – Exemplo de aplicação do processo de selecção de prioridades – 1. <sup>a</sup> iteração .....	175
Figura 6.15 – Exemplo de aplicação do processo de selecção de prioridades – 2. <sup>a</sup> iteração .....	176
Figura 6.16 – Exemplo de aplicação do processo de selecção de prioridades – fim do processo.....	177
Figura 6.17 – Exemplo de aplicação do processo de selecção de prioridades em que é necessário alterar as metas .....	177
Figura 6.18 – Processo para o estabelecimento de táticas não infra-estruturais.....	183
Figura 6.19 – Relação entre o plano de GPI e os processos de gestão e respectivos planos táticos .....	184
Figura 6.20 – Exemplo de índice de um plano de GPI.....	190
Figura 7.1 – Fases do processo de elaboração de um plano operacional .....	194
Figura 8.1 – Processo integrado de planeamento da reabilitação e interligações entre os diferentes níveis .....	205
Figura 8.2 – Fases do processo de planeamento a aplicar em cada um dos níveis.....	206
Figura 8.3 – Abordagem de melhoria contínua PDCA .....	206
Figura 8.4 – Actualização periódica dos planos.....	207
Figura 8.5 – Exemplo de índice de um plano de GPI.....	218
Figura 9.1 – Inspeção visual na zona circundante à conduta (à esquerda) e a válvula de seccionamento alojadas em caixa (à direita) .....	232
Figura 9.2 – Inspeção com geo-radar para identificar a localização de condutas enterradas.....	233
Figura 9.3 – Inspeção de condutas por CCTV: (a),(b) o equipamento, (c) inserção da CCTV numa conduta; (d) ecrã de visualização .....	234
Figura 9.4 – Exemplo de imagens de inspeção por CCTV .....	234
Figura 9.5 – Dispositivo de inspeção ( <i>pipescanner</i> ) baseado na tecnologia de ressonância acústica .....	235
Figura 9.6 – Conduta corroída: (a) imagem obtida decorrente da aplicação da tecnologia BIT indicando para corrosão na zona central, a rosa; (b) fotografia da conduta após a escavação e reabilitação.....	235
Figura 9.7 – Imagens de uma conduta corroída obtidas por aplicação da tecnologia BIT ao longo dos 360º da secção e do desenvolvimento da conduta: (a) espessura da conduta; (b) indicação de corrosão.....	236

Figura 9.8 – Equipamento de medição de caudal à entrada duma ZMC.....	237
Figura 9.9 – Registo de caudal e de pressão à entrada de uma ZMC (“linha azul” – caudal e “linha vermelha” – pressão) .....	238
Figura 9.10 – Sensores acústicos de detecção de fugas: (a) sensores; (b) patrulhador; (c) instalação de sensor num acessório .....	239
Figura 9.11 – Resultados dos 35 sensores acústicos.....	239
Figura 9.12 – Equipamento de correlação acústica: (a) componentes do tricorrelador acústico; (b), (c) resultados da tricorrelação.....	240
Figura 9.13 – Equipamento acústico: (a) conjunto de equipamento; (b) vareta acústica; (c) microfone de solo.....	241
Figura 9.14 – Contador mecânico (também designado por medidor de caudal volumétrico) instalado à saída de reservatório .....	244
Figura 9.15 – Bateria de contadores domiciliários .....	244
Figura 9.16 – Caudalímetros electromagnéticos instalados (a) à saída de reservatório e (b) à entrada de ZMC.....	245
Figura 9.17 – Caudalímetro ultrassónico Doppler .....	246
Figura 9.18 – Medidores de pressão: (a) manómetro e (b) transdutor.....	246
Figura 9.19 – Medidores de pressão instalados (a) à saída de reservatório, (b) a montante e jusante de VRP, (c), (d) em secções pontuais da rede .....	247
Figura 9.20 – Dataloggers portáteis .....	247
Figura 9.21 – Registos de caudal e de caudal .....	248
Figura 9.22 – Equipamento para a realização do teste RPM .....	249
Figura 9.23 – Realização do teste RPM para medição da turvação .....	249
Figura 9.24 – Integração dos sistemas de informação .....	251
Figura 9.25 – Processo de normalização dos dados para integração da informação.....	252
Figura 9.26 – Estrutura de informação da organização relevante no contexto da GPI .....	252
Figura 9.27 – Principais elementos dos sistemas de abastecimento de água, com os componentes do balanço hídrico e localização dos pontos de medição de caudal.....	255

Figura 9.28 –Diagrama adimensional médio de consumo, com bandas de confiança a 90% (tracejado), e representação do consumo real registado num dia específico, para (a) a totalidade de uma rede; (b) um sector de extremidade.....	256
Figura 9.29 –Ocorrência de registos anómalos e respectivo tratamento.....	259
Figura 9.30 –Padrão diário adimensional de consumo para dia útil.....	263
Figura 9.31 –Faseamento do desenvolvimento de um modelo.....	265
Figura 9.32 –Exemplo de resultados de modelação na forma gráfica .....	269
Figura 9.33 –Exemplo de resultados de modelação na forma de tabela .....	269
Figura 9.34 –Exemplo de resultados de modelação na forma de representação espacial .....	270
Figura 9.35 –Etapas de implementação do sistema de avaliação de desempenho dos componentes de uma infra-estrutura .....	274
Figura 9.36 –Sistema de indicadores de desempenho da IWA .....	277
Figura 9.37 –Exemplo de ficha de definição de um indicador de desempenho.....	278
Figura 9.38 –Exemplos de curvas de penalidade .....	281
Figura 9.39 –Exemplos de curvas de 24 horas de sistema e de longo prazo .....	284
Figura 9.40 –Exemplo de representação geográfica com projecção temporal num plano.....	285
Figura 9.41 –Esquema (simplificado) de uma rede neural artificial .	293
Figura 9.42 –Relação entre custos no ciclo de vida e custos na vida completa e respectivos componentes de custos e benefícios .....	298
Figura 9.43 –Fases incluídas no ciclo de vida e na vida completa .	298
Figura 9.44 –Participantes no projecto CARE-W .....	307
Figura 9.45 –Componentes principais do protótipo CARE-W .....	309
Figura 9.46 –Janela de importação de dados do “CARE-W Manager”.....	310
Figura 9.47 –Janela para correr as ferramentas específicas a partir do “CARE-W Manager”.....	310
Figura 9.48 –PI-Tool: Janela para escolha do “data set” com que se pretende trabalhar .....	311



Figura 9.49 – Janela para selecção de indicadores e de variáveis no módulo de avaliação de desempenho .....	311
Figura 9.50 – Janelas de edição dos gráficos produzidos automaticamente .....	312
Figura 9.51 – Evolução das perdas reais de uma rede para uma dada estratégia de reabilitação.....	314
Figura 10.1 – Delimitação do perímetro de intervenção .....	322
Figura 10.2 – Execução de ramais provisórios durante a intervenção.....	322
Figura 10.3 – Ligação e execução de ramais laterais após a intervenção.....	322
Figura 10.4 – Instalação de válvulas e acessórios após a intervenção.....	323
Figura 10.5 – Realização de ensaios de estanquidade .....	323
Figura 10.6 – Condutas com rasgos na parede externa (a) numa secção intermédia e (b) junto à cabeça de inserção-tracção.....	324
Figura 10.7 – Descarga da conduta através de marco de incêndio .	326
Figura 10.8 – Reparação generalizada de juntas.....	328
Figura 10.9 – Processo de revestimento interior: instalação manual.....	331
Figura 10.10 – Processo de entubamento com tubagem contínua ..	334
Figura 10.11 – Entubamento com tubagem contínua: (a) poço de acesso; (b) lubrificação da conduta a inserir; (c) ponta de inserção-tracção; (d) equipamento de tracção; (e),(f) inserção da conduta; (g) execução da soldadura entre tubos. ...	335
Figura 10.12 – Entubamento simples com trechos de tubagem: (a) Método A – inserção por compressão; (b) Método B – inserção por tracção; (c) Método C – colocação directamente na posição final.....	338
Figura 10.13 – Processo de entubamento com tubagem ajustada: (a) Método A e (b) Método B .....	342
Figura 10.14 – Entubamento com tubagem dobrada: (a) equipamento de dobragem; (b) dobragem da conduta; (c) colocação de cintas; (d) conduta dobrada; (e) cabeça de tracção; (g) conduta expandida.....	343

Figura 10.15 – Entubamento com processo de cura <i>in situ</i> :	
(a) Método A e (b) Método B.....	346
Figura 10.16 – Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i>	
(inserção com guincho): (a) manga flexível;	
(b) plástico de protecção; (c) início de inserção	
da manga; (d) inserção da manga.....	349
Figura 10.17 – Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i>	
(inserção por inversão) .....	349
Figura 10.18 – Entubamento com manga adesiva por reversão .....	350
Figura 10.19 – Classificação da resistência estrutural	
das condutas e materiais utilizados em renovação	
e correspondência entre as classes e as técnicas	
de renovação.....	353
Figura 10.20 – Substituição com vala aberta (representação	
esquemática).....	355
Figura 10.21 – Substituição com vala aberta	
(método convencional) .....	356
Figura 10.22 – Substituição com abertura de vala reduzida .....	358
Figura 10.23 – Técnicas não dirigíveis de substituição.....	360
Figura 10.24 – Técnicas dirigíveis de substituição.....	361
Figura 10.25 – Rebentamento da conduta existente .....	362
Figura 10.26 – Métodos de rebentamento da conduta: (a) sistema	
pneumático, (b) sistema hidráulico e (c) sistema	
estático de tracção.....	363
Figura 10.27 – Cabeças cónicas das unidades	
de rebentamento da conduta.....	363
Figura 10.28 – Rebentamento da conduta existente:	
(a) cabeça cónica; (b) inserção de conduta	
de polietileno; (c) equipamento pneumático;	
(d) conduta destruída.....	366
Figura 10.29 – Esmagamento da conduta existente.....	367
Figura 10.30 – Corte longitudinal da conduta existente.....	369
Figura 10.31 – Extracção tubagem existente sem cravação prévia	
de tubo piloto .....	371
Figura 10.32 – Construção de microtúnel .....	374

Figura 10.33 – Construção de microtúnel: (a) poço de inserção; (b) cabeça da microtuneladora; (c) colocação de troço de tubagem; (d) Início do empurre do troço de tubagem; (e) empurre do troço de tubagem; (f) poço de recepção: chegada da cabeça.....	376
Figura 10.34 – Perfuração dirigida .....	377
Figura 10.35 – Escavação com sistema de impacto.....	380
Figura 10.36 – Escavação por perfuração com trado .....	380
Figura 10.37 – Instalação de conduta nova com perfuração com trado: (a),(b) cabeça de corte rotativa fixada a um trado; (c),(d) perfuração do solo e inserção da tubagem nova; (d),(e) soldadura da tubagem .....	381
Figura 10.38 – Fissuras na cobertura de um reservatório: antes e após a reparação com argamassa .....	395
Figura 10.39 – Estrutura de um reservatório com armaduras à vista (antes da reparação).....	395
Figura 10.40 – Remoção do revestimento exterior e impermeabilização de reservatório (durante trabalhos de reparação) .....	395
Figura 10.41 – Reparação da laje de fundo do reservatório .....	396
Figura 10.42 – Impermeabilização da cobertura do reservatório com tela impermeabilizante .....	396
Figura A4.1 – Processo de desenvolvimento de um sistema de informação .....	457
Figura A4.2 – Esquema de sistema de informação para “asset management” proposto no International Infrastructure Management Manual .....	462



## ÍNDICE DE QUADROS

	pág.
Quadro 2.1 – Desempenho infra-estrutural das entidades gestoras reguladas, de acordo com o RASARP 2008 .....	13
Quadro 2.2 – Vidas úteis médias para os componentes de sistemas de adução e de distribuição .....	17
Quadro 2.3 – Relação entre o tipo de componente e as principais motivações da necessidade de reabilitação .....	49
Quadro 2.4 – Causas e sintomas associados a anomalias estruturais.....	57
Quadro 2.5 – Causas e sintomas associados a anomalias hidráulicas.....	58
Quadro 2.6 – Causas e sintomas associados a anomalias de qualidade da água .....	59
Quadro 2.7 – Causas e sintomas associados a anomalias de operação e manutenção .....	60
Quadro 4.1 – Níveis de decisão .....	74
Quadro 5.1 – Exemplos dos principais critérios de avaliação no contexto da GPI e a sua relação com os objectivos estratégicos .....	83
Quadro 5.2 – Medidas de desempenho para cada critério.....	85
Quadro 5.2 – Medidas de desempenho para cada critério ( <i>cont.</i> ) .	86
Quadro 5.2 – Medidas de desempenho para cada critério ( <i>cont.</i> ) .	86
Quadro 5.2 – Medidas de desempenho para cada critério ( <i>cont.</i> ) .	87
Quadro 5.3 – Exemplo de metas para o objectivo estratégico “Protecção do meio ambiente” .....	88
Quadro 5.4 – Análise do contexto externo global relevante para a GPI.....	92
Quadro 5.5 – Análise do contexto externo específico de cada entidade interveniente .....	94
Quadro 5.6 – Análise do contexto interno relevante para a GPI.....	95
Quadro 5.6 – Análise do contexto interno relevante para a GPI ( <i>cont.</i> ) .....	96
Quadro 5.7 – Lista de questões para apoio à análise do contexto interno .....	97
Quadro 5.8 – Matriz de conjugação das análises interna e externa..	98
Quadro 5.9 – Exemplo da análise do contexto externo global relevante para a GPI.....	100

Quadro 5.10 – Análise do contexto externo específico de cada entidade externa relevante para a GPI .....	101
Quadro 5.11 – Lista de questões para apoio à análise do contexto interno.....	102
Quadro 5.11 – Lista de questões para apoio à análise do contexto interno ( <i>cont.</i> ) .....	103
Quadro 5.11 – Lista de questões para apoio à análise do contexto interno ( <i>cont.</i> ) .....	104
Quadro 5.12 – Identificação de oportunidades ( <i>cf.</i> Exemplo 5).....	105
Quadro 5.13 – Identificação de ameaças ( <i>cf.</i> Exemplo 5).....	105
Quadro 5.14 – Identificação de pontos fortes da organização ( <i>cf.</i> Exemplo 5).....	105
Quadro 5.15 – Identificação de pontos fracos da organização ( <i>cf.</i> Exemplo 5).....	106
Quadro 5.16 – Estabelecimento de estratégias ( <i>cf.</i> Exemplo 5).....	107
Quadro 5.16 – Estabelecimento de estratégias ( <i>cf.</i> Exemplo 5) ( <i>cont.</i> ) .....	108
Quadro 5.17 – Exemplo de monitorização do plano estratégico para avaliar o cumprimento do objectivo “Protecção do meio ambiente” .....	109
Quadro 6.1 – Relação entre critérios de avaliação ao nível estratégico e objectivos tácticos, no contexto da GPI .....	116
Quadro 6.2 – Relação entre objectivos, critérios e medidas ao nível táctico, relevantes no contexto da GPI .....	118
Quadro 6.2 – Relação entre objectivos, critérios e medidas ao nível táctico, relevantes no contexto da ( <i>cont.</i> ) ...	119
Quadro 6.2 – Relação entre objectivos, critérios e medidas ao nível táctico, relevantes no contexto da ( <i>cont.</i> ) ...	120
Quadro 6.2 – Relação entre objectivos, critérios e medidas ao nível táctico, relevantes no contexto da ( <i>cont.</i> ) ...	121
Quadro 6.3 – Dados de cadastro relevantes no âmbito da GPI.....	124
Quadro 6.4 – Exemplos de informação qualitativa sobre as infra-estruturas .....	126
Quadro 6.5 – Informação operacional relevante para a GPI .....	126
Quadro 6.6 – Classificação do estado de conservação.....	127
Quadro 6.7 – Principais dados dos sistemas de clientes com relevância para a GPI .....	134

Quadro 6.8 – Principais dados contabilísticos com relevância para a GPI .....	135
Quadro 6.9 – Exemplos de unidades elementares .....	137
Quadro 6.10 – Vantagens e inconvenientes de diferentes níveis de desagregação .....	137
Quadro 6.11 – Bandas de fiabilidade da fonte de informação .....	138
Quadro 6.12 – Bandas de exactidão dos dados .....	138
Quadro 6.13 – Aspectos a contemplar na elaboração de recomendações sobre a melhoria da informação.....	141
Quadro 6.14 – Aspectos a considerar na análise do sistema hidráulico principal e dos seus componentes críticos .....	144
Quadro 6.15 – Exemplo de resultados da avaliação da situação de referência relativa ao sistema hidráulico principal.....	145
Quadro 6.16 – Exemplo de resultados da avaliação da situação de referência relativa aos componentes críticos – caso de condutas.....	146
Quadro 6.17 – Exemplo de avaliação de desempenho das áreas de análise face às metas de curto prazo (c.p.) estabelecidas .....	148
Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados .	155
Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados ( <i>cont.</i> ) .....	156
Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados ( <i>cont.</i> ) .....	157
Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados ( <i>cont.</i> ) .....	158
Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados ( <i>cont.</i> ) .....	159
Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados ( <i>cont.</i> ) .....	160

Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados ( <i>cont.</i> ) .....	161
Quadro 6.19 – Exemplo de sistematização de resultados para identificação das melhores soluções para a globalidade do período de análise .....	170
Quadro 6.20 – Exemplo de estabelecimento de prioridades de intervenção.....	173
Quadro 6.21 – Exemplo de apresentação das tácticas infra-estruturais (TIF).....	179
Quadro 6.22 – Exemplo de tácticas de operação e manutenção (TOM) .....	181
Quadro 6.22 – Exemplo de tácticas de operação e manutenção (TOM) ( <i>cont.</i> ).....	182
Quadro 6.23 – Exemplo de tácticas não infra-estruturais (TNI) e relevância para os diversos processos de gestão.	185
Quadro 6.24 – Exemplos de tácticas para diferentes estratégias ....	187
Quadro 7.1 – Relação entre objectivos, critérios, medidas e metas para o exemplo da obra SD.01 .....	195
Quadro 7.2 – Lista de requisitos de projecto.....	198
Quadro 7.2 – Lista de requisitos de projecto ( <i>cont.</i> ) .....	199
Quadro 7.3 – Lista de requisitos de construção .....	199
Quadro 7.4 – Lista de requisitos de comissionamento e recepção	200
Quadro 7.5 – Exemplo de monitorização do plano operacional de intervenções infra-estruturais .....	201
Quadro 8.1 – Características dos níveis de decisão .....	204
Quadro 9.1 – Objectivos relativos ao ponto de vista “comportamento hidráulico da rede” .....	283
Quadro 9.2 – Componentes do balanço hídrico .....	288
Quadro 10.1 – Classificação das técnicas de reabilitação de condutas de adução e de distribuição de água ..	320
Quadro 10.2 – Faseamento de intervenções de reabilitação em condutas de adução e de distribuição.....	321
Quadro 10.3 – Reparação generalizada de juntas de juntas: principais características e condições de aplicação.	329
Quadro 10.4 – Principais características do processo de revestimento interior.....	332
Quadro 10.5 – Entubamento com tubagem contínua: principais características e condições de aplicação.	336
Quadro 10.6 – Entubamento com trechos de tubagem: principais características e condições de aplicação.	340



Quadro 10.7 – Entubamento com tubagem ajustada: principais características e condições de aplicação ..	344
Quadro 10.8 – Entubamento com processo de cura <i>in situ</i> : principais características e condições de aplicação ..	348
Quadro 10.9 – Entubamento com manga adesiva por reversão: principais características e condições de aplicação ..	351
Quadro 10.10 – Classificação da resistência estrutural das condutas de inserção .....	352
Quadro 10.11 – Substituição com abertura de vala: principais características e condições de aplicação .....	357
Quadro 10.12 – Substituição com abertura de vala estreita: principais características e condições de aplicação .....	359
Quadro 10.13 – Rebentamento da conduta existente: principais características e condições de aplicação .....	365
Quadro 10.14 – Esmagamento da conduta existente: principais características e condições de aplicação .....	368
Quadro 10.15 – Corte longitudinal da conduta existente: principais características e condições de aplicação .....	369
Quadro 10.16 – Extracção da conduta existente: principais características e condições de aplicação .....	371
Quadro 10.17 – Construção de microtúnel: principais características e condições de aplicação .....	374
Quadro 10.17 – Construção de microtúnel: principais características e condições de aplicação ( <i>cont.</i> ) .....	375
Quadro 10.18 – Perfuração dirigida: principais características e condições de aplicação .....	378
Quadro 10.19 – Principais anomalias detectadas e respectivos requisitos necessários para a melhoria do desempenho .....	384
Quadro 10.20 – Tipificação de problemas em condutas, requisitos para melhoria de desempenho e potenciais técnicas de reabilitação .....	385
Quadro 10.21 – Síntese das características das principais técnicas de reabilitação de condutas .....	387
Quadro 10.22 – Sistematização da natureza e tipo de anomalia observadas em reservatórios, e suas principais causas e soluções .....	390

Quadro 10.23 – Classificação das intervenções em reservatórios...	391
Quadro A4.1 – Exemplos de requisitos de software do sistema de informação geográfica de Paços de Ferreira ....	463
Quadro A4.2 – Exemplo de pesos atribuídos aos requisitos funcionais no processo de avaliação.....	467

## SIMBOLOGIA

$CS_{i,t}$	: custo de substituição do activo $i$ no ano $t$ [€];
$e$	: base do logaritmo natural ( $e = 2.71828...$ );
$i$	: índice [-];
$IVI_t$	: índice de valor da infra-estrutura no ano $t$ [-]
$k$	: n.º inteiro não negativo ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ) [-];
$k!$	: factorial de $k$ [-];
$N$	: n.º total de activos [-];
$p_i$	: valor do desempenho no elemento $i$ [-];
$P$	: valor de desempenho global ( <i>performance</i> ) [-];
$t$	: ano em que se está a fazer a avaliação [ano];
$vr_{i,t}$	: vida útil residual do activo $i$ no ano $t$ [-];
$vu_i$	: vida útil total do activo $i$ [-].
$W$	: função de agregação dos valores elementares [-];
$\lambda$	: número real, igual ao número esperado de ocorrências num dado intervalo de tempo [-];
$\omega_i$	: peso relativo do elemento $i$ [-].

## LISTA DE ACRÓNIMOS

CRC	<i>Current Replacement Cost</i>
CCTV	<i>Closed circuit television</i>
EP	<i>Epoxi</i>
EPDM	Monómero de etileno-propileno-dieno
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
FF	Ferro fundido
FFC	Ferro fundido cinzento
FFD	Ferro fundido dúctil
FG	Ferro galvanizado
GPI	Gestão patrimonial de infra-estruturas
IRAR	Instituto Regulador de Águas e Resíduos
IWA	<i>International Water Association</i>
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>
LCC	<i>Life Cycle Cost</i>
MEA	<i>Modern Equivalent Asset</i>
MEERA	<i>Modern Equivalent Engineering Replacement Asset</i>
NPV	<i>Net present value</i>
O&M	Operação e manutenção
PA	Poliamida
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEAASARII	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PE-X	Polietileno reticulado
PP	Polipropileno
PP-R	Polipropileno copolímero
PRFV	Poliéster reforçado com fibra de vidro
PRP	Poliéster reforçado com polietileno
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de vinilo
PVC-C	Policloreto de vinilo clorado
PVC-U	Policloreto de vinilo não plastificado
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>
T1	Rendimento real [-]
T2	Prémio de risco [-]
T3	Inf ação (taxa de inf ação) [-]
TIF	Táctica infra-estrutural
TNI	Táctica não infra-estrutural
TOM	Táctica de operação e manutenção
WLC	<i>Whole Life Cost</i>
VAL	Valor actual líquido
ZMC	Zona de Medição e Controlo
ZGP	Zona de Gestão de Pressões

## **PARTE I – ENQUADRAMENTO GERAL**

---



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Âmbito de aplicação

A gestão patrimonial de infra-estruturas (GPI) urbanas de água constitui cada vez mais uma actividade determinante para a garantia do cumprimento dos requisitos de desempenho dos sistemas. Por um lado, as exigências de desempenho em termos de eficiência e da qualidade do serviço prestado aos utilizadores tendem a aumentar. Por outro lado, as infra-estruturas são sujeitas a diferentes causas de degradação ao longo do tempo, sendo necessário proceder à sua reabilitação. A adopção de abordagens de GPI é indispensável para assegurar a racionalidade dos investimentos e dos custos operacionais face aos objectivos de serviço pretendidos.

A ERSAR, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, tem como um dos seus objectivos promover o aumento de eficiência das entidades gestoras de sistemas de distribuição de água, bem como o da qualidade do serviço prestado aos utilizadores.

Este guia tem como objectivo orientar as entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água que decidam pôr em prática uma estratégia proactiva de gestão patrimonial de infra-estruturas, para a qual a reabilitação assume um papel central. Tem como âmbito os sistemas de abastecimento de água, nomeadamente os sistemas de adução e de distribuição, incluindo condutas, reservatórios e estações elevatórias. Estão fora do âmbito deste guia as questões específicas de outros componentes, como sejam captações e instalações de tratamento.

O guia pretende constituir um instrumento de apoio à gestão técnica que, assentando em bases técnico-científicas sólidas e actuais, tem um carácter essencialmente prático. A abordagem proposta propicia a utilização de técnicas inovadoras, científica e tecnicamente robustas e concretizadas em instrumentos amigáveis, operacionais e eficazes, de forma a potenciar a evolução no sentido de melhorar a qualidade do serviço prestado aos utilizadores, garantindo a sustentabilidade infra-estrutural, operacional, económico-financeira e ambiental das entidades gestoras portuguesas.

A publicação deste guia torna-se particularmente oportuna com a entrada em vigor do Decreto-Lei N.º 194/2009, de 20 de Agosto, relativo ao regime dos serviços municipais de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais e de gestão de

resíduos urbanos. Este decreto-lei, no Artigo 8.º, requer que as entidades gestoras que sirvam mais do que 30 000 habitantes promovam e mantenham um sistema de gestão patrimonial de infra-estruturas.

É apresentada uma abordagem estruturada de actuação, organizada por níveis de decisão (estratégico, tático e operacional), tendo-se procurado que fosse bastante abrangente e exaustiva, o que pode, à primeira vista, dar uma falsa imagem de complexidade. Saliente-se que o objectivo é contribuir para melhorar e estruturar a forma de actuação das entidades gestoras relativamente à gestão patrimonial de infra-estruturas, não devendo ser encarada como um receituário rígido a aplicar.

Não será expectável que, numa fase inicial, se ambicione implementar todos os procedimentos recomendados, mas antes que se adopte um processo evolutivo, de melhoria contínua, em que em cada ano se progrida no sentido da sua consolidação e sofisticação.

Muito mais importante do que procurar aplicar técnicas ou abordagens específicas, é necessário atender a alguns princípios gerais que deverão estar sempre presentes:

- ✓ É fundamental que a mudança de uma atitude reactiva, de reparação após avaria, para uma cultura de pro-actividade na gestão das infra-estruturas, seja assumida pela administração da entidade gestora.
- ✓ O componente mais importante de uma abordagem integrada de GPI são as pessoas, que deverão estar motivadas, estar bem organizadas, conhecerem bem as suas funções e ter os conhecimentos necessários ao seu adequado cumprimento.
- ✓ A implementação de um sistema de gestão patrimonial de infra-estruturas deverá ser gradual, feita com acções que podem corresponder a pequenos passos, mas que deverão ser realistas e decisivas.
- ✓ Pode ser necessário recorrer a aconselhamento ou a consultoria externa especializada, mas dentro de limites controlados: o processo de gestão das infra-estruturas é um processo interno que não pode ser adquirido “chave-na-mão” a terceiros.
- ✓ As aplicações computacionais que existem no mercado publicitadas como “Asset Management Systems” não deverão constituir o ponto de partida de actuação nem substituir o processo organizacional requerido.
- ✓ A criação de redes de entidades gestoras que permitam a partilha de problemas e soluções pode ter um valor acrescentado muito elevado, em particular no caso das pequenas e médias entidades.



## 1.2. Estrutura do documento

O texto está organizado em três partes e um conjunto de anexos (Figura 1.1). A primeira parte é de enquadramento geral, na segunda apresenta-se a abordagem integrada de gestão patrimonial de infra-estruturas e um guia de consulta rápida do processo de planeamento, e na terceira os instrumentos e as técnicas de apoio.

Para além da presente introdução, na primeira parte justifica-se a relevância da gestão patrimonial de infra-estruturas, apresentando um conjunto de conceitos-chave nesta temática, as principais motivações da necessidade de reabilitação, os principais tipos de consequências de uma reabilitação insuficiente ou inadequada, e as causas e sintomas primários associados aos principais tipos de anomalia. A finalizar esta parte, enquadra-se a gestão patrimonial de infra-estruturas nos principais processos de gestão envolvidos na actividade do abastecimento de água (*e.g.*, gestão de clientes, gestão de informação, gestão de recursos humanos), tendo em conta o estabelecido nas recentes normas ISO 24500 (ISO 24510: 2007, ISO 24511: 2007, ISO 24512: 2007).

## **PARTE I – ENQUADRAMENTO GERAL**

Introdução, relevância da gestão patrimonial de infra-estruturas, conceitos básicos e gestão patrimonial de infra-estruturas no contexto da gestão técnica.

Cap. 1

Cap. 2

Cap. 3

## **PARTE II – ABORDAGEM INTEGRADA DE GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRA-ESTRUTURAS**

Estratégia geral de GPI, planeamento estratégico, planeamento tático, planeamento operacional e guia de consulta rápida.

Cap. 4

Cap. 5

Cap. 6

Cap. 7

Cap. 8

## **PARTE III – INSTRUMENTOS E TÉCNICAS DE APOIO**

Instrumentos e metodologias de apoio à GPI e técnicas de reabilitação de condutas e reservatórios

Cap. 9

Cap. 10

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **ANEXOS**

Exemplo de índice de caderno de encargos tipo para obras de renovação e ampliação, principais requisitos para a realização de estudos prévios e de projectos de execução, indicadores de desempenho recomendados no sistema CARE-W e especificação e desenvolvimento de sistemas de informação integrados de apoio à reabilitação.

**Figura 1.1 – Estrutura geral do guia**

Na segunda parte, propõe-se uma estratégia geral de gestão patrimonial de infra-estruturas, nas perspectivas do planeamento estratégico, tático e operacional. Para cada um destes casos, pormenorizam-se as fases envolvidas. Apresenta-se também um guia de consulta rápida que sintetiza os principais passos do planeamento das actividades de GPI em cada um dos três níveis de planeamento – estratégico, tático e operacional. Trata-se de um guia autónomo (com as páginas bordejadas a cinzento para fácil localização), cuja leitura pode constituir uma excelente forma de introdução ao tema.

Na terceira parte, apresentam-se os instrumentos e tecnologias de apoio mais relevantes. Em particular, incluem-se instrumentos e tecnologias para a recolha, o armazenamento, o processamento e a disponibilização de dados, para a modelação, para avaliação de desempenho e de perdas de água, para a análise e previsão

de falhas, para a análise de custos e instrumentos integrados de apoio à reabilitação. Descrevem-se diferentes técnicas de reabilitação de condutas e de reservatórios.

O documento inclui um conjunto de anexos. No Anexo I apresenta-se um exemplo de índice de caderno de encargos tipo para obras de renovação e ampliação de redes de distribuição de água. No Anexo II apresenta-se uma proposta de requisitos para a realização de estudos prévios e de projectos de execução nas fases de projecto, de construção e de comissionamento e recepção. No Anexo III apresenta-se uma lista dos indicadores de desempenho recomendados no sistema CARE-W. No Anexo IV apresenta-se a especificação e desenvolvimento de sistemas de informação integrados de apoio à GPI.

### **1.3. Destinatários**

Este guia tem como principais destinatários os técnicos das entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água. Pode também ser utilizado por técnicos de empresas de consultoria de engenharia e constituir um elemento de estudo em cursos de formação avançada ou de formação contínua em engenharia civil e áreas afins.

### **1.4. Metodologia de consulta**

O guia pode ser utilizado como um texto didáctico, de leitura sequencial, ou como um livro de consulta. No segundo caso, recomenda-se uma leitura prévia do Capítulo 8, onde se sintetiza a estratégia geral de GPI recomendada e se apresenta a lógica de organização dos diversos capítulos da Parte II.



## **2. RELEVÂNCIA DA GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRA-ESTRUTURAS E CONCEITOS BÁSICOS**

### **2.1. Nota introdutória**

As infra-estruturas de abastecimento de água são um suporte essencial para a prestação de um serviço público de primeira necessidade à saúde e bem-estar das populações e à economia das sociedades.

Constituem uma parcela muito significativa do património de utilidade pública construído, de elevado valor económico, que é necessário gerir de modo sustentável para assegurar a prestação a longo prazo de um serviço de elevada qualidade, garantindo o desenvolvimento das comunidades e a protecção do meio ambiente.

Verifica-se porém que estas infra-estruturas sustentam serviços assumidos como evidentes nas sociedades industrializadas, tendo por isso muitas vezes pouca visibilidade social e sendo subvalorizadas pelos decisores. Isto deve-se essencialmente ao facto de serem infra-estruturas predominantemente enterradas, de difícil acesso para efeitos de inspecção e de manutenção. Acresce que se trata de serviços que funcionam em regime de monopólio natural, o que não incentiva à melhoria de eficiência.

Muitas redes de distribuição de água e de drenagem de águas residuais europeias foram construídas após as grandes guerras mundiais e estão a atingir o fim da sua vida útil. As tubagens apresentam sintomas de deterioração claros, com tendência para aumento de roturas, de perdas de água e de reclamações sobre a qualidade da água e a eficiência dos serviços. Em Portugal, embora a generalidade das redes seja mais recente, a situação resultante do uso de materiais de menor durabilidade é semelhante. É por isso urgente que se tomem medidas de forma a inverter a actual tendência de degradação dos sistemas, de forma a manter um nível de serviço aceitável.

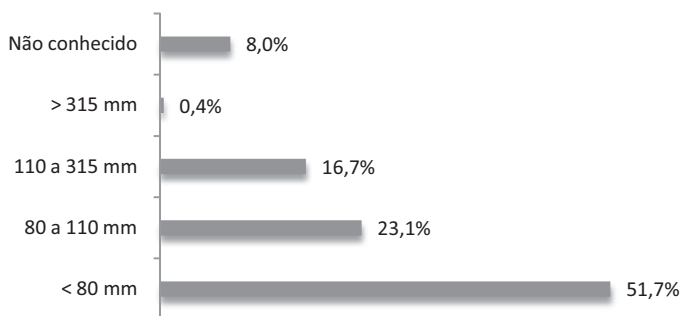
A informação sistematizada sobre as infra-estruturas existentes é ainda escassa. De acordo com o Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais (INAG, 2006), em 2006 existiam 11 826 km de condutas adutoras e 32 662 km

de redes de distribuição de água em Portugal Continental. Salienta-se que estes valores não cobrem a totalidade dos municípios nacionais, contendo pouca informação relativa aos sistemas mais antigos. O baixo rácio entre o comprimento das redes de distribuição de água e o das condutas adutoras (3/1) indica que nesta informação predominam pequenos sistemas de distribuição mais recentes.

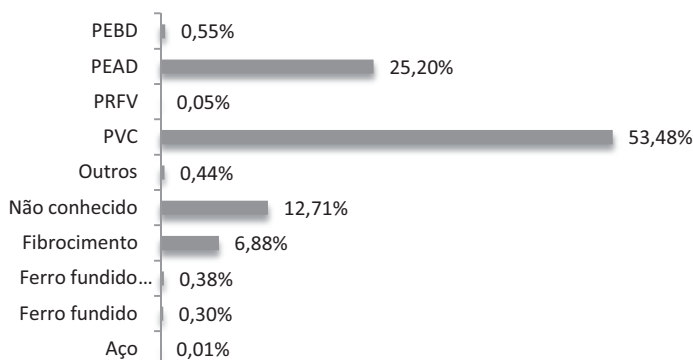
A EPAL, que é responsável pela rede de distribuição da cidade de Lisboa, com um valor bruto contabilístico de 186,5 M€ e com 1 430 km de condutas, reabilitou, entre 2004 e 2006, cerca de 200 km destas condutas (*i.e.*, 5%/ano) e, entre 2007 e 2008, 60 km (*i.e.*, 2%/ano). O valor investido na renovação da rede no período de 2004 a 2008 (56 M€) corresponde em média a 6%/ano do valor contabilístico da rede. Este valor dá uma ordem da grandeza das necessidades nacionais.

Na Figura 2.1 apresenta-se a gama de diâmetros das condutas de redes de distribuição, com 43 000 km de comprimento, correspondentes a 200 municípios portugueses (valores de 2008).

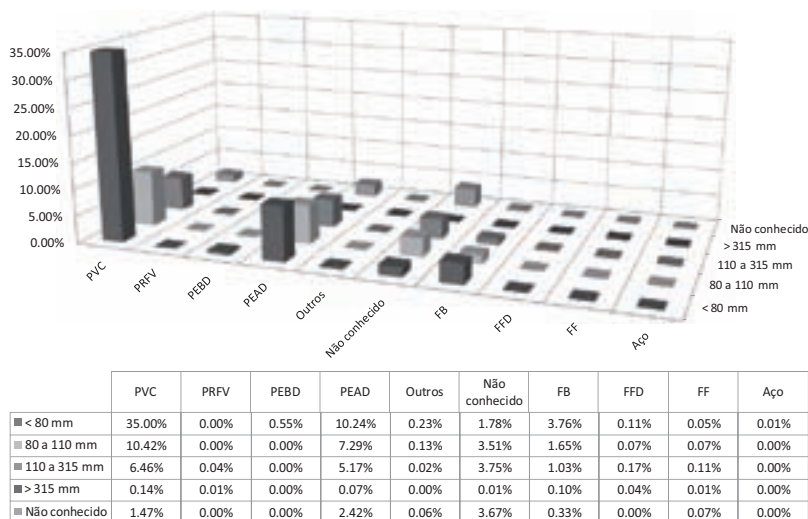
Na Figura 2.2 ilustra-se a distribuição dos materiais e na Figura 2.3 apresenta-se a distribuição dos materiais por gama de diâmetro para os mesmos sistemas.



**Figura 2.1 – Exemplo da distribuição dos diâmetros de condutas em redes de distribuição**



**Figura 2.2 – Exemplo da distribuição dos materiais de condutas em redes de distribuição**



**Figura 2.3 – Exemplo da distribuição dos materiais de condutas por gama de diâmetros**

Dados os avultados investimentos em jogo, torna-se indispensável fundamentar bem as decisões de “quanto”, “onde”, “quando” e “como” reabilitar as redes, com base em critérios técnicos, operacionais e socioeconómicos. Estas decisões são dificultadas pelo facto de se tratar de infra-estruturas enterradas que não podem ser facilmente inspeccionadas, pelo que é necessário recorrer a métodos de diagnóstico e apoio à decisão indirectos.

Acresce ainda que a situação em Portugal, em termos de qualidade do serviço prestado, é deficiente e inferior aos padrões médios da maioria dos países da União Europeia.

Um dos aspectos críticos actuais causadores de ineficiências das entidades gestoras portuguesas, comprovado nos RASARP – “Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos”, publicados para os anos de 2004 a 2008, e em particular pelos resultados da aplicação do sistema de avaliação de desempenho (Baptista *et al.*, 2009), prende-se com a necessidade de reabilitação dos sistemas.

O Quadro 2.1 transcreve os indicadores de desempenho mais relevantes no contexto da GPI para as entidades gestoras que em 2007 eram reguladas (ERSAR, 2009).

Não existe ainda informação para as restantes entidades gestoras. Estes resultados evidenciam que a frequência de avarias em condutas e ramais está em média acima dos valores internacionalmente recomendados. Este facto é, em grande parte, explicado pelas baixas taxas de reabilitação que ocorrem em Portugal, inferiores aos valores de referência considerados adequados. O caso dos sistemas de adução regulados não é particularmente grave a este respeito. Há alguns sistemas com taxas praticamente nulas, por serem sistemas muito jovens, alguns deles ainda em fase de construção. Por outro lado, existem alguns sistemas mais antigos onde se observa um investimento muito significativo em reabilitação, acima dos valores de referência, manifestando um esforço de recuperação face à degradação de desempenho observada nos últimos anos. Os restantes sistemas situam-se dentro, ou muito próximo, da gama de referência (ERSAR, 2009).



**Quadro 2.1 – Desempenho infra-estrutural das entidades gestoras reguladas, de acordo com o RASARP 2008, ERSAR, 2009, IRAR, 2008b**

Sector e indicador	Valores Média ponderada					Intervalo de referência (Bom desempenho)
	2004	2005	2006	2007	2008	
Abastecimento de água: produção e adução						
AA 11 – Cumprimento do licenciamento das captações de água (%)	90	64	67	64	60	100
AA 12 – Utilização das estações de tratamento (%)	70	62	66	64	67	70-90
AA 13 – Capacidade de reserva de água tratada (dias)	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	³ 1
AA 14 – Reabilitação de condutas (%/ano)	3,0	1,8	1,3	0,6	0,4	1-2
AA 16 – Avarias em condutas (n.º/100 km/ano)	16	12	12	11	8	0 -15
AA 18 – Ineficiência de utilização dos recursos hídricos (%)	4,2	3,2	3,0	4,1	4,1	0 - 4
AA 19 – Eficiência energética de instalações elevatórios (kWh/m3/100 m)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,27 - 0,4
Abastecimento de água: distribuição						
AA 13 – Capacidade de reserva de água tratada (dias)	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	³ 1
AA 14 – Reabilitação de condutas (%/ano)	0,9	1,6	1,3	0,8	0,9	1-2
AA 15 – Reabilitação de ramais (%/ano)	2,2	2,9	2,6	2,3	2,0	2
AA 16 – Avarias em condutas (n.º/100 km/ano)	99	81	67	63	55	0-15
AA 18 – Ineficiência de utilização dos recursos hídricos (%)	18,6	16,9	15,8	15,2	14,1	0-15
AA 19 – Eficiência energética de instalações elevatórios (kWh/m3/100 m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,27 - 0,4

Fonte: ERSAR, 2009, IRAR, 2008b

Pelo conhecimento mais qualitativo que existe sobre os sistemas não regulados, é de esperar que os valores dos indicadores de reabilitação e de avarias sejam, em média, mais gravosos do que os das entidades gestoras reguladas. Por exemplo Alegre e Dória (1998) encontraram em alguns casos valores acima de 200 avarias/(100 km.ano).

Face a esta panorâmica, existe em Portugal uma elevada necessidade de reabilitação.

Esta situação tende naturalmente a evoluir positivamente, sendo de referir, neste contexto, os mecanismos de regulação da qualidade de serviço implementados pela ERSAR, tais como a exposição

pública dos resultados da avaliação sistemática do desempenho e promoção de prémios para as melhores entidades gestoras.

Dada a situação atrás referida, torna-se indispensável e premente dispor de conhecimentos e de metodologias de apoio neste domínio. Só com abordagens inovadoras, científica e tecnicamente robustas, será possível evoluir no sentido de melhorar a qualidade do serviço prestado aos utilizadores, garantindo a sustentabilidade infra-estrutural, operacional, económico-financeira e ambiental das entidades gestoras portuguesas.

Neste capítulo introduzem-se os principais conceitos associados à gestão patrimonial de infra-estruturas e à reabilitação de sistemas de abastecimento de água, por se verificar que é frequente utilizar e entender de formas diversas os termos mais comuns, sendo fundamental estabelecer a terminologia portuguesa nesta matéria e evitar equívocos de interpretação.

Sendo a reabilitação um aspecto nuclear da gestão patrimonial de infra-estruturas, seguidamente faz-se uma análise sistemática das principais motivações que conduzem à necessidade de reabilitação por degradação de desempenho. Identificam-se as principais motivações para a necessidade de reabilitação, e identificam-se as principais consequências do desempenho inaceitável, muitas vezes decorrente de uma reabilitação inadequada dos sistemas. Dado que as anomalias de degradação tendem a apresentar sintomas típicos, apresenta-se a relação entre as anomalias, os sintomas e as causas.

## **2.2. Conceitos de gestão patrimonial de infra-estruturas e de reabilitação**

### **2.2.1. Conceito de infra-estrutura e de vida útil**

Entende-se por infra-estrutura de adução e distribuição de água o sistema constituído pelo conjunto de componentes (ou de activos fixos tangíveis, numa linguagem mais financeira), que assegura a prestação de um serviço público essencial, cuja continuidade é necessário garantir, devendo manter-se funcional enquanto se justificar o serviço a que se destina. Assim, uma infra-estrutura deverá ser mantida permanentemente em condições de operacionalidade adequadas à satisfação dos níveis de serviço pretendidos. Este requisito impede, em geral, que a infra-estrutura seja substituída na globalidade, de uma só vez. Deverá antes ser reabilitada progressivamente ao longo do tempo, com intervenções mais ou

menos localizadas nos seus componentes, que não ponham em causa a continuidade de prestação do serviço e que garantam uma vida ilimitada à infra-estrutura. Podem atribuir-se vidas úteis limitadas aos componentes individuais, mas não à infra-estrutura no seu todo (Burns *et al.*, 1999).

As infra-estruturas de abastecimento de água diferenciam-se de outras infra-estruturas nos seguintes aspectos que condicionam a sua reabilitação:

- dão suporte a serviços que são monopólios naturais, perante os quais as regras de mercado não são facilmente aplicáveis, em particular no que se refere à concorrência e à forma de avaliação do valor do património existente;
- os serviços a que dão suporte são assumidos como evidentes nas sociedades industrializadas, sendo pouco valorizados pelas populações;
- são predominantemente constituídas por componentes enterados, cuja condição física é difícil de avaliar;
- são infra-estruturas que se comportam como um sistema, e não como um somatório de componentes individuais.

As vidas úteis dos componentes são difíceis de avaliar, havendo diversos conceitos associados, que importa clarificar, nomeadamente o de vida total, de vida útil técnica, de vida útil contabilística e de vida útil económica.

#### Vida total

A **vida total** é o período que medeia desde a instalação e entrada em funcionamento até à desactivação final; quando os sistemas de informação cadastral contêm datas, são em geral as datas de instalação e de desactivação que são registadas.

#### Vida útil técnica

A **vida útil técnica** corresponde ao período após a instalação durante o qual o componente cumpre a função a que se destina.

#### Vida útil contabilística

A **vida útil contabilística** é definida pelo período de amortização fiscal, em geral fixo para cada classe de componente. O Decreto Regulamentar n.º 2/90, de 12 de Janeiro, actualizado pelo Decreto Regulamentar n.º 25/2009, de 14 de Setembro, estabelece taxas específicas de amortização para diferentes tipos de activos, entre os quais os principais componentes dos sistemas de abastecimento de água (cf. Quadro 2.2).

#### Vida útil económica

A **vida útil económica** é definida pelo período entre a aquisição e o tempo em que o componente, apesar de fisicamente ainda capacitado para fornecer o serviço, já não constitui a opção de menor custo para satisfazer os requisitos de desempenho pretendidos. A vida económica é, no máximo, igual à duração física. A obsolescência leva a que a vida económica seja frequentemente inferior à duração física. Nas situações em que os custos de manutenção crescem significativamente com o envelhecimento, o fim da vida económica pode também ocorrer numa fase em que o activo ainda cumpre a função a que se destina.

Assim, trata-se de conceitos distintos que não deverão ser confundidos. As diferenças, porém, são por vezes subtis e nem sempre fáceis de estabelecer.

As vidas úteis dependem do tipo e da natureza do componente. Apresentam-se no Quadro 2.2 valores indicativos médios de vidas úteis contabilísticas e técnicas para diferentes componentes. Note-se que as vidas úteis técnicas geralmente aceites nos EUA e na Europa Central e do Norte tendem a ser superiores às consideradas em Portugal. O quadro reproduz, a título exemplificativo, os valores recomendados pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 2005).

As vidas úteis apresentadas no Quadro 2.2 são, como referido, apenas indicativas, podendo ser muito afectadas pela qualidade de produção dos materiais, condições de transporte e armazenamento, forma de instalação, adequação às condições locais e ao uso e forma de operação e manutenção. Acresce que a capacidade de regeneração difere entre tipos de componente. Por exemplo, os reservatórios podem ter, teoricamente, vidas úteis infinitas desde que sujeitos a manutenção sistemática, que inclui em geral reparações de fissuras e juntas, impermeabilização, pintura e manutenção dos equipamentos associados. Por oposição, a vida útil das condutas tende a ser limitada no tempo, embora possa ser prolongada se as reparações forem feitas de modo cuidado e com o devido controlo de qualidade. Nos equipamentos electromecânicos, uma adequada manutenção também pode prolongar indefinidamente a vida útil destes componentes, já que envolve a substituição de elementos sujeitos a desgaste ou avaria. No entanto, a vida útil acaba frequentemente por ser limitada por questões de obsolescência.

**Quadro 2.2 – Vidas úteis médias para os componentes de sistemas de adução e de distribuição**

Tipo de componente	Vida útil (anos)		
	Contabilística (DR 25/2009)	Técnica (média em Portugal)	Técnica (recomendada pela USEPA*)
<b>Construção civil</b>			
Edifícios e reservatórios	25-40	40-50	60-75
Conduitas			
Ferro fundido dúctil e aço	25	40	60
Betão	20	60	
Policloreto de vinilo (PVC)	-	50	
Polietileno de alta densidade (PEAD)	-	45	
Fibrocimento (FC)	16	30	
<b>Equipamento</b>			
Grupos electrobomba	8	20	35-40
Válvulas	8	15-20	30
Equipamento eléctrico	8	15	35
Equipamento de controlo	8	15	25

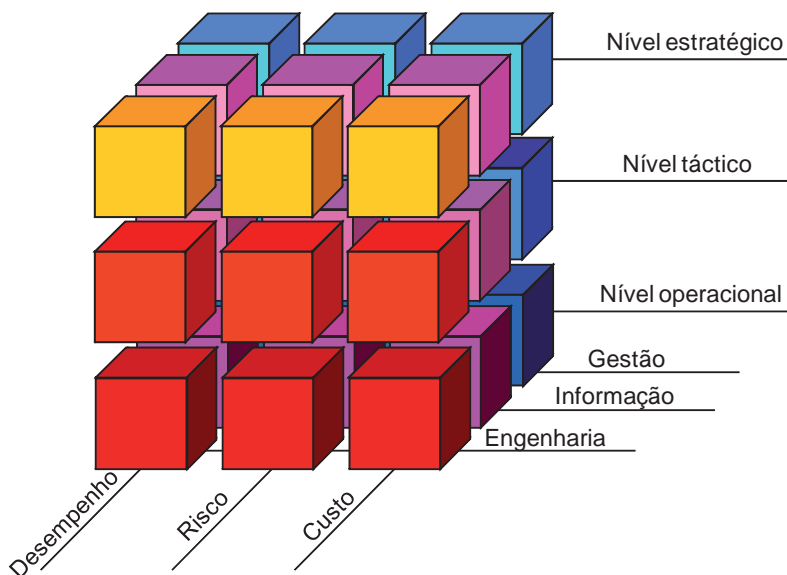
\* Fonte: USEPA GHD Asset Management Training Workshops 2006, [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

### 2.2.2. Conceito de gestão patrimonial de infra-estruturas

A gestão patrimonial de infra-estruturas, GPI (em terminologia anglo-saxónica, *infrastructure asset management*) é entendida como a gestão estratégica e sustentável do património existente em infra-estruturas. No caso do abastecimento de água, a GPI incide sobre a gestão dos activos fixos tangíveis que compõem os sistemas directamente associados à prestação do serviço, como sejam as condutas, os reservatórios, as estações elevatórias e as estações de tratamento. No âmbito deste guia, não são abordadas especificamente as estações de tratamento.

A gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água é uma abordagem de toda a organização que visa assegurar um equilíbrio entre as dimensões de **desempenho**, **risco** e **custo** numa perspectiva de longo prazo. Requer a intervenção coordenada entre diferentes níveis de planeamento (**estratégico**, **tático** e **operacional**). É uma abordagem multidisciplinar, sendo as principais competências envolvidas a **gestão** (incluindo eco-

nomia e sociologia das organizações), a **engenharia** (e.g., civil, ambiental, mecânica) e a **informação** (e.g., gestão da informação, comunicação, informática) (Figura 2.4).



Fonte: Alegre, 2007

**Figura 2.4 – Gestão patrimonial de infra-estruturas: uma visão integrada**

Nas situações que em que o principal objectivo das entidades gestoras é aumentar os níveis de cobertura de serviço (realidade Portuguesa nas décadas passadas), a GPI incide fundamentalmente no planeamento, concepção e construção de novos sistemas. Em situações mais evoluídas, em que os sistemas de abastecimento já se encontram construídos e em operação, a GPI centra-se na manutenção e na reabilitação dos sistemas existentes. Dado que em Portugal a fase mais intensa de construção de novos sistemas está quase concluída, os maiores desafios actuais prendem-se com a necessidade de melhorar o desempenho dos sistemas existentes em termos da eficiência de funcionamento e da qualidade do serviço que proporcionam aos utilizadores. Por esta razão, neste guia, a GPI é centrada na reabilitação.

### 2.2.3. Conceitos e terminologia de reabilitação

A reabilitação, enquanto abordagem integrada, é uma actividade relativamente nova no sector e no contexto nacional. Assim, é importante definir a terminologia e apresentar os principais conceitos a utilizar, na linha do que é adoptado internacionalmente no âmbito do abastecimento de água e da gestão de águas residuais.

O conceito de reabilitação tem sofrido evoluções ao longo do tempo, não existindo ainda um total consenso sobre o âmbito deste termo. Abreu e Lucas (2003), por exemplo, listam as definições apresentadas em 32 referências diferentes, no âmbito da medicina, da construção e dos sistemas urbanos de água. Estes autores adoptam a seguinte definição: “Intervenção destinada a proporcionar um desempenho compatível com as exigências ou condicionalismos contemporâneos” (Abreu e Lucas, 2003).

Esta definição põe em evidência que a reabilitação pode ser motivada não apenas por uma degradação da condição física ou funcional da infra-estrutura, mas também por alterações das exigências de desempenho ao longo do tempo.

Este mesmo princípio foi adoptado no domínio dos sistemas de abastecimento de água, tanto em termos nacionais (IRAR, 2008a, Alegre *et al.*, 2004), como em termos internacionais (Alegre *et al.*, 2006a, Sægrov, 2005). Nestas referências, reabilitação é definida como “qualquer intervenção física que prolongue a vida de um sistema existente ou melhore o seu desempenho estrutural, hidráulico ou de qualidade da água”.

No domínio das águas residuais, a evolução recente tem sido no sentido de alargar o âmbito do conceito de reabilitação. O manual *Sewerage Rehabilitation* do *Water Research Centre* (WRc, 2001), preconiza uma abordagem integrada que envolve a identificação de deficiências estruturais, hidráulicas, ambientais e de operação e manutenção. Reabilitação é definida como “todos os aspectos de melhoria do desempenho dos sistemas existentes; a reabilitação estrutural inclui reparação, renovação ou reconstrução; a reabilitação hidráulica inclui substituição, reforço, redução ou atenuação do caudal e, ocasionalmente, renovação”.

A recente revisão da norma EN 752: 2007 – *Drain and sewer systems outside buildings* vem abrir ainda mais o âmbito, definindo reabilitação como “o conjunto de medidas para repor ou melhorar o desempenho de um sistema de águas residuais ou pluviais existente”. Esta definição é muito mais abrangente do que as anteriores, podendo em última instância incluir questões

operacionais, de gestão de recursos humanos, ou outras, mesmo que não estejam associadas a intervenções de construção ou de reparação, ou até de operação ou manutenção.

No presente guia de reabilitação de sistemas de abastecimento de água preconiza-se a necessidade de abordar o tema de modo abrangente no âmbito de uma gestão integrada e sustentável dos sistemas, na linha das recentes evoluções referidas, e apresentam-se metodologias de abordagem sistemática com vista à melhoria do desempenho dos sistemas existentes. No entanto, as Partes II, III e IV incidem predominantemente sobre as intervenções de carácter físico que alterem as características geométricas, dimensionais ou dos materiais utilizados nos sistemas. Não são desenvolvidas, portanto, soluções de melhoria de desempenho dos sistemas que resultem, por exemplo, de medidas de operação ou de acções de manutenção corrente.

A reabilitação de sistemas de abastecimento de água pode estar associada à necessidade de corrigir anomalias (*i.e.*, defeitos, entendidos como a *reduções do desempenho previsto*) de natureza estrutural, hidráulica, de qualidade da água ou de operação e manutenção.

A reabilitação motivada por *anomalias estruturais* decorre de uma deficiente condição física dos componentes (*e.g.*, degradação dos materiais e existência de fissuras) e pode envolver quer acções de renovação (*e.g.*, reparação sistemática das juntas) quer de substituição.

A reabilitação motivada por *anomalias hidráulicas* decorre da inadequação de capacidade hidráulica do sistema face às solicitações (*e.g.*, pressões insuficientes na rede de distribuição em períodos de consumo de ponta). De forma geral, envolve acções de substituição de componentes por outros com maior capacidade hidráulica, acções de reforço da infra-estrutura existente com componentes adicionais, ou ainda intervenções físicas que conduzam à redução ou atenuação de caudais (*e.g.*, instalação sistemática de equipamento de controlo de pressão ou de caudal, substituição de grupos electrobomba que conduzam a tempos e caudais de bombeamento diferentes). Ocasionalmente pode envolver a renovação de componentes (*e.g.*, remoção de incrustações e revestimento interior com material de menor rugosidade).

A reabilitação motivada por *anomalias de qualidade da água* decorre da degradação excessiva da qualidade da água no sistema de adução e distribuição por deficiente condição física ou funcio-



namento dos componentes (e.g., problemas de cor, de turvação.). Pode envolver acções de renovação (e.g., revestimento interior de condutas metálicas corroídas) ou de substituição (e.g., substituição de ramais de chumbo por outros de material não poluente).

A reabilitação motivada por *anomalias de operação e manutenção* decorre da necessidade de aumentar a eficiência destas actividades ou aumentar a fiabilidade do serviço (e.g., estabelecimento de redes modulares, de zonas de medição e controlo e de zonas de gestão de pressões, automatização de controlos, reabilitação ou instalação de válvulas de manobra, instalação de *bypass* para facilitar operações de manutenção).

A natureza das anomalias que motivam a necessidade de reabilitação e as respectivas acções associadas estão sintetizadas na Figura 2.5.

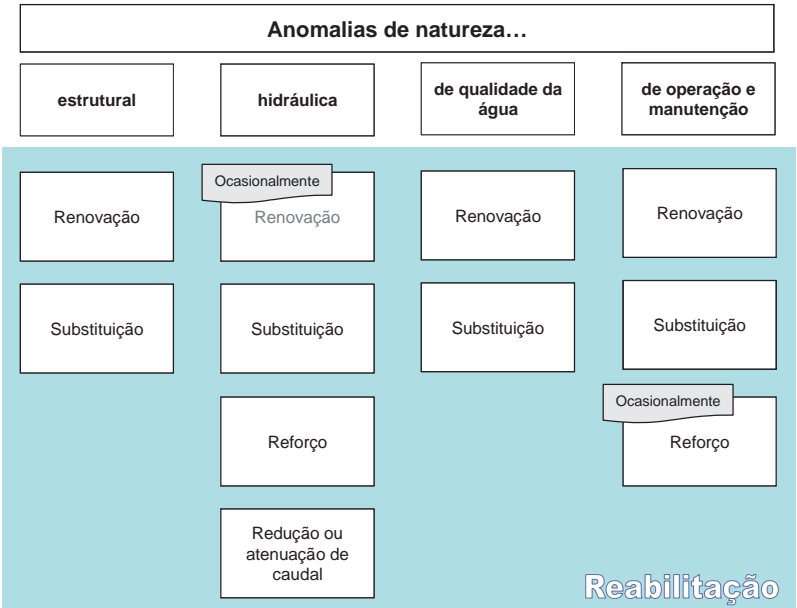


Figura 2.5 – Acções de reabilitação em função da natureza das anomalias

Cada um destes conceitos é apresentado seguidamente, constituindo a base da terminologia recomendada no âmbito da reabilitação de sistemas de abastecimento de água.

<b>Renovação</b> ( <i>Renovation</i> )
<b>Renovação</b> é uma intervenção de reabilitação – estrutural, hidráulica ou de qualidade da água – sobre um componente do sistema existente, com o seu aproveitamento funcional e sem aumento da capacidade de utilização original.
Nota 1: Restauro (refurbishment) é sinónimo de renovação e utiliza-se habitualmente para os equipamentos.
Nota 2: Renovação inclui revestimento interior não estrutural para a protecção contra a corrosão, tal como argamassa de cimento ou resina epoxi.

<b>Reparação</b> ( <i>Repair</i> )
<b>Reparação</b> é uma intervenção pontual rectificativa de uma anomalia localizada, podendo inserir-se ou não em acções de reabilitação.
Nota: No contexto específico da reabilitação estrutural de tubagens, a reparação corresponde a um caso específico da renovação. É uma intervenção de reabilitação rectificativa de um conjunto de anomalias estruturais localizadas na tubagem ou de reconstrução de trechos curtos.

<b>Substituição</b> ( <i>Replacement</i> )
<b>Substituição</b> é uma intervenção de reabilitação – estrutural, hidráulica ou de qualidade da água – sobre um componente do sistema existente, com a sua desactivação funcional e construção ou instalação de um novo componente, tendo este último funções e capacidade semelhantes ou distintas às do existente.
As funções e capacidade são em geral semelhantes nos casos de reabilitação estrutural e de qualidade da água e são em geral distintas no caso de reabilitação hidráulica, por exemplo com aumento do diâmetro da conduta.
No caso de condutas, a substituição inclui não só a construção tradicional de uma nova conduta no lugar da existente mas também o revestimento estrutural interno da tubagem existente, que passa a funcionar como cofragem.
<u>Nota:</u> RECONSTRUÇÃO (renewal) é um caso particular da substituição e consiste numa intervenção de reabilitação com construção de uma nova tubagem para substituição de uma tubagem existente que é colocada fora de serviço, tendo a nova tubagem funções e capacidade semelhantes às da existente (ex. com o mesmo diâmetro). Pode incluir inserção de tubagem no interior da existente. A reconstrução não é um subconjunto da renovação.

<b>Reforço</b> ( <i>Reinforcement</i> )
<b>Reforço</b> é uma intervenção de reabilitação hidráulica sobre um componente do sistema existente, com a construção de um componente adicional, que complementa a capacidade do componente existente ou constitui uma alternativa a ele.

## 2.2.4. Outros conceitos relevantes

Na temática da GPI são utilizados diferentes conceitos, com termos muitas vezes de uso comum na linguagem corrente, pelo que importa clarificar a definição no âmbito deste guia. Abreu e Lucas (2003) apresentam os seguintes conceitos que se adoptam no presente guia:

### Anomalia

Por **anomalia** (ou defeito) entende-se a redução do desempenho previsto.

### Construção

**Construção**, entendida no seu sentido lato, pode significar a própria infra-estrutura, o componente individual ou o material de construção.

### Dano

**Dano** é uma anomalia provocada por acções externas.

### Deficiência

**Deficiência** é uma anomalia que se deve a erros de especificação, de projecto, de execução ou de utilização.

### Degradação

**Degradação** consiste na alteração progressiva do estado das construções, que pode (ou não) conduzir à ocorrência de anomalias.

### Deterioração

Por **deterioração** entende-se qualquer alteração (progressiva ou não) do estado ou condição que conduza à ocorrência de anomalias.

### Diagnóstico

**Diagnóstico** é processo de identificação de anomalias com base nos respectivos sintomas.

### Envelhecimento

**Envelhecimento** consiste na redução do desempenho que ocorre gradualmente no tempo, em condições normais de utilização.

### Patologia da construção

A **patologia da construção** consiste no estudo das anomalias das construções, dos seus elementos (ou componentes) ou dos seus materiais.

### Sintoma

**Sintoma** é a forma de manifestação de degradação ou de deterioração.

### Sinal

**Sinal** é um sintoma detectável por observação directa.

## 2.3. Principais motivações da necessidade de reabilitação

### 2.3.1. Factores agressivos para os componentes e tipos de motivação da necessidade de reabilitação

Os componentes dos sistemas de adução e de distribuição de água estão sujeitos a diversos tipos de factores agressivos que contribuem, através de mecanismos vários, para a degradação de desempenho do sistema, súbita ou continuada no tempo. Deve entender-se por degradação de desempenho tanto a degradação da *condição física* como a degradação do *desempenho funcional*. Os factores agressivos podem ser classificados em (Baptista e Alegre, 2000a, 2000b):

- condições hidráulicas do escoamento;
- características químicas da água transportada no sistema;
- características químicas e físicas dos solos e das suas águas intersticiais;
- condições geotécnicas, sísmicas e mecânicas.

O efeito destes factores depende do tempo de actuação (que leva ao envelhecimento natural dos componentes), das solicitações de serviço, das características do sistema (resultantes da concepção, do projecto e da construção, bem como dos materiais e equipamentos utilizados), da forma de operação e manutenção do próprio sistema e de causas externas (e.g., danos provocados por terceiros). Assim, as principais motivações da necessidade de reabilitação são as seguintes:

- envelhecimento natural dos componentes;
- alteração dos objectivos de serviço;
- deficiências de concepção e projecto;
- deficiências de construção;
- deficiências de materiais e equipamentos;
- deficiências de operação;
- deficiências de manutenção;
- causas externas.

Apresenta-se nos subcapítulos seguintes uma breve descrição de cada um destes tipos de motivação, ilustrados com exemplos de casos típicos.

### **2.3.2. Envelhecimento natural dos componentes**

#### **Tipos de envelhecimento**

O envelhecimento dos componentes dos sistemas de adução e distribuição de água traduz-se na redução do desempenho que ocorre gradualmente no tempo, em condições normais de utilização, que se reflecte em geral na degradação do serviço prestado pela infra-estrutura no seu conjunto. Em geral, os efeitos do envelhecimento fazem-se sentir localmente (*e.g.*, aumento de perdas de água ou de frequência de roturas). Podem também reflectir-se no desempenho funcional do sistema, como seja, por exemplo, pressão insuficiente em pontos de consumo afastados do componente degradado.

O envelhecimento é inevitável, podendo dever-se a:

- degradação natural dos materiais constituintes dos componentes;
- desgaste ou incrustação dos elementos constituintes dos componentes;
- desactualização tecnológica.

#### **Degradação natural dos materiais**

A degradação dos materiais depende do tipo de material e das condições de instalação e utilização.

Os materiais metálicos, tais como o ferro fundido, o ferro galvanizado e o aço, degradam-se por efeitos de corrosão (Figura 2.6 e Figura 2.7), que pode ser dos seguintes tipos:

- corrosão generalizada, com redução da espessura das paredes e perda de resistência mecânica;
- corrosão localizada, do tipo picadas ou com formação de tubérculos, provocando perfuração (Figura 2.6a);
- corrosão galvânica, localizada em zonas de contacto entre metais diferentes ou em zonas onde o solo é mais corrosivo;

- corrosão por correntes vagabundas, que provoca perfuração dos tubos no local de abandono da corrente eléctrica (Figura 2.6b).

O efeito da corrosão pode ser substancialmente reduzido através de revestimentos interiores e exteriores (e.g., pintura ou revestimento com materiais plásticos, cimentícios ou resinas *epoxi*).



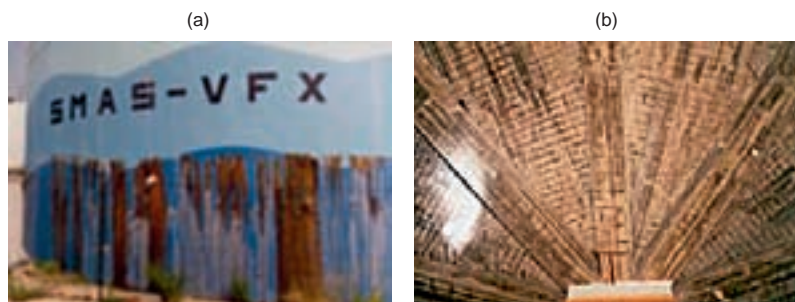
**Figura 2.6 – Conduitas furadas por efeito de corrosão: (a) corrosão localizada; (b) corrosão por correntes vagabundas**



**Figura 2.7 – Válvulas degradadas por efeito de corrosão: (a) válvula perfurada por corrosão e (b) válvula inoperacional por corrosão**

O fibrocimento, material usado durante várias décadas na construção de condutas, deteriora-se ao longo do tempo, em consequência do ataque ao cimento por agentes agressivos contidos no solo ou na água, podendo conduzir à perda de capacidade resistente das tubagens, ou, em consequência da deterioração da borracha das juntas flexíveis, em solos agressivos ou ainda por ter sido utilizado produto de lubrificação incompatível com a borracha na operação de embocamento.

O betão é usado em edifícios, reservatórios e condutas. O problema principal é a fissuração, que pode ter várias origens, entre as quais se destaca a retracção e a ocorrência de assentamentos diferenciais. Este problema tem especial relevância em condutas e reservatórios, por se traduzir em perdas de estanquidade. Nas condutas de betão (armado ou pré-esforçado, com ou sem alma de aço) pode ocorrer fissuração circunferencial do betão de revestimento interior da alma de aço, deficiências de estanquidade nas juntas, deterioração do betão ou corrosão do aço, ou erosão do betão na proximidade das juntas, quando há fugas de água através delas. No caso dos reservatórios, é frequente que a libertação do cloro contido na água provoque degradação das faces interiores das paredes e da cobertura que estão em contacto com a atmosfera, em especial quando a ventilação do reservatório é insuficiente (Figura 2.8).



Fonte: Borda d'Água *et al.*, 2000

**Figura 2.8 – Degradação de reservatórios: (a) junta de betonagem com fissura horizontal; e (b) degradação da laje de cobertura por deficiente recobrimento de armaduras**

As anomalias verificadas nos materiais plásticos não são, em geral, devidas a envelhecimento, mas a causas tais como deficiente qualidade de fabrico, deficiente armazenamento, transporte ou instalação, e acidentes provocados por terceiros (e.g., obras, sobrecargas). As principais causas de envelhecimento decorrem da exposição solar dos componentes durante períodos prolongados, que conduz a quebra de fexibilidade e de resistência dos materiais, e de processos de fadiga associados a grandes variações de pressão devidas a transitórios hidráulicos.

### ***Desgaste e incrustação***

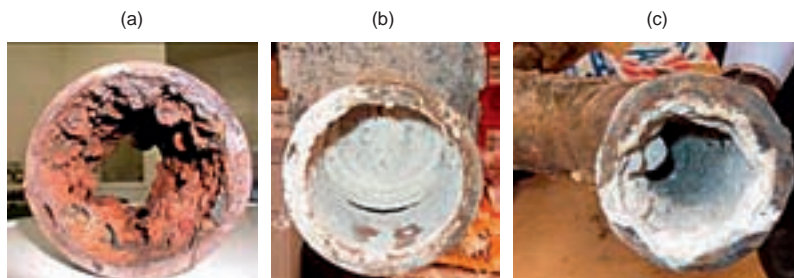
Os componentes sujeitos a desgaste são, essencialmente, os equipamentos mecânicos ou electromecânicos, tais com válvulas, grupos electrobomba e medidores de caudal mecânicos. As condutas de água, tipicamente com baixa concentração de sedimentos, não são sujeitas a desgaste devido ao escoamento. Podem contudo sofrer desgaste significativo se sujeitas a fenómenos de cavitação, sendo também este fenómeno o que mais afecta os equipamentos atrás referidos.

O desgaste afecta principalmente os materiais metálicos e cimentícios, dado que os materiais plásticos quase não são usados em elementos móveis dos equipamentos mecânicos e tendem a romper por deformação excessiva ou pelas juntas de ligação.

A incrustação pode ser devida a deposição de produtos de corrosão, que ocorre em componentes metálicos não protegidos, ou a deposição de substâncias ou espécies químicas existentes na água, que pode ocorrer em qualquer tipo de material. A deposição de produtos de corrosão assume tipicamente a forma de tubérculos isolados ou contínuos (Figura 2.9a). A deposição de espécies químicas depende do tipo de composto precipitado, predominantemente de carbonato de cálcio, e do tipo de material sobre o qual ocorre a deposição.

Em materiais metálicos e cimentícios, os depósitos tendem a criar uma camada de dimensão aproximadamente uniforme em toda a superfície exposta à água (Figura 2.9b,c e Figura 2.10).





**Figura 2.9 – Exemplos de incrustação em condutas de materiais metálicos:**  
**(a) formação de tubérculos em conduta sem revestimento;**  
**(b) formação de camada de carbonato de cálcio;**  
**(c) formação de camada de carbonato de cálcio em conduta com tubérculos isolados**



**Figura 2.10 – Exemplo de incrustação em conduta de (a) material cimentício (fibrocimento) e (b) conduta metálica**

Nos materiais plásticos, caracterizados por uma muito menor rugosidade das superfícies e consequente menor aderência do precipitado, o comportamento é diferente. Tal como nos outros materiais, começam a formar-se camadas sólidas de espessura uniforme, mas que se soltam facilmente por acção do peso próprio ou pelo efeito do escoamento (Figura 2.11a), sendo arrastadas e depositadas a jusante em singularidades ou em zonas de velocidades mais baixas, podendo assumir ou não a forma de massas coesivas (Figura 2.11b,c).



**Figura 2.11 – Exemplos de incrustação em condutas de materiais plástico (o caso do PVC): (a) formação e desagregação de camadas de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ); (b) exemplos de formas de deposição não coesiva de  $\text{CaCO}_3$ ; (c) e (d) exemplos de formas de deposição coesiva de  $\text{CaCO}_3$**

### ***Desatualização tecnológica***

A desatualização tecnológica conducente à necessidade de reabilitação decorre fundamentalmente da obsolescência de equipamentos. Os elementos de construção civil, tais como condutas e reservatórios, não se desatualizam facilmente do ponto de vista tecnológico, a não ser que os conhecimentos disponíveis sobre os materiais utilizados comprovem a sua inadequação para o fim em vista. Estão nesta situação os ramais de chumbo ou as juntas de ligação em chumbo usadas noutros materiais que, por

se saber actualmente que podem conferir elevada toxicidade à água que contêm ou conduzem, requerem substituição (ver Secção 2.4.3). Uma situação distinta ocorre com o fibrocimento, que hoje em dia já não é utilizado por se saber que as fibras de amianto são cancerígenas quando inaladas. Os processos de extracção do amianto, de fabricação de produtos, e de construção ou reparação de obras de fibrocimento apresentam riscos consideráveis para os trabalhadores, tendo caído em desuso. Porém, dado que a ingestão de fibras de amianto não apresenta riscos para a saúde pública, não há necessidade de reabilitação de componentes enterrados que estejam em boas condições físicas e funcionais. Outros materiais, como o ferro cinzento ou o ferro galvanizado, caíram em desuso por haver no mercado alternativas tecnologicamente mais vantajosas, mas a sua substituição é motivada por degradação da condição física ou funcional, e não propriamente por desactualização tecnológica.

A obsolescência de equipamentos prende-se em geral com questões de eficiência ou flexibilidade em termos operacionais ou de manutenção. São exemplos a indisponibilidade no mercado de peças de desgaste, a impossibilidade de inserir equipamentos de medição ou de controlo em sistemas de automação ou de telemetria, a elevada necessidade de mão-de-obra para operação ou manutenção, o baixo rendimento energético ou a insuficiência de modos de operação face às necessidades.

### **2.3.3. Alteração dos objectivos de serviço**

A degradação do desempenho pode ainda dever-se à alteração dos objectivos de serviço, quer em termos das solicitações, quer em termos dos requisitos exigidos.

As solicitações de consumo ou de pressão podem evoluir de forma distinta da que foi prevista na fase de projecto e construção. Aumentos ou reduções muito significativos de consumo podem requerer intervenções de reabilitação de modo a adequar o desempenho do sistema à nova realidade. De um modo geral, traduzem-se em ajuste de capacidade de componentes existentes (e.g., substituição de condutas por outras de diâmetro diferente, construção de nova célula em reservatório existente) ou na construção e instalação de novos componentes (e.g., nova instalação sobrepressora).

Os requisitos de serviço também podem sofrer alteração ao longo dos anos. Em particular, a legislação de qualidade da água tem evoluído, contendo actualmente requisitos que impedem o uso de certos materiais. É este o caso, já referido no ponto anterior,

dos ramais e das juntas de ligação em chumbo, que alteram a qualidade da água não permitindo cumprir os actuais requisitos. Outros requisitos de desempenho que têm vindo a evoluir, sendo hoje em dia mais explícitos e exigentes, prendem-se com a qualidade de serviço aos consumidores (e.g., requisitos relativos à cobertura e continuidade de serviço), com a sustentabilidade das entidades gestoras (e.g., requisitos relativos à taxa de reabilitação de condutas e ramais, frequência de roturas em condutas) e com a sustentabilidade ambiental (e.g., requisitos relativos às perdas de água e à eficiência energética). A entrada em vigor do sistema de avaliação de desempenho da ERSAR, em 2005, constitui um marco relevante neste domínio.

O Exemplo 1 apresenta um caso em que houve alteração dos objectivos de serviço ao longo do tempo, que levou a uma intervenção de reabilitação com instalação de válvulas redutoras de pressão e de condutas.

#### Exemplo 1: Alteração dos requisitos de pressão

**Descrição:** Um antigo bairro clandestino veio progressivamente a ser recuperado e infra-estruturado, embora sejam ainda patentes as marcas de uma construção desordenada. A rede existente estava dividida em dois andares de pressão, cada um abastecido por um reservatório (Figura 2.12).

**Deficiência:** Dada a topografia acidentada do sistema e a altura muito variável do edificado, os requisitos de pressão mínima e máxima actuais não estavam a ser cumpridos em todos os pontos de consumo, ou seja, havia reclamações de falta de pressão por parte de alguns consumidores, e por outro, havia roturas e perdas elevadas em outras áreas por excesso de pressão.

**Solução:** Instalação de um trecho de conduta e de várias válvulas redutoras de pressão, de forma a criar mais patamares de pressão e deste modo garantir uma pressão equilibrada, cumprindo os requisitos máximos e mínimos (Figura 2.13).



Figura 2.12 – Fotografia aérea da área a que se refere o Exemplo 1

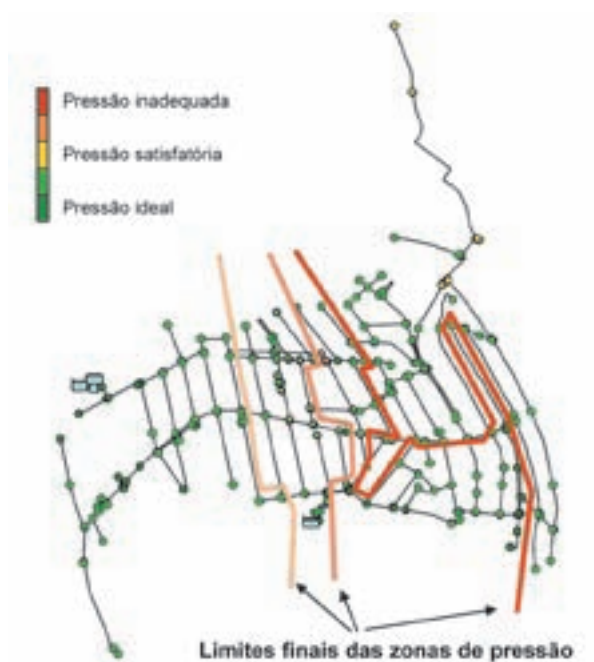


Figura 2.13 – Distribuição de pressões após a intervenção

### 2.3.4. Deficiências de concepção e projecto

Os sistemas de adução e distribuição de água podem apresentar níveis de desempenho insuficientes por deficiências de concepção geral do sistema ou por deficiências de projecto do sistema ou de alguns dos seus componentes.

#### Concepção geral do sistema

Entende-se por deficiências de concepção que motivem intervenções de reabilitação, os erros ao nível da arquitectura, da topologia e do funcionamento geral do sistema. Estes erros podem ter causas variadas, apresentando-se seguidamente algumas das mais correntes:

- visão parcelar do projectista sobre o funcionamento do sistema no seu conjunto (e.g., quando há expansões ou quando há projectistas diferentes a conceber partes distintas);
- deficiente previsão da evolução das solicitações de consumo, de pressão e requisitos de qualidade da água ao longo da vida da obra (e.g., população a servir, consumos não domésticos, capitações, padrões de consumo, usos sem requisitos de potabilidade);
- falta de visão integrada dos problemas que tenha em conta os aspectos hidráulicos, de fiabilidade, ambientais (em particular, de consumo energético e de perdas de água) e económico-financeiros; a concepção baseada em visões parcelares provoca quase sempre deficiências de desempenho das infra-estruturas;
- falta de uma análise baseada no ciclo de vida dos componentes; mais tradicionalmente, a concepção tem por base um cenário único de ponta no horizonte de projecto, não assegurando, muitas vezes, os níveis de serviço necessários durante grande parte da vida útil da obra.

Apresenta-se de seguida dois exemplos ilustrativos. O Exemplo 2 refere-se a uma situação extrema, pouco frequente, mas que aconteceu na realidade e ilustra o resultado de uma visão parcelar sobre o funcionamento do sistema, que teve como consequências um investimento que não se traduziu nos resultados esperados e a necessidade de uma intervenção de reabilitação diferente.

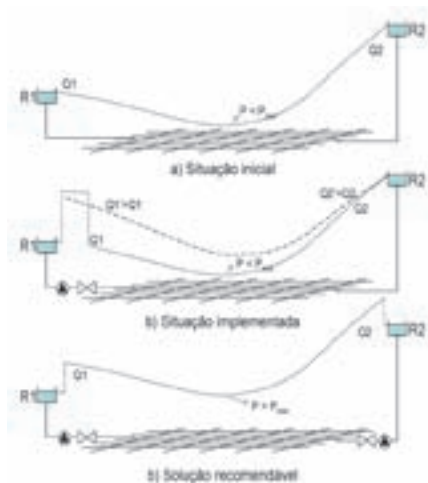


## Exemplo 2: Deficiente concepção de instalação elevatória

**Descrição:** Uma rede de distribuição é abastecida a partir de duas origens de capacidade de produção muito diferente ( $Q1 < Q2$ ), que alimentam dois reservatórios (R1 e R2). Para esta configuração do sistema, e por aumento dos consumos, passou a verificar-se pressão inferior à mínima necessária num sector intermédio da rede de distribuição (Situação inicial). Decidiu-se (incorrectamente) introduzir uma estação elevatória a jusante do reservatório R1 de forma a resolver o problema de pressão insuficiente. No entanto, o caudal proveniente de R1 aumentou para um valor superior à máxima capacidade de produção da origem ( $Q1' > Q1$ ), situação que não foi tida em conta na concepção da solução. Para evitar o esvaziamento de R1, os operadores fecharam parcialmente a válvula a jusante da estação elevatória, por forma a retomar a distribuição inicial de caudais, sem se aperceber que a perda de carga localizada provocada repunha a linha de energia inicial a jusante da válvula (Situação implementada).

**Deficiência:** Visão não integrada do conjunto dos componentes do sistema com determinação da distribuição de caudais pelas origens face às características dos grupos electro-bomba instalados e tentativa de correcção através da operação de uma válvula.

**Solução:** Instalação de duas estações elevatórias, uma a jusante de cada reservatório, projectadas com caudais nominais e alturas manométricas compatíveis com a capacidade das origens e com a pressão mínima exigida na rede (Solução desejável).

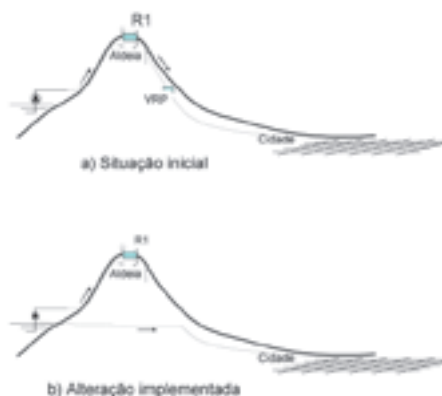


O Exemplo 3 corresponde a mais um caso real em que não houve uma perspectiva integrada do funcionamento do sistema. A solução implementada era muito pouco racional do ponto de vista energético e conduzia ao esvaziamento frequente do reservatório existente. A solução correctiva inicialmente prevista também não iria resolver o problema. A solução alternativa foi a implementada, com sucesso.

### Exemplo 3: Sistema de adução energeticamente ineficiente

**Descrição:** Uma conduta elevatória transporta a água, captada numa albufeira e tratada localmente, para um reservatório localizado no cimo de uma colina. Daí é feito o abastecimento gravítico a uma aldeia próxima e a uma cidade junto ao mar, a cerca de 10 km a jusante, do lado oposto da colina face à albufeira. Dada a diferença de cotas entre o reservatório e a cidade, foi colocada uma válvula redutora de pressão. Verificando-se que o reservatório ficava frequentemente vazio, a entidade gestora consultou uma empresa para projectar a respectiva ampliação.

**Deficiência:** Sistema energeticamente irracional. Grande parte da energia consumida no bombeamento era depois perdida na válvula redutora de pressão. O esvaziamento do reservatório era devido ao curto espaço de tempo necessário para escoar um volume igual ao do reservatório pela conduta gravítica, dado o elevado diâmetro e as grandes diferenças de cotas entre montante e jusante.



**Solução:** Construção de uma conduta circular à colina, para abastecimento gravítico da cidade, sem passar pelo reservatório. Abastecimento por bombeamento apenas da aldeia.

### Projecto do sistema e seus componentes

As principais deficiências de projecto que motivam intervenções de reabilitação contemplam os erros de concepção dos componentes individuais, os erros de dimensionamento, disposições construtivas inadequadas, deficiente escolha de equipamentos e de materiais e acessórios. Apresenta-se seguidamente alguns erros frequentes:

- os erros de concepção dos componentes podem ser muito diversificados; casos típicos são a escolha do tipo e da disposição de equipamento de bombagem e de controlo, a decisão sobre colocação e localização de válvulas de seccionamento, válvulas de descarga, válvulas de controlo de caudal ou de



pressão e de ventosas, a decisão sobre a necessidade de protecção contra o choque hidráulico;

- os erros de dimensionamento podem decorrer da deficiente previsão das solicitações de consumo de água ou de pressão, da adopção de métodos e pressupostos de cálculo inadequados ou de erros de cálculo;
- a inadequação de disposições construtivas pode também abranger um leque muito variado de situações, que incluem, entre outros, aspectos relativos à construção de reservatórios, de caixas de válvulas e de valas, e à instalação de equipamento electromecânico;
- a deficiente escolha de equipamentos e de materiais é uma das causas mais frequentes de degradação precoce dos sistemas; os materiais das condutas, por exemplo, deverão ser seleccionados atendendo, por um lado, às características de cada material e, por outro, às condições hidráulicas de escoamento (principalmente pressão), à qualidade físico-químicas das águas transportadas, à qualidade química dos solos e das águas intersticiais, e às condições geotécnicas, sísmicas e mecânicas; quando a selecção é incorrecta, ocorre um processo de degradação acelerado conducente à necessidade de reabilitação antes de se atingir o fim da vida útil técnica média;
- a deficiente escolha de equipamentos e de materiais pode ainda estar relacionada com a degradação da qualidade da água que estes podem eventualmente provocar por serem inadequados para estar em contacto com água destinada ao consumo humano; em particular, é necessário acautelar a escolha dos materiais de condutas, de juntas e de revestimentos internos, dos produtos de limpeza e desinfecção e dos produtos de lubrificação de equipamentos.

#### Exemplo 4: Deficiente protecção contra o choque hidráulico

**Descrição:** Uma conduta elevatória, em PVC, com cerca de 5500 m de comprimento, diâmetro nominal 315 mm e classe de pressão PN10, ao final de alguns anos de funcionamento, começou a apresentar roturas frequentes, em locais variados ao longo da conduta. O caudal elevado era 65 L/s e a altura de elevação 50 m.

**Deficiência:** O sistema não apresentava qualquer protecção contra o choque hidráulico, situação frequente em Portugal por insuficiente sensibilidade para a importância deste fenómeno. Ao longo de toda a sua vida útil, a conduta foi sujeita a depressões sucessivas devido à paragem normal ou súbita dos grupos electrobomba, que foram fragilizando a conduta constituída por material plástico (deformável). A conduta acabou por romper, por fadiga do material, em zonas localizadas. O tipo de rotura observada tinha uma configuração longitudinal, característica da deformação circunferencial da secção devido à ocorrência de depressões e de sobrepressões (Figura 2.14). Por sua vez, a ocorrência de roturas fragilizava ainda mais a conduta pela variação de pressão induzida e pelo facto de descompactar o subsolo nas zonas de reparação.

**Solução:** Protecção contra o choque hidráulico mediante a instalação de um reservatório hidropneumático com um volume total de 4 m<sup>3</sup> na extremidade de montante da conduta elevatória, imediatamente a jusante dos grupos electrobomba do tipo do apresentado na Figura 2.15. Na Figura 2.17 apresenta-se a variação de pressão ao longo da conduta e na secção crítica imediatamente a jusante dos grupos antes e após a protecção contra o choque hidráulico. Esta figura mostra que, para a situação sem protecção, parte da conduta se encontrava sujeita a depressões.



Figura 2.14 – Roturas longitudinais em condutas de PVC



Figura 2.15 – Reservatório hidropneumático “tipo” utilizado para protecção contra choque hidráulico em condutas elevatórias

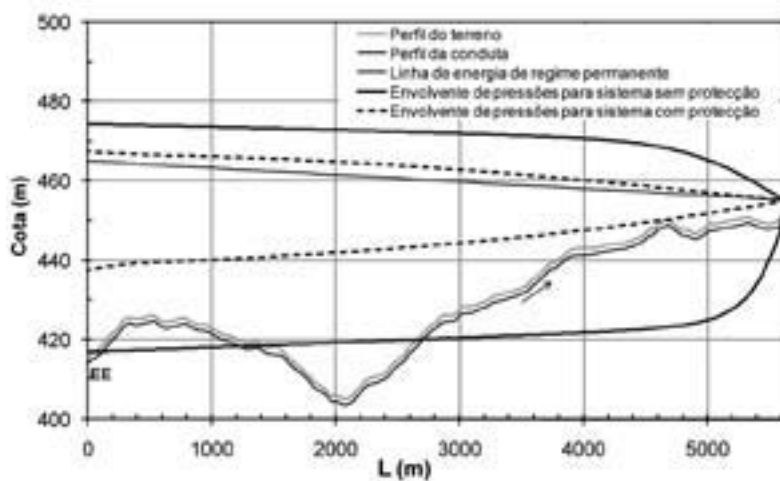
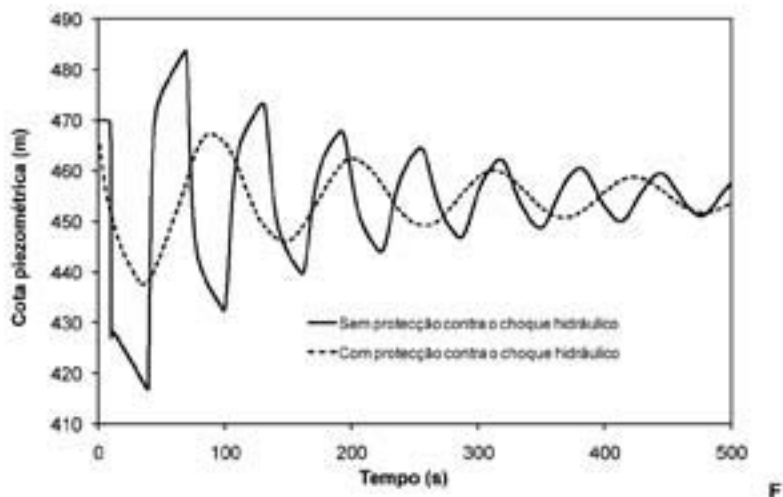


Figura 2.16 – Variação de pressão no sistema elevatório sem e com protecção contra choque hidráulico: envolvente de pressões



**Figura 2.17 – Variação de pressão a jusante dos grupos electrobomba sem e com protecção contra choque hidráulico**

### **2.3.5. Deficiências de construção**

As deficiências de construção estão também frequentemente na origem da necessidade de reabilitação dos sistemas de adução e distribuição de água. Estas deficiências referem-se aos componentes individuais, podendo, eventualmente, ter consequências no desempenho global do sistema. Podem estar associadas à inadequada realização das seguintes etapas do processo de construção civil e de montagem de equipamentos e instalações especiais:

- controlo da qualidade em termos geotécnicos;
- controlo da qualidade dos materiais e dos componentes;
- controlo da qualidade da execução da estrutura e de coberturas e da execução de revestimentos de paredes e de pisos;
- recepção em obra de tubagens;
- armazenamento em obra de tubagens;
- instalação em obra de tubagens;
- montagem de grupos electrobomba, de válvulas, de medidores de caudal, de marcos e bocas de incêndio, de instalações eléctricas e equipamentos de potência, de motores eléctricos e accionamentos, da infra-estrutura de automação, das instalações eléctricas de sinal, da instrumentação;

- ensaios de recepção e comissionamento de grupos electro-bomba, da instrumentação e de instalações especiais.

Exemplos muito comuns incluem a deficiente construção da vala de assentamento das condutas (e.g., deficiente camada de assentamento, uso de materiais de enchimento inadequados ou compactação deficiente das diferentes camadas), deficiente construção ou montagem das juntas, uso de materiais ou componentes pré-fabricados com características diferentes das especificadas em projecto (Figura 2.18), deficiente construção ou montagem *in situ* das diferentes partes do componente e alterações feitas ao projecto (não devidamente justificadas e fundamentadas), deficiente execução de protecção catódica das condutas metálicas, ou ainda o inadequado manuseamento e protecção dos materiais durante a realização da obra (Figura 2.19).

Não existem soluções construtivas universais. Contudo, o respeito pelo projecto, incluindo pelas especificações do caderno de encargos, o acompanhamento eficaz da obra e a realização de ensaios de controlo de qualidade são essenciais para mitigar a ocorrência de deficiências construtivas dos componentes do sistema.

Salienta-se que muitos dos erros construtivos não se evidenciam no início de exploração, fazendo-se sentir apenas a médio ou a longo prazo.

Descrevem-se três situações de roturas em condutas decorrentes de erros de construção.



Fonte: Borda d'Água *et al.*, 2000

**Figura 2.18 – Deficiente ligação parede laje de fundo de reservatório (paredes pré-fabricadas e pré-esforçadas)**



**Figura 2.19 – (a) Instalação de condutas de polietileno: (b) Conduta com rasgo longitudinal decorrente dos trabalhos de montagem**

O primeiro caso refere-se a uma rotura ocorrida numa conduta de fibrocimento devido ao abatimento do pavimento na sequência de um período com chuvas intensas. Verificou-se que existiam pedras em contacto com a conduta, não tendo sido respeitado a boa prática de recobrimento desta com uma camada de 20 cm de areia, saibro ou de material da própria vala, isento de pedras ou torrões, bem compactado. Muito possivelmente, a compressão de uma destas pedras sobre a conduta abriu um orifício na mesma, originando uma pequena fuga que foi lixiviando o solo até que a conduta acabou por abater (Figura 2.20).

O segundo caso corresponde também a uma situação de deficiente execução da camada de protecção das condutas, similar ao caso anterior mas numa conduta de polietileno. A camada de aterro em contacto com a tubagem foi executada com materiais que incluem pedras e objectos de faces cortantes que provocaram o corte da tubagem de polietileno, dando origem a uma rotura (Figura 2.21).

O terceiro caso trata-se de uma rotura ocorrida numa junta Gibault de uma conduta de fibrocimento, onde não foram respeitados os valores máximos admissíveis para a deflexão angular nem os afastamentos axiais entre topos contíguos e a conduta acabou por partir na junta de ligação. São exemplos de outros erros de montagem o posicionamento incorrecto do cordão de borracha ou a sua desinserção da respectiva ranhura aquando da operação de encaixe macho-fêmea, bem como a abertura das juntas nas zonas convexas das curvas desenvolvidas com raio inferior ao admissível.





**Figura 2.20 – Rotura em conduta: (a) abatimento do pavimento; (b) conduta após reparação; (c) fragmento de conduta; (d) orifício provocado por uma pedra**



**Figura 2.21 – Rotura em conduta de polietileno: (a) lesões na parede de conduta; (b) materiais sobranes da escavação incluindo pedras e objectos de faces cortantes**

### 2.3.6. Deficiências de materiais e de equipamentos

Os materiais e os equipamentos podem apresentar uma condição ou um desempenho insatisfatório por deficiência de concepção, de projecto, de construção, de operação ou de manutenção, ou ainda por degradação do material com o uso, por causas internas ou externas – referidas nos pontos anteriores ou seguintes deste capítulo.

Podem ainda apresentar mau desempenho por razões inerentes às matérias-primas utilizadas e aos processos fabris, que se evidencia a curto e médio prazo, durante a fase de exploração, e que pode ser devido:

- à má qualidade das matérias-primas utilizadas (e.g., má qualidade das colas ou da borracha que constituem as anilhas de estanquidade);
- a deficiências no processo de fabrico ou montagem em fábrica do componente ou dos elementos constituintes (e.g., não homogeneidade de características de alguns materiais plásticos devida a deficiente controlo do processo de extrusão, ou deficiência de montagem de grupos electrobomba ou de válvulas);
- a problemas não detectados, causados durante o armazenamento e transporte (e.g., exposição solar prolongada de materiais plásticos – cf. Figura 2.22).



**Figura 2.22 – Armazenamento de condutas de plástico sem protecção (necessária se for por período prolongado)**

Este tipo de deficiências pode ser minimizado com um controlo de recepção rigoroso na obra, com vista a avaliar a conformidade dos materiais e dos componentes com as especificações técnicas do caderno de encargos, bem como com exigências acrescidas relativas aos processos de fabrico (através da exigência de certificação ou de visitas à fábrica para verificação dos procedimentos de produção adoptados).



### 2.3.7. Deficiências de operação

As deficiências de operação dos sistemas, indutoras da necessidade de reabilitação, podem estar associadas quer a erros sistemáticos (e.g., incorrecta gestão de pressões, uso de válvulas de seccionamento para controlo de caudal) quer a erros acidentais (e.g., incorrectas manobras de abertura ou fechamento de válvulas ou de enchimento de condutas, potencialmente causadoras de choque hidráulico), ou ainda à necessidade de aumentar a eficiência (e.g., reduzir o consumo de energia eléctrica ou as perdas de água) ou a eficácia do serviço (e.g., garantir pressões de conforto em toda a rede).

Estas deficiências estão tipicamente associadas a:

- inexistência ou incumprimento de um programa actualizado de operação do sistema, aplicável em situação normal de funcionamento e em situação de emergência;
- inexistência ou incumprimento de um programa actualizado de avaliação do desempenho operacional do sistema;
- inexistência ou incumprimento de um programa actualizado de formação dos recursos humanos afectos à operação;
- inexistência ou incumprimento de um programa de uso racional de energia (na perspectiva do modo de operação);
- inexistência de registos cadastrais actualizados de todas as infra-estruturas e instalações de forma a apoiar a operação do sistema.

A Figura 2.23 apresenta a rotura numa válvula de retenção decorrente de um erro acidental devido à incorrecta operação do sistema.



**Figura 2.23 – Rotura numa válvula de retenção**

### 2.3.8. Deficiências de manutenção

Sempre que o sistema não é objecto de uma adequada manutenção, ocorre uma degradação mais acentuada da sua condição física e consequente redução do nível de desempenho.

A manutenção pode ser classificada em três tipos principais:

- **manutenção curativa ou reactiva** (acções de reparação de anomalias);
- **manutenção preventiva sistemática** (acções periódicas de manutenção);
- **manutenção preventiva condicionada** (acções periódicas de vistoria ao material e eventual acção de manutenção).

A manutenção condicionada é, de uma forma geral, preferível relativamente aos outros dois tipos. A manutenção curativa pressupõe a prévia ocorrência de uma falha, com as correspondentes consequências em termos do serviço prestado, perturbações causadas a terceiros e necessidade de realização de acções não programadas. A manutenção preventiva sistemática resolve os problemas referidos, mas pode envolver a realização de intervenções desnecessárias, com o consequente desperdício de recursos materiais e humanos.

É fácil aplicar procedimentos de manutenção condicionada a componentes visíveis (e.g., reservatórios ou edifícios de estações elevatórias). É também viável e prática corrente a aplicação de manutenção condicionada a equipamentos electromecânicos, através da observação visual combinada com medição de parâmetros indicadores (e.g., nível de vibrações ou rendimentos de bombas e de motores).

A manutenção sistemática é a mais indicada para situações onde a avaliação da condição não é fácil ou é mais onerosa do que a intervenção que dela pode resultar (e.g., fechamento e abertura periódica de válvulas de seccionamento ou lubrificação de equipamentos electromecânicos, substituição de empanques de válvulas ou limpeza de ventosas – Figura 2.24 e Figura 2.25).

Uma política de manutenção adequada resulta, habitualmente, da combinação destes três tipos de manutenção. Por exemplo, para componentes cuja falha seja pouco relevante para o serviço prestado, pode ser preferível optar por manutenção curativa; para componentes críticos do sistema é mais importante assegurar procedimentos de manutenção preventiva condicionada. A decisão do modo de manutenção deverá resultar de um balanço entre o custo e a qualidade de serviço associados.



**Figura 2.24 – Fugas em juntas de ligação de válvulas de descarga decorrentes da deficiente manutenção do equipamento**



**Figura 2.25 – Deficiente manutenção de ventosas**

A manutenção curativa é inevitável sempre que ocorrem falhas, o que pode acontecer mesmo quando existem programas de manutenção preventiva.

No caso das condutas, as formas mais comuns de manutenção são a condicionada (e.g., controlo activo de perdas reais) e a curativa (reparação após rotura visível).

As principais deficiências de manutenção dos sistemas indutoras da necessidade de reabilitação resultam de:

- inexistência ou incumprimento de um programa actualizado de manutenção do sistema que inclua a inspecção, a manutenção corrente e a reparação;
- inexistência ou incumprimento de um programa actualizado de formação dos recursos humanos afectos à manutenção;

- inexistência ou incumprimento de um programa de controlo activo de perdas de água;
- inexistência ou incumprimento de um programa de uso racional de energia (na perspectiva da manutenção dos equipamentos);
- inexistência de registos actualizados dos dados relevantes relativos à inspecção, à manutenção corrente, à reparação e à reabilitação do sistema desagregado por componente;
- inexistência ou deficiência de protecção das zonas de captação, monitorização da qualidade da água na origem, inspecção, manutenção corrente, reparações ou reabilitação de captações;
- inexistência ou deficiência de procedimentos de inspecção, manutenção corrente, reparações ou reabilitação de instalações elevatórias, de reservatórios, de adutores e de redes de distribuição;
- inexistência ou deficiência de procedimentos de inspecção, manutenção corrente e reparação de tubagens, de válvulas, de medidores de caudal e contadores, de marcos e bocas de incêndio, de bombas hidráulicas, de equipamentos eléctricos de potência, de infra-estruturas de automação e de instrumentação.

### **2.3.9. Causas externas**

As principais causas externas de degradação são:

- danos provocados por obras em estruturas adjacentes ou em outras infra-estruturas, quer por destruição acidental do componente, por passagem ou colocação temporária de carga excessiva (e.g., equipamento pesado), quer por alterações das condições geotécnicas locais (e.g., condições de compactação ou de assentamento do terreno envolvente, nível freático);
- ocorrência de sismos, que podem destruir de imediato o componente ou acelerar o processo de degradação (e.g., fissuração, fragilização de ligações);
- alterações das condições do terreno (e.g., ocorrência de deslizamentos do terreno, ocorrência de abatimentos devidos à criação de cavidades na fundação do componente);
- ocorrência de sobrecargas estáticas ou passagem de sobrecargas dinâmicas, não previsíveis em projecto (e.g., construção de aterros sobre o componente, passagem de cargas rolantes excepcionais, esforços devidos a raízes de árvores);

- ocorrência de fenómenos hidrológicos excepcionais (e.g., inundações de estações elevatórias, arrastamento de componentes devido a cheias, deslizamentos de taludes.

Os componentes de materiais diferentes são afectados de modo diferente. O fibrocimento, por exemplo, apresenta relativa fragilidade mecânica e maior susceptibilidade aos agentes agressivos que provocam lixiviação, ataque ácido ou reacções expansivas, o que o torna mais vulnerável a causas externas. É muito frequente a ocorrência de fracturas em condutas de fibrocimento devidas a movimentos dos solos ou a aumentos das cargas externas resultantes do tráfego viário e das raízes de árvores.

### 2.3.10. Síntese das principais motivações da necessidade de reabilitação em função do tipo de componente

Apresenta-se no Quadro 2.3 a síntese das principais motivações da necessidade de reabilitação em função do tipo de componente.

**Quadro 2.3 – Relação entre o tipo de componente e as principais motivações da necessidade de reabilitação**

Motivações da necessidade de reabilitação	Envelhecimento natural dos componentes	Alteração dos objectivos de serviço	Deficiências de concepção e projecto	Deficiências de construção	Deficiências de materiais e de equipamentos	Deficiências de operação	Deficiências de manutenção	Causas externas
Tipo de componente								
<b>Construção civil</b>								
Edifícios e reservatórios	+++	++	+	++	+	+	++	+
Condutas	+++	+	++	++	+	+	+	++
<b>Equipamento</b>								
Grupos electrobombas	+++	++	+	+	+	+	++	+
Válvulas	+++	+	+	+	+	+	+++	+
Equipamento eléctrico	+++	+	+	+	+	+	++	+
Equipamento de controlo	+++	+	++	+	+	+	++	+

Legenda: + causa pouco frequente; ++ causa frequente; +++ causa muito frequente.

## **2.4. Principais tipos de consequências de um reabilitação insuficiente ou inadequada**

### **2.4.1. Dimensões de análise das consequências**

As consequências de uma reabilitação insuficiente ou inadequada dos sistemas de adução e distribuição de água fazem-se sentir em termos da degradação do desempenho do sistema. Esta degradação de desempenho pode ser avaliada segundo diferentes pontos de vista ou dimensões, podendo distinguir-se as dimensões técnica, de saúde pública e segurança, económico-financeira, ambiental e social. Tradicionalmente, apenas os aspectos técnicos e económico-financeiros tendem a ser analisados.

### **2.4.2. Dimensão técnica**

A dimensão técnica integra os aspectos associados ao funcionamento dos sistemas que podem ser de natureza hidráulica, estrutural, operacional e de manutenção.

Em termos hidráulicos, o desempenho inadequado está associado à insuficiente capacidade de componentes individuais (*e.g.*, falta de capacidade de transporte das condutas, falta de capacidade bombeamento de estações elevatórias e falta de capacidade armazenamento de reservatórios) ou à inadequação da capacidade do sistema no seu todo. Traduz-se na não satisfação das necessidades de serviço em termos de consumo e de pressão, em situação normal de funcionamento ou em situação de emergência (*i.e.*, incêndio ou avaria).

Em termos estruturais, o desempenho inadequado dos sistemas corresponde a uma insuficiente resistência mecânica dos componentes às acções internas e externas a que está sujeito, que o pode levar à falha parcial ou total (colapso), ou à ocorrência de anomalias que potenciam a degradação dos materiais da estrutura (*e.g.*, fissuras, degradação superficial, corrosão de armaduras). Traduz-se na redução da fiabilidade do sistema e dos seus componentes, com a ocorrência de um maior número de avarias, de interrupções de abastecimento de água e de um aumento de perdas reais.

Em termos operacionais, o desempenho inadequado está associado a ineficiências das actividades de operação que se traduzem principalmente em maiores custos e menor fiabilidade do serviço prestado. Se os sistemas não forem reabilitados de forma a flexibilizar o modo de operação e a serem actualizados tecnologicamente, as consequências são a ineficiência no uso da água e de

energia, a ineficiência no uso dos recursos humanos e a quebra de conforto para os consumidores.

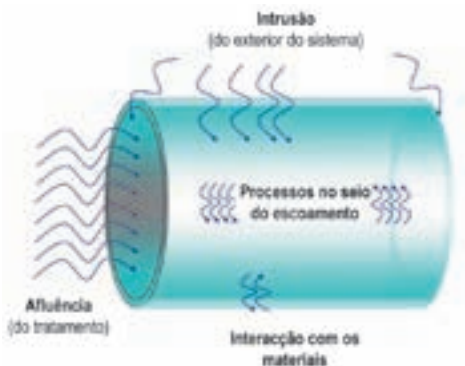
Finalmente, em termos de manutenção, o desempenho inadequado corresponde a actividades de manutenção inadequadas ou ineficientemente exercidas, que se traduzem, tal como no caso da operação, em maiores custos e menor fiabilidade do serviço prestado. Por exemplo, a ocorrência de mais avarias decorrentes de práticas de manutenção inadequadas provoca perturbações que obrigam a procedimentos de emergência não planeados e, por isso, associadas a menor produtividade da entidades gestoras, que se reflectem negativamente na qualidade do serviço prestado ao consumidor. Um exemplo corrente de ineficiência de manutenção é o uso de componentes para os quais deixem de existir no mercado materiais e peças de substituição para proceder a eventuais reparações, aumentando desta forma o tempo de reparação, que afecta o serviço ao consumidor.

#### **2.4.3. Dimensão de saúde pública e segurança**

As duas principais consequências da reabilitação insuficiente ou inadequada em termos de saúde pública e segurança de pessoas e bens prendem-se com riscos acrescidos decorrentes da degradação da qualidade da água fornecida aos consumidores e de acidentes provocados por roturas.

##### ***Risco para a saúde pública decorrente da degradação da qualidade da água***

A degradação de qualidade da água com risco para a saúde pública pode resultar da qualidade da água af uente, da interacção com o material ou com o revestimento do componente, ou da intrusão de água contaminante com origem externa, por falta de estanquidade dos componentes (Figura 2.26).



**Figura 2.26 – Possíveis origens de degradação de qualidade da água**



Uma situação muito comum de degradação da qualidade da água, com grave risco para a saúde pública decorre da presença de chumbo. O uso de chumbo em condutas e acessórios em sistemas de distribuição de água foi prática corrente desde o século XIX até a um passado recente, sendo hoje conhecidos os problemas para a saúde causados pela ingestão deste elemento (e.g., indisposição, envenenamento, malformações do feto na gestação, aumento da mortalidade infantil) (Troesken, 2003, 2006). Assim, os sistemas mais antigos, onde existam elementos de chumbo em contacto com a água, constituem uma ameaça para a saúde pública. Por outro lado, a ocorrência de coloração da água devida à corrosão dos materiais ferrosos não constitui um perigo directo para a saúde humana. Contudo, constitui um perigo indirecto dado que desincentiva o consumo da água da rede pública, propiciando por vezes o recurso a origens de água de qualidade não controlada para consumo humano.

A contaminação da água com origem externa decorre da falta de estanquidade dos sistemas. Os pontos onde existem fugas são potenciais fontes de contaminação da água fornecida aos consumidores. Se a probabilidade de contaminação é baixa quando as pressões internas em todo o sistema são superiores às externas, o mesmo não acontece sempre que há necessidade de esvaziar uma parte do sistema por qualquer razão, ou quando ocorrem outras situações que conduzam a pressões internas inferiores às externas (e.g., depressões em regime transitório). Nestas circunstâncias a pressão interna baixa e a probabilidade de ocorrência de contaminações aumenta substancialmente (Alegre *et al.*, 2005).

### ***Risco para a segurança decorrente de acidentes provocados por roturas***

Em termos de segurança, o desempenho inadequado dos sistemas traduz-se numa maior probabilidade de ocorrência de acidentes provocados por roturas em condutas e avarias em equipamentos. Estas roturas podem provocar danos em pessoas e bens por abatimento do terreno ou por inundações (Figura 2.27), podendo até provocar vítimas mortais.





**Figura 2.27 – Danos diversos provocados por roturas**

#### **2.4.4. Dimensão económico-financeira**

A degradação do desempenho do sistema de adução e de distribuição ou de alguns dos seus componentes traduz-se nas seguintes consequências do ponto de vista económico-financeiro:

- redução do valor residual do sistema e aumento dos custos futuros de investimento em reabilitação devido à diminuição da vida útil das infra-estruturas e equipamentos;
- agravamento de custos tangíveis de exploração do sistema (custos operacionais) nas actividades de operação e nas actividades de manutenção;
- penalizações decorrentes da redução da qualidade de serviço prestado;
- custos intangíveis e externalidades para a entidade gestora.

Seguidamente, faz-se uma descrição das consequências referidas.

#### ***Agravamento dos custos de investimento em reabilitação***

Através das boas práticas de reabilitação, é possível aumentar a vida útil dos diversos componentes do sistema e evitar uma depreciação de um bem (o sistema) cuja função terá de ser garantida (o serviço de abastecimento de água) e que, no futuro, terá de ser parcial ou totalmente repostos. Neste contexto, a degradação do desempenho traduz-se na desvalorização acelerada do sistema, à redução do seu valor residual e ao aumento dos custos potenciais futuros para a sua reabilitação.

Refira-se, por exemplo, que, para manter as novas infra-estruturas construídas no âmbito do PEAASAR<sup>1</sup> I e a construir no PEAASAR II, num valor total de 8000 a 9000 M€, é necessário contar, a longo prazo, com um investimento anual da ordem dos 300 M€ em reabilitação (admitindo uma vida útil média dos componentes igual a 30 anos) (Despacho n.º 2339/2007, de 14 de Fevereiro de 2007). Se vierem a ser adoptadas boas práticas de reabilitação conducentes a um aumento médio da vida útil dos componentes em 25%, o benefício potencial correspondente será de 50 M€/ano.

### ***Agravamento de custos operacionais***

A um desempenho inadequado corresponde um aumento dos custos tangíveis de exploração do sistema, não só em termos de custos de operação e manutenção relativos à reparação de avarias, mas também em termos de custos de tratamento devidos à degradação de qualidade da água, custos decorrentes do aumento do consumo de energia e custos associados ao volume de água perdida (perdas reais) (ver Secção 9.9.2). De referir que as perdas reais correspondem à água que não é facturada nem utilizada para outros usos, mas que é captada, tratada e transportada, com os correspondentes custos de produção.

Relativamente a avarias, a entidade gestora poderá ter, em alguns casos, custos adicionais decorrentes do pagamento de indemnizações a terceiros devidos à ocorrência de acidentes ou agravamento de prémios de seguro.

### ***Penalizações decorrentes da redução da qualidade de serviço prestado***

Práticas de reabilitação inadequadas resultam numa redução da qualidade de serviço prestado pela entidade gestora. Esta redução pode traduzir-se no incumprimento de obrigações contratuais (i.e., compromissos de serviço no âmbito de contratos de concessão ou de regulamentos de serviço), legais ou regulamentares, donde podem decorrer sanções (custos tangíveis) para a entidade gestora. Refiram-se, por exemplo, eventuais sanções associadas à interrupção do serviço de abastecimento.

### ***Custos intangíveis e externalidades***

Os custos deverão não só incluir os custos tangíveis para a entidade gestora (muitas vezes também designados por custos directos)

---

<sup>1</sup> PEAASAR: Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

atrás referidos, mas também os custos intangíveis (muitas vezes também designados por custos indirectos) associados aos danos causados à imagem da entidade gestora e as externalidades (*i.e.*, custos para consumidores e terceiros) (ver Secção 9.9.2). Os custos intangíveis e externalidades deverão incluir a valorização económica relativa à dimensão de saúde pública e segurança, à dimensão ambiental e à dimensão social.

#### 2.4.5. Dimensão ambiental

As crescentes preocupações com o meio ambiente associadas ao efeito de estufa, à redução da camada de ozono e à exploração exaustiva de recursos naturais (*e.g.*, combustíveis fósseis e água própria para consumo humano) levam a que a dimensão ambiental seja considerada em todas as decisões técnicas e políticas. De um ponto de vista ambiental, o desempenho inadequado dos sistemas de adução e de distribuição traduz-se nos seguintes aspectos:

- utilização ineficiente dos recursos hídricos;
- utilização ineficiente dos recursos energéticos;
- impactes ambientais negativos devidos a obras;
- gestão inadequada de resíduos produzidos.

Em termos de recursos hídricos, o desempenho inadequado traduz-se numa maior frequência de avarias e num maior número de fugas em condutas e ramais, e, conseqüentemente, no aumento do volume de água perdida (perdas reais). As perdas de água são uma das formas de uso ineficiente da água, tanto em termos do recurso hídrico natural (escasso) como da água potável (tratada).

Em termos do consumo energético, o desempenho inadequado reflecte-se num aumento do consumo de energia devido ao aumento das perdas de água e à redução da eficiência ou da capacidade de alguns componentes. Ao volume de perdas de água está associado, necessariamente, um consumo de energia, quer no processo de tratamento, quer no bombeamento na captação, no transporte e na distribuição. Por outro lado, os sistemas mais antigos e sem reabilitação podem apresentar uma inadequação da capacidade de transporte (*e.g.*, redução da secção útil das condutas com elevado grau de incrustação ou corrosão) e de bombeamento (*e.g.*, baixo rendimento dos grupos electrobomba) com o inerente aumento do consumo da energia. Por sua vez, ao consumo de energia, grande parte com origem nos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), está associada a emissão de gases poluentes para a atmosfera (avaliado pela *carbon footprint*) e aumento do efeito de estufa (aquecimento global).

Em termos de impactes ambientais, qualquer intervenção de manutenção curativa (e.g., reparação de uma avaria numa conduta) decorrente de uma degradação do desempenho, dada a sua natureza de obra não programada, terá maiores impactes no meio ambiente e uma pior integração ambiental do espaço de intervenção, causando mais perturbações no meio do que uma intervenção de reabilitação planeada.

Finalmente, qualquer obra de reabilitação resulta na produção inevitável de resíduos. Neste contexto, intervenções não planeadas muito frequentes e não coordenadas com obras em outras infra-estruturas poderão resultar numa gestão menos adequada dos resíduos produzidos.

#### 2.4.6. Dimensão social

Um desempenho inadequado corresponde, naturalmente, à degradação da qualidade do serviço prestado aos consumidores e a perturbações causadas a terceiros. A ocorrência de avarias e a interrupção do abastecimento, para além dos custos tangíveis e intangíveis para a entidade gestora, traduzem-se também em custos sociais associados às perturbações causadas aos consumidores afectados pela interrupção do serviço e a terceiros (ver Secção 9.9.2). Refira-se, por exemplo, os prejuízos provocados a comerciantes em locais com obras em curso (redução de vendas), os custos de interrupção do serviço de outras infra-estruturas, os custos de atrasos provocados pela circulação do trânsito em locais com obras em curso, ou os custos para terceiros associados a acidentes decorrentes de avarias.

### 2.5. Causas e sintomas primários associados aos principais tipos de anomalia

A deterioração do sistema no seu todo ou de alguns dos seus componentes, por efeito de diferentes **causas**, corresponde à alteração do seu estado ou condição que conduza à ocorrência de **anomalias** (*redução do desempenho previsto*). Por sua vez, os **sintomas** constituem evidências desta degradação ou deterioração. Assim, o diagnóstico do sistema (entendido como *a interpretação dos sintomas*) é essencial para a detecção das anomalias. Por outro lado, o conhecimento das **causas** é essencial no processo de reabilitação, pois permite não só adequar a intervenção correctiva, mas também localizar anomalias idênticas e precaver ocorrências futuras (ver conceitos na Secção 2.2.4).

Na secção 2.2.2 identifica-se a natureza das **anomalias** de funcionamento do sistema (hidráulicas, estruturais, de qualidade da água e de operação e manutenção) que originam a necessidade

de reabilitação. No subcapítulo 2.3 apresentaram-se as principais motivações da necessidade de reabilitação, associadas a **causas** diversas, e com as consequências na degradação do desempenho do serviço prestado por estas infra-estruturas que constam do subcapítulo 2.4.

Nos quadros seguintes (Quadro 2.4 a Quadro 2.7), apresenta-se exemplos da relação entre **causas** e **sintomas** tipicamente relacionados com **anomalias** ou reduções do desempenho, organizadas em função da natureza da anomalia do sistema ou do serviço prestado, (*i.e.*, anomalias de natureza estrutural, hidráulica, de qualidade da água ou de operação e manutenção).

**Quadro 2.4 – Causas e sintomas associados a anomalias estruturais**

<b>Anomalia</b>	<b>Sintomas primários</b>	<b>Causas primárias</b>
<b>Falta de estanquidade</b> (fissuras ou orifícios)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Volume de perda de água elevado</li> <li>▪ Roturas frequentes</li> <li>▪ Aforamento de água à superfície do solo ou em caixas de válvulas</li> <li>▪ Crescimento anormal de vegetação</li> <li>▪ Vestígios de escorrências (e.g., paredes de reservatórios)</li> <li>▪ Fissuras (e.g., superfícies internas ou externas das paredes de reservatórios)</li> <li>▪ Ruído decorrente de fuga ou de falta de estanquidade de válvulas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pressão interna excessiva</li> <li>▪ Sobrecargas excessivas</li> <li>▪ Assentamentos diferenciais</li> <li>▪ Desgaste mecânico</li> <li>▪ Danos devidos ao transporte, armazenamento, assentamento, manuseamento</li> <li>▪ Instalação deficiente em vala ou construção deficiente de estruturas de betão armado</li> <li>▪ Intervenções no subsolo</li> <li>▪ Danos provocados por terceiros</li> <li>▪ Corrosão ou lixiviação dos materiais</li> <li>▪ Deslizamento de taludes</li> <li>▪ Sismos</li> </ul>
<b>Perda de resistência estrutural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Volume de perdas de água elevado</li> <li>▪ Roturas frequentes</li> <li>▪ Fissuras</li> <li>▪ Redução da espessura do componente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incorreções de projecto e construção (e.g., inadequada selecção de materiais; inadequada construção de fundações e de valas; protecção inadequada contra a corrosão)</li> <li>▪ Desgaste mecânico (ocorrência de cavitação, desgaste de elementos móveis)</li> <li>▪ Corrosão ou lixiviação dos materiais</li> <li>▪ Cargas excessivas</li> <li>▪ Intervenções no subsolo</li> <li>▪ Danos provocados por terceiros</li> <li>▪ Deslizamento de taludes</li> <li>▪ Sismos</li> </ul>

**Quadro 2.5 – Causas e sintomas associados a anomalias hidráulicas**

<b>Anomalia</b>	<b>Sintomas primários</b>	<b>Causas primárias</b>
<b>Insuficiente capacidade de transporte</b> (condutas ou grupos electrobomba)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pressão inferior à mínima requerida</li> <li>▪ Reclamações por falta de pressão.</li> <li>▪ Flutuações de pressão superiores às máximas admissíveis</li> <li>▪ Incapacidade para garantir o caudal de incêndio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incorreções de planeamento, de projecto ou de construção</li> <li>▪ Alteração das condições de exploração</li> <li>▪ Alteração das solicitações</li> <li>▪ Redução da secção do componente ou aumento da rugosidade (depósitos e incrustações)</li> <li>▪ Obstáculos ao escoamento (válvulas inadvertidamente fechadas, raízes, outras obstruções acidentais)</li> <li>▪ Intervenções temporárias no sistema</li> </ul>
<b>Insuficiente capacidade de armazenamento</b> (reservatórios)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interrupção do abastecimento</li> <li>▪ Reclamações</li> <li>▪ Esvaziamento acelerado do reservatório</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incorreções de planeamento, projecto, construção</li> <li>▪ Alteração das condições de exploração</li> <li>▪ Alteração das solicitações</li> <li>▪ Desactivação de outros reservatórios</li> </ul>
<b>Velocidade muito baixa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reclamações associadas a qualidade da água (turvação e sabor devido à deposição e arrastamento de sedimentos)</li> <li>▪ Baixas concentrações de cloro residual em zonas terminais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incorreções de planeamento e projecto</li> <li>▪ Sobredimensionamento para cumprimento de requisitos regulamentares para a situação de incêndio</li> <li>▪ Redução das solicitações de consumo</li> <li>▪ Alteração das condições de exploração</li> </ul>
<b>Velocidade excessiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desgaste acelerado dos materiais</li> <li>▪ Rotura/colapso</li> <li>▪ Fissuras</li> <li>▪ Períodos de bombagem curtos entre cada arranque e paragem de grupos hidropressores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incorreções de planeamento, projecto, construção</li> <li>▪ Alteração das condições de exploração</li> <li>▪ Alteração das solicitações</li> <li>▪ Sobredimensionamento de grupos sobrepressores</li> </ul>

**Quadro 2.6 – Causas e sintomas associados a anomalias de qualidade da água**

<b>Anomalia</b>	<b>Sintomas primários</b>	<b>Causas primárias</b>
<b>Degradação da qualidade da água devido à entrada de poluentes no sistema</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parâmetros físico-químicos ou microbiológicos da água superiores aos máximos admissíveis</li> <li>▪ Problemas de turvação, cor e sabor</li> <li>▪ Reclamações associadas a qualidade da água</li> <li>▪ Baixas concentrações de cloro residual em zonas terminais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incorreções no planeamento, projecto, construção</li> <li>▪ Todas as causas associadas à falta de estanquidade (cf. Quadro 2.4)</li> </ul>
<b>Degradação da qualidade da água devido ao contacto com os materiais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Problemas de turvação, cor e sabor</li> <li>▪ Parâmetros físico-químicos da água superiores aos máximos admissíveis</li> <li>▪ Reclamações associadas a qualidade da água</li> <li>▪ Problemas na saúde dos consumidores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso de materiais inadequados</li> <li>▪ Degradação dos materiais</li> </ul>
<b>Degradação da qualidade da água no seio do escoamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Problemas de cheiro e sabor</li> <li>▪ Baixas concentrações de cloro residual em zonas terminais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alteração das solicitações</li> <li>▪ Alteração das condições de exploração</li> <li>▪ Alteração da origem ou das características físico-químicas da água</li> </ul>

**Quadro 2.7 – Causas e sintomas associados a anomalias de operação e manutenção**

<b>Anomalia</b>	<b>Sintomas primários</b>	<b>Causas primárias</b>
<b>Ineficiência/degradação da operação e manutenção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tempos de reparação elevados</li> <li>▪ Períodos de interrupção elevados</li> <li>▪ Custos operacionais elevados (pessoal e materiais)</li> <li>▪ Volume de perdas de água elevado</li> <li>▪ Consumos energéticos elevados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incorreções no planeamento, projecto, construção</li> <li>▪ Inadequado estabelecimento de andares de pressão, de zonas de medição e controlo e de zonas de controlo de pressões</li> <li>▪ Inadequado número, localização ou manutenção de válvulas de manobra</li> <li>▪ Uso de equipamentos de bombagem pouco eficientes</li> <li>▪ Falta de padronização de equipamentos e de materiais que permitam tornar eficientes os procedimentos de reparação</li> <li>▪ Falta de automatização dos controlos do sistema</li> <li>▪ Falta de monitorização de caudais e de níveis</li> </ul>
<b>Insuficiência de fiabilidade do serviço</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interrupções frequentes</li> <li>▪ Interrupções prolongadas</li> <li>▪ Reclamações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incorreções no planeamento, projecto, construção (e.g., falta de redundância, insuficiente capacidade de reserva ou sua inadequada localização)</li> <li>▪ Alteração das condições de exploração</li> <li>▪ Alteração das solicitações</li> <li>▪ Inadequado estabelecimento de andares de pressão, de zonas de medição e controlo e de zonas de controlo de pressões</li> <li>▪ Inadequado número, localização ou manutenção de válvulas de manobra</li> <li>▪ Falta de padronização de equipamentos e de materiais que permitam tornar eficientes os procedimentos de reparação</li> </ul>



## **3. GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRA-ESTRUTURAS NO CONTEXTO DA GESTÃO TÉCNICA**

### **3.1. Nota introdutória**

Um programa de gestão patrimonial de infra-estruturas não pode ser sectorial. Deverá envolver toda a organização e ser devidamente enquadrado no âmbito das diferentes actividades e sectores, de forma a permitir uma gestão técnica integrada, envolvendo os vários níveis de decisão (*i.e.*, níveis estratégico, tático e operacional).

Assim, a GPI deverá ser devidamente integrada nos diversos aspectos incluídos na gestão técnica de sistemas de abastecimento de água. De acordo com a norma ISO 24512: 2007, os principais componentes de gestão de uma entidade gestora de um sistema de abastecimento de água incluem:

- gestão de actividades e de processos;
- gestão de recursos;
- gestão patrimonial de infra-estruturas;
- gestão de informação;
- gestão ambiental;
- gestão do risco.

Nas secções seguintes apresenta-se o estabelecido nas referidas normas sobre esta matéria e identificam-se as principais áreas onde deverá existir integração dos processos de gestão analisados com as actividades associadas à GPI.

### **3.2. Gestão de actividades e de processos**

O fornecimento do serviço de abastecimento de água envolve um número muito elevado de actividades e de processos, aos diversos níveis hierárquicos das organizações. Exemplos destes processos e actividades incluem:

- estabelecimento de políticas;
- formulação de estratégias;
- desenvolvimento de procedimentos;

- cumprimento de requisitos regulatórios;
- coordenação interna e externa;
- operação e controlo.

Os programas de GPI deverão estar articulados com cada um destes processos e actividades e integrar os procedimentos da organização a eles associados.

### 3.3. Gestão de recursos

As entidades titulares e as entidades gestoras do serviço de abastecimento de água têm como dever gerir eficientemente os recursos de que dispõem. Estes recursos incluem:

- o pessoal (recursos humanos);
- o material e equipamento (activos físicos não fixos, *e.g.*, peças sobressalentes, veículos e produtos químicos);
- os recursos financeiros (proveitos, despesas, reservas e investimentos);
- os recursos naturais (terrenos, água e energia).

A degradação do desempenho penaliza a eficiência do uso destes tipos de recursos, pelas razões expostas em 2.4. As actividades de GPI deverão incorporar a gestão eficiente dos mesmos, existindo uma ligação muito directa entre os programas de GPI e a gestão dos recursos disponíveis na entidade.

### 3.4. Gestão patrimonial de infra-estruturas

As entidades titulares e as entidades gestoras do serviço de abastecimento de água têm diversos tipos de activos tais como activos fixos tangíveis<sup>2</sup>, activos intangíveis<sup>3</sup> e activos financeiros (Alegre et al., 2004). Os activos fixos tangíveis incluem bens, tais como infra-estruturas físicas, edifícios e equipamentos de apoio, mobiliário e parque de veículos. Os activos intangíveis incluem activos de informação, activos humanos e respectivo know-how e outros activos intangíveis, tais como o valor do nome da

<sup>2</sup> Este termo vem substituir “activos corpóreos” de acordo com o Decreto Lei n.º 158/2009, de 13 de Julho, que institui o Novo Sistema de Normalização Contabilística.

<sup>3</sup> Este termo vem substituir “activos incorpóreos” de acordo com o DL n.º 158/2009.

organização, o valor da base de clientes, o valor da relação com a banca e fornecedores e outro tipo de vantagens intangíveis. Os activos financeiros correspondem ao valor líquido de investimentos financeiros.

De entre estes activos, merecem destaque no contexto deste guia os activos fixos tangíveis relativos à infra-estrutura física que assegura o serviço. A Figura 3.1 ilustra a relação entre os activos físicos infra-estruturais e os restantes activos da organização. As abordagens de GPI e os respectivos planos centram-se na infra-estrutura, mas não deverão deixar de atender às interfaces (*i.e.*, às principais relações) entre esta e os restantes tipos de activo.



Figura 3.1 – Relação entre os activos infra-estruturais e os restantes activos da organização

Exemplos de acções associadas à gestão patrimonial de infra-estruturas incluem:

- manutenção de inventários actualizados dos componentes dos sistema;
- manutenção de dados de monitorização e de registos sobre o estado de conservação do sistema;
- adopção de uma visão de longo prazo;
- planeamento, manutenção ou reabilitação do sistema;
- optimização das amortizações e dos reinvestimentos;
- identificação e gestão do risco.

Todas estas acções deverão ser direccionadas para maximizar o desempenho dos activos em termos do serviço que prestam.

### **3.5. Gestão das relações com os clientes**

As entidades titulares e as entidades gestoras do serviço de abastecimento de água existem para fornecer um serviço aos seus utilizadores. A gestão das relações com os clientes é crítica para o sucesso destas organizações. Exemplos de acções relativas a este tipo de processo de gestão incluem:

- identificação das necessidades e das expectativas dos utilizadores;
- empenhamento na satisfação das necessidades e das expectativas dos utilizadores;
- registo e tratamento de reclamações;
- contabilidade e facturação;
- comunicação, educação e disseminação de informação.

O programa de GPI deverá ter em conta as necessidades e as expectativas dos utilizadores, identificando os aspectos em que não são satisfeitas que dependam da infra-estrutura, procurando soluções alternativas de mitigação e apoiando na escolha e implementação de soluções.

### **3.6. Gestão de informação**

Para todas as entidades titulares e entidades gestoras do serviço de abastecimento de água, a gestão de informação é importante e é frequentemente objecto de programas de controlo de qualidade (e.g., certificações), que requerem que a informação seja comunicada de modo transparente dentro da organização, assim como entre a organização e as autoridades competentes, utilizadores e outras partes interessadas. São exemplos de acções incluídas na gestão de informação:

- aquisição;
- avaliação;
- registo;
- protecção;
- actualização;
- comunicação;
- arquivo.

A gestão de informação é fundamental para qualquer abordagem de GPI, uma vez que a definição de prioridades de reabilitação assenta sobre a informação disponível sobre as infra-estruturas, sobre a sua condição física e sobre o seu desempenho. Informação inexistente, incompleta ou incorrecta pode ter consequências muito gravosas nas decisões sobre ela assente. Deverão ser garantidos os fluxos de informação necessários para assegurar a boa execução das actividades de GPI e a adequada gestão da informação. Neste contexto, o processo de gestão de informação tem uma ligação muito directa e determinante nos programas de GPI.

### 3.7. Gestão ambiental

A gestão ambiental é uma parte essencial da actividade das entidades titulares e das entidades gestoras do serviço de abastecimento de água e é fundamental para o planeamento do seu desenvolvimento futuro. De acordo com a norma ISO 24512: 2007, são exemplos de acções de gestão ambiental:

- melhoria passo a passo do sistema de abastecimento de água;
- adopção de uma visão de longo prazo;
- consideração do desenvolvimento populacional e urbanístico;
- exploração das possibilidades de gestão da procura de água e de reutilização de água;
- minimização de impactes de actividades de construção e de reparação (e.g., ruído e perturbações à população);
- protecção da saúde pública;
- protecção das origens de água.

Os impactos ambientais referidos transcendem o âmbito estrito do abastecimento de água e podem ter carácter permanente ou temporário.

O planeamento e a execução das actividades de GPI deverão incorporar os princípios e práticas de protecção ambiental, numa perspectiva integrada e de longo prazo, contemplando todos os aspectos focados nos exemplos citados, que correspondem a uma visão abrangente da gestão ambiental.

### 3.8. Gestão do risco

Todas as actividades de uma organização envolvem riscos. O **risco**, no sentido mais lato, é entendido como o efeito da incerteza nos

objectivos (ISO 31000: 2008), não deverá ser encarado negativamente como algo prejudicial para uma organização. Citando Thomas A. Stewart (2000) *“Risk (...) is good. The point of risk management isn't to eliminate it; that would eliminate reward. The point is to manage it – that is, to choose where to place bets and where to avoid betting altogether”*. Assim, a gestão do risco não tem como objectivo eliminar o risco (isso limitaria os benefícios), mas sim geri-lo adequadamente! O processo de gestão do risco permite apoiar a tomada de decisão, tendo em consideração a incerteza e as possíveis ocorrências futuras que, expectavelmente ou não, tenham impactos nos objectivos da organização.

No contexto dos sistemas de abastecimento de água, o objectivo principal de uma entidade gestora é o de garantir o abastecimento em condições normais e de emergência, em quantidade e com qualidade para consumo humano. Ocasionalmente, o abastecimento é interrompido em actividades programadas ou por situações de emergência. O objectivo da gestão do risco deverá ser o de minimizar a probabilidade de interrupção, e, na sua ocorrência, iniciar planos e acções mitigadores de emergência (ISO 24512: 2007).

Assim, a gestão do risco é de grande importância na gestão técnica dos sistemas de abastecimento de água uma vez que contempla abordagens proactivas adoptadas para assegurar a continuidade do serviço e a protecção da saúde pública. Seguem-se exemplos de acções a adoptar na gestão do risco (ISO 24512: 2007):

- identificação dos principais perigos;
- estabelecimento e monitorização dos pontos críticos de controlo;
- desenvolvimento de procedimentos normalizados de operação;
- desenvolvimento e implementação de programas de manutenção preventiva;
- garantia de que os inventários dos materiais e equipamentos críticos estão prontamente acessíveis;
- desenvolvimento e execução de exercícios de simulação de planos de contingência e de emergência.

O planeamento da reabilitação deverá contemplar naturalmente a gestão do risco, uma vez que tem como objectivo final restaurar ou melhorar o desempenho do sistema ou dos seus componentes, contribuindo para o cumprimento dos objectivos da organização.

Assim, constitui uma abordagem que se integra nas acções de controlo do risco, tanto preventiva de consequências negativas, como contribuindo positivamente para os objectivos de gestão (valorização da infra-estrutura e melhoria do desempenho).

Na definição de estratégias de GPI deverão ser utilizadas metodologias de gestão do risco e de análise de fiabilidade. A principal metodologia normalizada para a gestão do risco é apresentada na Figura 3.2, de acordo com a AS/NZS 4360:2004 e a ISO 31000:2008, duas normas de referência nesta área.



Figura 3.2 – Processo de gestão do risco

A gestão do risco deverá contemplar tanto a análise de cenários de operação normal do sistema como os correspondentes a ocorrências excepcionais, nomeadamente (ISO 24512: 2007):

- *Situações problemáticas crónicas ou permanentes*, tais como:
  - insuficiência recorrente de abastecimento;
  - incumprimento frequente da legislação da qualidade da água;
  - conflitos entre utilizadores (agricultura, indústria.);
- *Situações de emergência* causadas, por exemplo, por:
  - falhas tecnológicas;

- desastres naturais (sismos, eventos meteorológicos extremos);
- actos de vandalismo ou de terrorismo, ou outros acidentes.

Conceptualmente, a gestão do risco corresponde à promoção de uma actuação preventiva, desejável no contexto das abordagens de GPI.



## **PARTE II – ABORDAGEM INTEGRADA DE GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRA-ESTRUTURAS**

---



## 4. ESTRATÉGIA GERAL

### 4.1 Nota introdutória

O presente capítulo tem por objectivo guiar as entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água que decidam pôr em prática uma estratégia de GPI, na elaboração de programas de reabilitação, envolvendo os diferentes níveis de decisão (*i.e.*, níveis estratégico, tático e operacional).

A metodologia que se apresenta pode, na prática, assumir uma forma simplificada. O importante é reter os princípios gerais de raciocínio. Propõe-se seguidamente a adopção de três níveis de planeamento, que podem não corresponder à produção de planos formais para cada nível. No entanto, é indispensável que, mesmo informalmente, se actue de acordo com esta hierarquia, de modo a dar resposta às questões:

- Em que direcção ir a longo prazo?
- O que fazer a médio prazo?
- Como fazer a curto prazo?

O capítulo inclui a descrição dos níveis de planeamento e das diferentes etapas e actividades envolvidas em cada um destes. Apresentam-se ainda as principais fases de desenvolvimento de um plano.

### 4.2. Níveis de planeamento

A actividade das entidades gestoras de abastecimento de água deverá ser planeada a vários níveis (Gordon e Shore, 1998, Vanier, 2000, INGENIUM e IPWEA, 2006):

- a um **nível estratégico**, de longo prazo, que estabelece os objectivos estratégicos e respectivas metas, mas não as vias para atingir os resultados pretendidos;
- a um **nível tático**, intermédio, que estabelece as vias para atingir os resultados pretendidos, ou seja, as táticas a adoptar para que os objectivos estratégicos sejam atingidos;
- a um **nível operacional**, que estabelece e programa as acções a desenvolver a curto prazo.

A cada um destes níveis correspondem planos distintos, com horizontes temporais e âmbitos geográficos e temáticos diferenciados.

### 4.3. Âmbito e horizonte temporal dos planos

Os planos estratégicos são de âmbito global, abrangendo toda a organização e toda a área geográfica servida. Os planos táticos são de âmbito temático e podem ter um âmbito geográfico mais restrito (e.g., um subsistema específico). Os planos operacionais são mais específicos, com um âmbito mais localizado e tematicamente mais limitado. Cada um destes tipos de plano deverá ser coerente e estar alinhado com os restantes, de modo a garantir o cumprimento com os objectivos estratégicos da organização.

Os planos estratégicos são promovidos pela administração da organização, os planos táticos pelos responsáveis de cada direcção de serviço e os planos operacionais pelos responsáveis das equipas operacionais.

A Figura 4.1 ilustra a hierarquia entre os três níveis de planeamento assim como as relações entre estes níveis, os níveis de decisão e o âmbito de cada tipo de plano.



**Figura 4.1 – Relação entre níveis de planeamento, níveis de decisão e âmbito dos planos**

O planeamento da GPI também deverá ser estruturado nestes três níveis e ser parte integrante do planeamento global da organização. Numa abordagem de GPI, estes níveis de planeamento são indispensáveis para garantir a coerência de todo o processo e o alinhamento entre objectivos da organização e os resultados obtidos.

A Figura 4.2 esquematiza a interligação entre os diversos planos.

Em cada organização é elaborado um único plano estratégico, que estabelece objectivos e metas de longo prazo. Estas metas deverão contemplar a especificação dos níveis de serviço a atingir. Saliente-se que apenas uma parte dos objectivos estratégicos e das metas é relevante no contexto da reabilitação.

Em função dos objectivos e níveis de serviço estabelecidos, são desenvolvidos diversos planos tácticos para a organização, um dos quais é o plano de gestão patrimonial de infra-estruturas (GPI), que contém o planeamento das intervenções de reabilitação.

Finalmente, elaboram-se múltiplos planos operacionais, alguns deles específicos da reabilitação.

A implementação de cada um destes planos deverá ser monitorizada, de modo a avaliar o cumprimento das metas estabelecidas, a identificar desvios e medidas de melhoria e a rever os diversos planos em conformidade.



**Figura 4.2 – Ligações entre o plano estratégico e os planos tácticos e operacionais**

Estes planos deverão ser coerentes entre si, definindo-se, em cada nível de planeamento, as directrizes e as fronteiras do nível hierárquico seguinte.

Exemplificando para um caso concreto no âmbito da GPI, o nível estratégico estabelece as metas globais (e.g., reabilitar os sistemas de modo a reduzir a frequência de falhas de abastecimento e os níveis de perdas de água) e as estratégias a adoptar (e.g., reformular o tarifário de modo a assegurar financiamento para a reabilitação; ajustar a estrutura hierárquica da organização de modo a permitir a implementação de uma abordagem de GPI).

O nível tático assenta sobre esta informação e estabelece a forma de a concretizar geográfica e temporalmente. O principal desafio que se coloca a este nível é o estabelecimento de prioridades de actuação e do tipo de solução a adoptar, não só em termos da infra-estrutura física (e.g., áreas geográficas ou componentes prioritários a reabilitar) como também em termos de gestão de informação e de gestão de recursos humanos e tecnológicos (e.g., integração entre o sistema de informação geográfica, o sistema de clientes e outros sistemas de informação da organização).

O nível operacional calendariza as actividades e afecta recursos de modo pormenorizado, de forma a permitir a implementação das acções de curto prazo.

O Quadro 4.1 apresenta o resumo dos principais aspectos diferenciadores dos três níveis de decisão.

**Quadro 4.1 – Níveis de decisão**

Níveis	Estratégico	Tático	Operacional
Responsável	Administrador da infra-estrutura	Gestor da infra-estrutura	Chefe da operação da infra-estrutura
Finalidade	Definir o <b>rumo da organização</b> no que diz respeito às infra-estruturas	Definir o <b>que fazer</b> e com que prioridade	Definir <b>como fazer</b>
Resultados	Estratégias	Táticas	Programa de acções
Horizonte temporal	Longo prazo (10 a 20 anos)	Médio prazo (3 a 5 anos)	Curto prazo (1 a 2 anos)

Não existem regras gerais que permitam definir de forma clara as fronteiras entre estes diferentes níveis de decisão. Por exemplo, um objectivo pode ser considerado estratégico num determinado contexto de decisão e tático noutro contexto.

É importante garantir que os planos se mantenham actualizados em qualquer um dos três níveis de decisão. Para o efeito, há que definir mecanismos de actualização periódica que garantam a existência de orientações claras para um período correspondente ao horizonte do respectivo plano, sendo necessário integrar no plano revisto um novo período igual ao tempo entre revisões (Figura 4.3). O tempo entre revisões, em geral, deverá ser da ordem de 1/5 a 1/3 da duração do respectivo plano, o que conduz a revisões mais espaçadas a nível estratégico do que ao nível operacional.



Figura 4.3 – Actualização periódica dos planos

#### 4.4. Processo de elaboração dos planos

O processo de planeamento, em qualquer dos três níveis apontados, assenta em seis fases principais:

estabelecimento de objectivos, de critérios de avaliação, de medidas de desempenho e de metas;

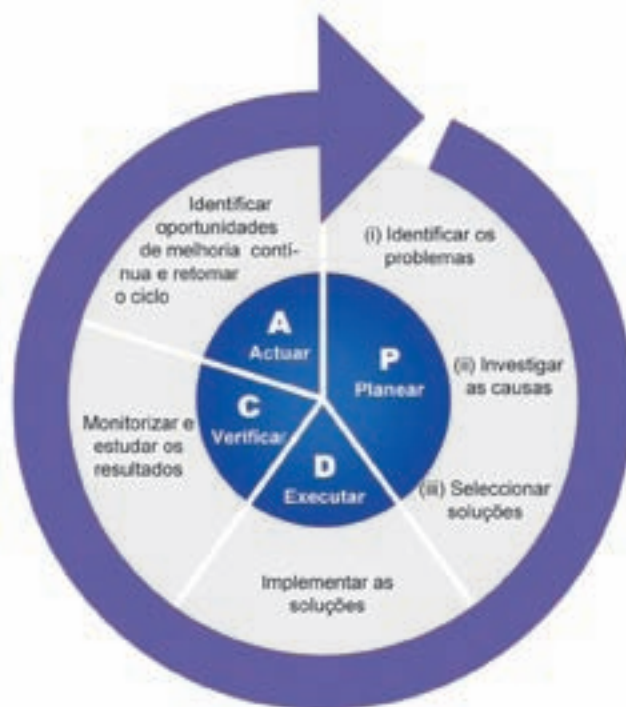
- elaboração de um diagnóstico;
- produção do plano;
- implementação do plano;
- monitorização do plano;
- revisão do plano.

As tarefas inerentes a cada uma destas fases dependem do nível de planeamento em causa e são apresentadas em pormenor nos capítulos respectivos.

Este processo segue os princípios de melhoria contínua estabelecidos nas normas NP EN ISO 9001:2000 “Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos” e NP EN ISO 14001:2004 “Sistemas de gestão ambiental – Requisitos e linhas de orientação para a

sua utilização” através de uma abordagem PDCA. O acrónimo, adoptado também nas versões portuguesas das normas, corresponde a “Plan-Do-Check-Act”, o que equivale, em português, a Planear-Executar-Verificar-Actuar. A Figura 4.4 apresenta esquematicamente a abordagem de melhoria contínua PDCA.

Nesta abordagem o planeamento assume especial relevância e compreende três fases principais: (i) identificação do problema através da comparação do desempenho do sistema com os objectivos estabelecidos, (ii) estabelecimento de um diagnóstico com vista à investigação das causas e (iii) identificação de alternativas de resolução do problema e selecção da solução a adoptar.



**Figura 4.4 – Abordagem de melhoria contínua PDCA**

Nos Capítulos 5, 6 e 7 descrevem-se os níveis de planeamento e as fases e actividades envolvidas em cada um destes. No Capítulo 8 apresenta-se um guia de consulta rápida com a síntese dos principais passos e da informação mínima necessária em cada um dos referidos níveis.



## 5. PLANEAMENTO ESTRATÉGICO

### 5.1. Objectivo e relevância do planeamento estratégico

O principal **objectivo** do planeamento estratégico é sustentar, fortalecer e conferir coerência ao processo de decisão de gestão ao identificar e tratar os factores-chave, internos e externos, que afectam a actividade (Carvalho e Filipe, 2006, Tzu, 2007). É levado a cabo para melhorar o desempenho da organização e constitui a base para as acções de gestão subsequentes, incluindo o planeamento tático e operacional. Constitui um meio para a organização adaptar a sua actividade à evolução das necessidades da sociedade e do ambiente.

Este processo de planeamento incide essencialmente no desenvolvimento de estratégias conducentes ao sucesso da organização enquanto prestadora do serviço de abastecimento de água. Transforma a procura do serviço pelos clientes, em termos de disponibilidade e de qualidade, em estratégias de longo prazo que permitam ir ao encontro dessa procura. Abarca as orientações estratégicas relativas a todos os domínios de actuação da organização. Resulta, em geral, na produção de um **plano** estratégico, único para toda a organização. Em pequenas e médias entidades gestoras, o planeamento estratégico pode ser materializado através de um registo simplificado, mais informal do que um plano tal como o que se propõe nas secções seguintes, que explicita as principais orientações estratégicas da organização.

Este plano tem, em geral, um **horizonte temporal** de longo prazo. A parte financeira deste plano tem, tipicamente, horizontes da ordem de 10 a 20 anos. A componente técnica tende a abarcar períodos mais longos, de modo a atender adequadamente às estratégias de gestão optimizada no ciclo de vida dos componentes das infra-estruturas.

O plano pode incluir directrizes claras relativas ao cumprimento de objectivos de **GPI** decorrentes, por exemplo, de requisitos regulatórios ou contratuais (e.g., cumprimento dos indicadores de desempenho da ERSAR relativos a taxas de reabilitação de condutas e de ramais). Pode também incluir aspectos que constituam, indirectamente, requisitos para a necessidade de reabilitação (e.g., melhoria da qualidade de serviço ao consumidor no que diz respeito a frequência de interrupções).

O sucesso do planeamento estratégico requer que o processo seja desenvolvido por uma **equipa multidisciplinar** que cubra as valências dos serviços-chave da organização e seja coordenada por um elemento da administração (em geral, o presidente). Se não houver um compromisso e um envolvimento de toda a estrutura da organização desde o início do processo, o planeamento estratégico não terá viabilidade de concretização efectiva.

## 5.2. Processo de elaboração de um plano estratégico

A elaboração de um plano estratégico pode ser sistematizada nas fases apresentadas na Figura 5.1. Estas fases são explicadas individualmente nas secções 5.3 a 5.8, concretizando-as com os aspectos relevantes no âmbito da GPI.

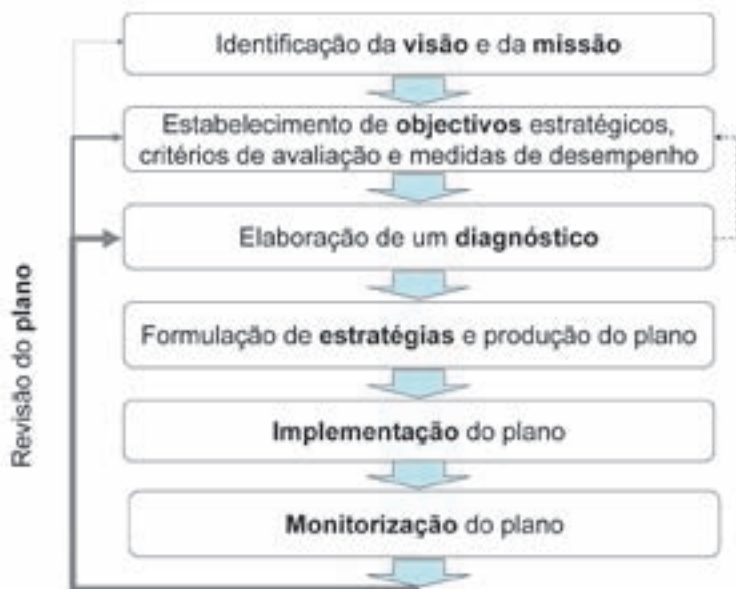


Figura 5.1 – Fases do processo de elaboração de um plano estratégico

## 5.3. Visão e missão

A **visão** estabelece os principais valores intemporais subjacentes a toda a actividade da organização. Dá orientações no processo de decisão a um nível estratégico. Não determina como a organização deverá funcionar, mas sim como se pretende que actue e seja vista pelo exterior. É uma visão do futuro e do sucesso.

A **missão** é uma descrição geral da natureza e da razão de ser da organização, clara e concisa, não ultrapassando uma única frase. Deverá ser fácil de compreender e deverá estar presente na mente de todos os colaboradores, de modo a guiá-los nas suas actividades individuais ou colectivas. Muitas organizações optam por integrar a visão na definição da missão.

No caso das entidades gestoras de abastecimento de água, a **visão** e a **missão** poderiam ser, por exemplo:

**Visão** (*business vision*):

Uma organização orientada para a satisfação do consumidor no que respeita à disponibilidade, à qualidade e ao preço do serviço, salvaguardando a sua sustentabilidade e a sustentabilidade ambiental.

**Missão** (*mission statement*):

Uma organização destinada a assegurar o abastecimento público de água, actual e futuro, à comunidade, com elevados padrões de qualidade de serviço, na defesa dos interesses da sociedade.

É importante que o plano estratégico seja norteado pela visão e pela missão previamente estabelecidos para a organização. É por isso necessário que a primeira fase do planeamento seja constituída pela identificação destes desígnios, que dão a directriz principal de actuação.

A visão (*satisfação do consumidor e a salvaguarda da sustentabilidade do serviço*) e a missão (*garantia do abastecimento*) da entidade gestora podem reflectir indirectamente preocupações associadas à GPI. Por exemplo, “só é possível assegurar o abastecimento actual e futuro” caso “se garanta a integridade física da infra-estrutura”.

## 5.4. Objectivos estratégicos

Com base na visão e na missão da organização, podem ser definidos objectivos estratégicos concretos que a organização pretenda alcançar. Estes objectivos são globais em toda a organização, não sendo específicos da GPI. Deverão ser ambiciosos mas viáveis e compatíveis entre si. Deverão ser mensuráveis de modo a que a organização possa monitorizar o progresso conseguido e, em conformidade, introduzir as alterações adequadas.

A norma ISO 24512:2007(E) estabelece um conjunto de objectivos principais para uma entidade gestora de sistemas de abastecimento de água, que se apresentam seguidamente. Cada organização deverá analisar, completar ou alterar estes objectivos, definindo os seus próprios objectivos estratégicos.

**Objectivo 1: Protecção da saúde pública**

Assegurar o abastecimento de água segura e com boas características organolépticas para consumo humano, em quantidade compatível com as necessidades.

**Objectivo 2: Satisfação das necessidades e expectativas dos utilizadores**

Assegurar que a actividade satisfaz as necessidades e expectativas dos utilizadores estabelecidas de modo racional.

**Objectivo 3: Fornecimento do serviço em condições normais e de emergência**

Assegurar o abastecimento contínuo de água para consumo humano a todos os consumidores, em condições normais de funcionamento, e aos consumidores críticos ou áreas críticas em situações de emergência, e restabelecer o abastecimento com a brevidade possível em caso de interrupção.

**Objectivo 4: Sustentabilidade da entidade gestora**

Assegurar que o património infra-estrutural é mantido e tem capacidade para satisfazer as necessidades actuais e futuras dos consumidores.

**Objectivo 5: Promover o desenvolvimento sustentável da comunidade**

Promover o desenvolvimento sustentável da comunidade, ou seja, contribuir para o crescimento e para a melhoria da qualidade de vida da comunidade, sem pôr em causa a utilização dos recursos naturais pelas gerações futuras.

**Objectivo 6: Protecção do meio ambiente**

Minimizar os impactes ambientais adversos e mitigar os efeitos negativos causados no meio ambiente pela entidade gestora.

Com base nos princípios gerais desta norma, as ERSAR estabeleceu os seguintes objectivos estratégicos dos sistemas de águas e resíduos:

#### Objectivo 1: Adequação da interface com o utilizador

Adequação da interface com o utilizador, a avaliar com base nos critérios de acessibilidade (física e económica) do serviço aos utilizadores e de qualidade do serviço.

#### Objectivo 2: Sustentabilidade da prestação do serviço

Sustentabilidade da prestação do serviço, a avaliar com base nos critérios de sustentabilidade económica do serviço, de sustentabilidade infra-estrutural e de produtividade física dos recursos humanos.

#### Objectivo 3: Sustentabilidade ambiental

Sustentabilidade ambiental, a avaliar de acordo com os critérios de eficiência na utilização dos recursos ambientais e de eficiência na prevenção da poluição.

## 5.5. Critérios, medidas e metas

Para cada objectivo estratégico, a entidade gestora deverá definir critérios de avaliação, medidas de desempenho e metas, de modo a que seja possível a avaliação concreta do cumprimento do mesmo (Figura 5.2).

#### Critérios de avaliação (*service assessment criteria*)

**Critérios de avaliação** são aspectos ou perspectivas que permitem a avaliação do cumprimento dos objectivos (ISO 24512: 2007).

#### Medidas de desempenho (*performance measures*)

**Medidas de desempenho** são os parâmetros específicos usados para avaliar o desempenho. Podem assumir a forma de indicadores, índices ou níveis (Alegre *et al.*, 2008). Encontram-se associadas a critérios de avaliação.

#### Metas (*targets*)

**Metas** são valores propostos a atingir para as medidas de desempenho num dado horizonte temporal. Podem ser de curto, médio ou longo prazo.



Fonte: adaptado de ISO 24512:2007

**Figura 5.2 – Relação entre objectivos e metas**

Por exemplo, para a avaliação do objectivo “Protecção da saúde pública”, podem considerar-se os seguintes critérios:

- cumprimento das normas em matéria de saúde pública e de qualidade da água para consumo humano (ISO 24512:2007);
- garantia da integridade do sistema (perspectiva da intrusão) (ISO 24512:2007);
- adequação da quantidade de água aos pontos de consumo.

Cada um destes critérios terá medidas de desempenho associadas. Refira-se que o último critério poderia ser avaliado com base no indicador “QS12 – Continuidade do abastecimento (%)”, e o segundo critério com base nos indicadores “QS18 – Qualidade da água fornecida (%)” ou “Op40 – Análises realizadas (%)”.

As normas ISO 24500 dão exemplos de possíveis critérios de avaliação, que não pretendem ser exaustivos e, em alguns casos, são alternativos entre si (ISO 24510, 24511 e 24512).

Seguindo os princípios preconizados nestas normas, apresenta-se no Quadro 5.1, para cada objectivo, os principais critérios de avaliação aplicáveis e a sua relevância no contexto da GPI. A relevância é indicada com os códigos +, ++, +++, consoante se trate de um critério respectivamente relevante, muito relevante ou imperativo.

As entidades gestoras deverão analisar esta recomendação e adaptá-la à sua própria realidade. Na generalidade, verifica-se que

o mesmo critério de avaliação é aplicável a diferentes objectivos estratégicos.

**Quadro 5.1 – Exemplos dos principais critérios de avaliação no contexto da GPI e a sua relação com os objectivos estratégicos**

Objectivos ⇕  Exemplos de critérios de avaliação ⇓	Objectivo 1: Protecção da saúde pública	Objectivo 2: Satisfação das necessidades e expectativas dos utilizadores do serviço	Objectivo 3: Fornecimento do serviço em condições normais e de emergência	Objectivo 4: Sustentabilidade da entidade gestora	Objectivo 5: Promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade	Objectivo 6: Protecção do meio ambiente
Adequação da quantidade de água	+++	+++	+++	++	+++	
Avaliação do cumprimento dos requisitos de pressão		+++	+++	++	+++	
Avaliação do cumprimento das normas em matéria de saúde pública e de qualidade da água para consumo humano	+++	+++	+++	++	+++	
Ocorrência de falhas de abastecimento (continuidade e interrupções de serviço)		++	++			
Sustentabilidade e integridade infra-estrutural	++	++	+++	+++	+	
Sustentabilidade económico-financeira da entidade gestora		++	++	++		
Eficiência do uso da água		++			+	+++
Eficiência do uso da energia		+			+	+++
Eficiência da utilização dos recursos humanos, tecnológicos e materiais		+	++	+++	+	+

Para aplicar estes critérios de avaliação, é necessário definir medidas de avaliação de desempenho tão objectivas e quantificáveis quanto possível.

De forma genérica, as medidas de desempenho podem agrupar-se em três categorias (Alegre, 2007):

Indicadores de desempenho ( <i>ID</i> )
<b>Indicadores de desempenho</b> são medidas quantitativas de eficiência ou de eficácia da actividade de uma entidade gestora, resultantes de uma combinação algébrica de diversas variáveis. Podem ser adimensionais (por exemplo em %) ou expressar intensidade (e.g., em €/m <sup>3</sup> ) e não extensão (e.g., m <sup>3</sup> /ano). São calculadas com base em registos históricos.
Índices de desempenho ( <i>IndD</i> )
<b>Índices de desempenho</b> são medidas resultantes da combinação de medidas de desempenho elementares (e.g., indicadores de desempenho, níveis de desempenho) ou da aplicação de instrumentos de análise (e.g., modelos de cálculo de eficiência de custos, modelos de simulação hidráulica). Destinam-se, de forma geral, a sintetizar várias perspectivas de análise numa única medida.
Níveis de desempenho ( <i>ND</i> )
<b>Níveis de desempenho</b> são medidas de desempenho de natureza qualitativa, expressas em categorias discretas (e.g., excelente, bom, insatisfatório). Em geral, são adoptadas quando não é viável calcular medidas quantitativas.

Apresentam-se seguidamente exemplos de medidas de desempenho para cada critério, com indicação da unidade, do tipo de medida e do código da do sistema de avaliação de qualidade de serviço da ERSAR (ERSAR, 2010) (adoptaram-se os códigos da 1.<sup>a</sup> geração de indicadores, com prefixo de codificação “AA”, Baptista *et al.*, 2009) e da Associação Internacional da Água (Alegre *et al.*, 2006a). Duarte (2010) apresenta um painel alargado de medidas de desempenho para apoio à gestão de sistemas de abastecimento de água que complementa as medidas apresentadas no Quadro 5.2.



**Quadro 5.2 – Medidas de desempenho para cada critério**

Adequação da quantidade de água	
<b>Continuidade do abastecimento (%)</b> Quantidade de horas do ano em que o sistema está em pressão / 24 / / duração do período de referência x 100	QS12
Avaliação do cumprimento dos requisitos de pressão	
<b>Adequação da pressão de serviço (%)</b> Número de pontos de entrega onde as pressões na hora de maior consumo são iguais ou superiores ao chamado nível requerido (excepto para o consumo excepcional) / número de ramais x 100	ID - QS10
<b>Adequação do abastecimento na adução (%)</b> Número de pontos de entrega permanentemente abastecidos em conformidade com as condições estabelecidas de caudal, de volume e/ou de pressão / número de pontos de entrega x 100	ID - QS11
Nota: Deverá ser utilizado apenas o indicador QS10 ou o QS11, em alternativa. O QS11 é aplicada quando a densidade de ramais < 20/km de rede (por exemplo, no caso de sistemas de produção e adução). O QS10 aplica-se em todas as restantes situações.	
Avaliação do cumprimento das normas em matéria de saúde pública e de qualidade da água para consumo humano	
<b>Qualidade da água fornecida (%)</b> Percentagem do volume de água que foi controlada e que cumpre os valores paramétricos definidos na legislação. <i>ou seja</i> (Número de análises realizadas cujos resultados estão em conformidade com a legislação aplicável durante o período de referência / Número de análises realizadas à água tratada durante o período de referência) x (Número total de análises realizadas à qualidade da água para consumo humano de entre as requeridas pela legislação aplicável durante o período de referência / Número total de análises à qualidade da água requeridas durante o período de referência)	ID - -
Ocorrência de falhas de abastecimento	
<b>Falhas no abastecimento</b> (n.º/(ponto de entrega.ano) ou n.º/(1000 ramais. ano)) Frequência de falhas no abastecimento por ponto de entrega ou por 1000 ramais	ID AA 03a,b -

**Quadro 5.2 – Medidas de desempenho para cada critério (cont.)**

<b>Sustentabilidade e integridade infra-estrutural</b>	
<b>Capacidade de reserva de água tratada (dias)</b> Volume total dos reservatórios de adução e de distribuição (excluindo os reservatórios particulares) / água entrada no sistema durante o período de referência x duração do período de referência	ID AA 13 Ph3
<b>Reabilitação de condutas (%/ano)</b> Comprimento das condutas de adução e distribuição com mais de 10 anos que foram reabilitadas nos últimos 5 anos / comprimento médio de condutas com mais de 10 anos x 100 / 5	ID AA 14 (adaptado) Op16 (adaptado)
<b>Índice de valor da Infra-estrutura (-)</b> Valor actual da infra-estrutura / valor de substituição da infra-estrutura	Índice - -
<u>Nota:</u> O Índice de Valor da Infra-estrutura no momento $t$ ( $IV_t$ ) é definido como o rácio entre o valor actual dos activos e o valor de substituição correspondente no ano $t$ (ver Secção 9.9.3).	
<b>Perdas reais por ramal (l/ramal/dia com sistema em pressão)</b> Perdas reais durante o período de referência x 1000 / (número de ramais x número de horas em que o sistema está em pressão durante o período de referência / 24)	ID - Op27
<b>Perdas reais por comprimento de conduta (l/km /dia com sistema em pressão)</b> Perdas reais durante o período de referência x 1000 / (comprimento de condutas x número de horas em que o sistema está em pressão durante o período de referência / 24)	ID - Op28
<b>Sustentabilidade económico-financeira da entidade gestora</b>	
<b>Rácio de cobertura dos custos operacionais (-)</b> Rácio entre os proveitos operacionais ajustados e os custos operacionais ajustados (conceito a aplicar a entidades gestoras de sistemas em alta e em baixa)	ID AA07 Fi31
<b>Custos operacionais unitários (€/m3)</b> Razão entre os custos operacionais ajustados anuais e o consumo autorizado de água (conceito a aplicar a entidades gestoras de sistemas em alta e em baixa)	ID AA 08 Fi5
<b>Rácio de solvabilidade (-)</b> Rácio entre o capital próprio e o capital alheio (conceito a aplicar a entidades gestoras de sistemas em alta e em baixa)	ID AA 09 Fi40
<b>Água não facturada (%)</b> Percentagem de água entrada no sistema que não é facturada (conceito a aplicar a entidades gestoras de sistemas em alta e em baixa)	ID AA 10 Fi46

**Quadro 5.2 – Medidas de desempenho para cada critério (cont.)**

Eficiência do uso da água	
<b>Perdas reais por ramal</b> (l/ramal/dia com sistema em pressão) Perdas reais durante o período de referência x 1000 / (número de ramais x número de horas em que o sistema está em pressão durante o período de referência / 24)	ID - Op27
<b>Perdas reais por comprimento de conduta</b> (l/km /dia com sistema em pressão) Perdas reais durante o período de referência x 1000 / (comprimento de condutas x número de horas em que o sistema está em pressão durante o período de referência / 24)	ID - Op28
<b>Nota:</b> Deverá ser utilizado apenas o indicador Op27 ou o Op28, em alternativa. O Op28 aplica-se a densidade de ramais < 20/km de rede (por exemplo, no caso de sistemas de produção e adução). O Op27 aplica-se em todas as restantes situações.	
<b>Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%)</b> Perdas reais durante o período de referência / água entrada no sistema durante o período de referência x 100	ID AA 18 WR1
Eficiência do uso da energia	
<b>Eficiência energética de instalações elevatórias</b> (kWh/m <sup>3</sup> /100 m) Energia total consumida nas estações elevatórias durante o período de referência / $\Sigma$ (volume bombeado durante o período de referência x altura manométrica / 100)	ID AA 19 Ph5
<b>Consumo específico de energia</b> (kWh/m <sup>3</sup> ) Energia total consumida nas estações elevatórias durante o período de referência / consumo autorizado.	ID - -
Eficiência da utilização dos recursos humanos, tecnológicos e materiais	
<b>Recursos humanos</b> (n.º/(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> .ano) ou n.º/(1000 ramais/ano)) Número de empregados por unidade de volume de água produzida (conceito a aplicar a entidades gestoras de sistemas em alta) ou Número de empregados por 1000 ramais (conceito a aplicar a entidades gestoras de sistemas em baixa).	ID AA 17 Pe1 ou Pe2
<b>Pessoal afecto à operação e à manutenção (%)</b> Número total equivalente de empregados a tempo inteiro da gestão técnica afectos à operação e à manutenção / número total equivalente de empregados a tempo inteiro da entidade gestora x 100	ID - Pe9
<b>Custos unitários correntes</b> (€/m <sup>3</sup> ) Razão entre os custos operacionais ajustados anuais e o volume de água consumida por utilizadores	ID AA 08 Fi5

Definidas as medidas de desempenho, o plano estratégico deverá estabelecer metas de médio e de longo prazo. As metas definidas estão implicitamente associadas ao nível de aceitabilidade do risco de falha do serviço. É apresentado, no Quadro 5.3, um exemplo de metas para o objectivo estratégico “Protecção do meio ambiente”.

**Quadro 5.3 – Exemplo de metas para o objectivo estratégico “Protecção do meio ambiente”**

Protecção do meio ambiente			
Medidas de desempenho	Intervalos (valor do indicador para a situação actual)	Metas	
		Médio prazo (3 a 5 anos)	Longo prazo (> 15 anos)
Eficiência do uso da água			
Perdas reais por ramal (l/ramal/dia)	Se > 200 (mau) Se > 100 e < 200 Se < 100 (bom)	Atingir 150 Atingir 100 Manter	Atingir 100 Manter Manter
Perdas reais por comprimento de conduta (l/km/dia)	Se > 2000 (mau) Se > 1000 e ≤ 2000 Se ≤ 1000 (bom)	Atingir 1500 Atingir 1000 Manter	Atingir 1000 Manter Manter
Ineficiência de utilização dos recursos hídricos (%)	Se > 50 (mau) Se > 25 e ≤ 50 Se > 15 e ≤ 25 Se ≤ 15 (bom)	Atingir 30 Reduzir 25% Atingir 15 Manter	Atingir 15 Atingir 15 Manter Manter
Eficiência do uso da energia			
Eficiência energética de instalações elevatórias (kWh/m³/100 m)	Se > 0.80 (mau) Se > 0.40 e ≤ 0.80 Se > 0.27 e ≤ 0.40 (bom)	Atingir 0.60 Atingir 0.40 Manter	Atingir 0.40 Manter Manter
Consumo específico de energia (kWh/m³)	(ver nota)	(ver nota)	(ver nota)

**Nota:** Os valores do indicador de consumo específico de energia para a situação actual dependem do tipo de sistema (e.g., gravítico ou elevatório), da topografia do terreno e da topologia da rede, por um lado, e da eficiência com que a energia é usada, por outro. Não é possível, por esta razão, a existência de valores de referência universais. Em cada caso concreto é necessário avaliar o potencial de melhoria de eficiência e definir as metas em conformidade.

A informação necessária para o cálculo das medidas de desempenho do nível estratégico é recolhida nos sectores operacionais da organização. O cálculo pode ser efectuado localmente, ou de modo mais centralizado (e.g., pelo sector responsável pelo planeamento). Como uma parte ou a totalidade das medidas serão também utilizadas ao nível tático (sectorial), é frequente que seja a monitorização do plano tático a gerar a informação de monitorização do plano estratégico.

## 5.6. Diagnóstico

### 5.6.1. Metodologia

O diagnóstico tem por finalidade caracterizar a situação de partida da organização, identificando os principais problemas existentes relevantes para a GPI. Tem também como objectivo identificar pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças face aos objectivos estratégicos estabelecidos e aos resultados da análise do contexto externo e do contexto interno da organização. É recomendável que a análise do contexto externo seja dividida em duas partes: o contexto externo global, relativo a um macro-ambiente que afecta todas as organizações, embora de modo diferenciado, e o contexto específico da entidade gestora, que diz respeito a todos os intervenientes no serviço de abastecimento de água (Carvalho e Filipe, 2006).

O estabelecimento de um diagnóstico implica (Figura 5.3):

- avaliação do desempenho actual face aos objectivos definidos e com base nos critérios e medidas seleccionadas e interpretação dos resultados;
- recolha e avaliação de informação relativa ao contexto externo global relevante para a GPI (e.g., factores de natureza económica, legal, institucional, de recursos ambientais, demográfica.);
- recolha e avaliação de informação relativa ao contexto específico de cada entidade externa à organização interveniente no serviço de abastecimento de água, relevante para a GPI (e.g., autoridades competentes, entidade titular e utilizadores – ver Figura 5.4);
- recolha e avaliação de informação relativa ao contexto interno à organização, relevante para a GPI (e.g., infra-estrutura, recursos humanos, tecnológicos e financeiros, estrutura interna da organização.);
- síntese dos resultados das etapas anteriores na forma de uma análise SWOT (Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats): com base na avaliação externa deverão identificar-se as oportunidades de melhoria e os principais perigos; e com base na avaliação interna, deverão ser identificados os pontos fortes e os pontos fracos.



Figura 5.3 – Análise do contexto envolvente

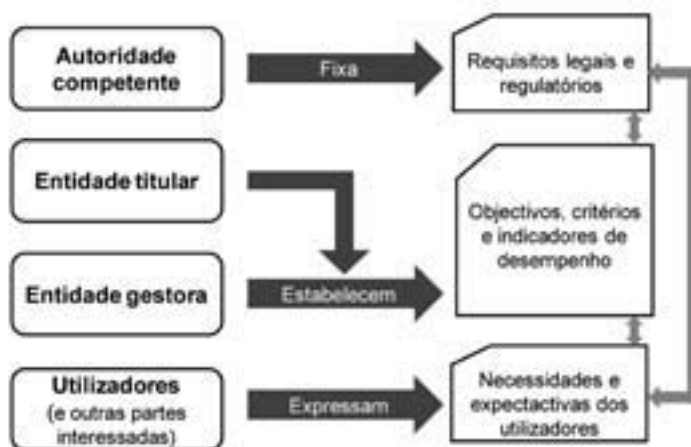


Figura 5.4 – Principais partes interessadas no serviço de abastecimento de água

### **5.6.2. Avaliação do desempenho actual**

Nesta etapa procede-se à avaliação do desempenho actual face aos objectivos estratégicos definidos e com base nos respectivos critérios e medidas de desempenho seleccionadas.

Os resultados obtidos deverão ser qualificados em, por exemplo, mau, aceitável, bom ou muito bom desempenho, de acordo com os intervalos de classificação definidos para cada medida de desempenho (Quadro 5.3), identificando deste modo os aspectos mais críticos a melhorar, que deverão ser tidos em conta nas etapas seguintes do diagnóstico e na formulação da estratégia.

### **5.6.3. Recolha e avaliação de informação relativa ao contexto externo global**

A análise do contexto externo requer a identificação de factores de natureza política, legal e normativa, económica e demográfica, social e cultural, tecnológica e ambiental relevantes para o cumprimento dos objectivos da entidade gestora e tendo em conta no contexto da GPI. No Quadro 5.4 apresentam-se os principais aspectos a contemplar em cada um destes factores, que deverão ser classificados como oportunidades ou como ameaças, em alternativa. A classificação varia entre 0 (inexistência de ...) e 3 (elevada probabilidade de ocorrência).

**Quadro 5.4 – Análise do contexto externo global relevante para a GPI**

Factores de natureza...	Aspectos a contemplar	Oportunidade (0-3)	Ameaça (0-3)
Política, legal e normativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ directrizes ou tendências de natureza política, como destaque para o estabelecido nos planos estratégicos nacionais de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais (PEAASAR);</li> <li>▪ conjunto de obrigações legais (actuais e previsíveis a médio prazo) a satisfazer pela organização, com relevância para a GPI, que podem ser de natureza muito diversa: ambiental, económica, técnica (regulamentar), contabilística e fiscal, qualidade de serviço, institucional, de saúde pública e segurança;</li> <li>▪ acervo normativo técnico, com particular para as normas portuguesas, CEN e ISO (ver <a href="http://www.ersar.pt">www.ersar.pt</a> ou <a href="http://www.lnec.pt">www.lnec.pt</a>);</li> </ul>		
Económica e demográfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ previsão da evolução populacional;</li> <li>▪ previsão da evolução do crescimento das necessidades de água relativas aos serviços e às indústrias urbanas;</li> <li>▪ acesso actual e previsível a programas estruturais de financiamento (e.g., QREN);</li> <li>▪ previsão da evolução económica, incluído dos níveis de inflação e das taxas de juro;</li> </ul>		
Social e cultural	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ previsão da evolução de hábitos de consumo;</li> </ul>		
Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ instrumentos e tecnologias actuais para apoio à GPI e tendências de evolução;</li> </ul>		
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ disponibilidade de recursos naturais (água e energia);</li> <li>▪ preocupações da sociedade para o uso eficiente da água e da energia e para a minimização da produção de resíduos e de poluentes.</li> </ul>		



#### **5.6.4. Recolha e avaliação de informação relativa ao contexto específico de cada entidade externa**

As principais entidades externas à organização intervenientes no serviço de abastecimento de água são:

- clientes (directos e clientes distribuidores) e outros consumidores autorizados (e.g., bombeiros);
- comunidade (população que habita ou frequenta zonas onde existem infra-estruturas de abastecimento de água);
- entidade titular do serviço de abastecimento de água (se houver uma concessão e não coincidir com a entidade gestora);
- accionistas da entidade gestora (Estado ou entidades privadas em caso de concessão);
- administração nacional e regional;
- entidades reguladoras;
- entidades financiadoras;
- universidades e institutos de investigação;
- consultores e projectistas;
- empreiteiros;
- outros fornecedores (e.g., de energia, de matérias primas, de tecnologias, de serviços.);
- organizações não governamentais do ambiente (ONGA) ou outras (e.g., de defesa do consumidor).

Os interesses e as expectativas destes intervenientes deverão ser tidos em conta no processo de decisão relativo à GPI. No Quadro 5.5 apresentam-se os principais aspectos a contemplar, adoptando, para o efeito, grupos de intervenientes com interesses e expectativas afins.

À semelhança da análise anterior, cada um destes aspectos deverá ser classificado como oportunidade ou como ameaça, em alternativa. A classificação varia entre 0 (inexistência de ...) e 3 (elevada probabilidade de ocorrência).

**Quadro 5.5 – Análise do contexto externo específico de cada entidade interveniente**

Entidades intervenientes	Aspectos a contemplar	Oportunidade (0-3)	Ameaça (0-3)
Consumidores Comunidade ONG	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ identificação dos requisitos contratuais actuais entre a entidade gestora e os clientes e previsão da respectiva evolução;</li> <li>▪ previsão das necessidades de expansão do serviço a novos consumidores, em termos de evolução temporal e distribuição geográfica, em condições normais e de emergência;</li> <li>▪ previsão da evolução das necessidades e expectativas dos consumidores actuais em termos de qualidade do serviço, em condições normais e de emergência;</li> <li>▪ avaliação dos níveis de risco aceitáveis pela comunidade e previsão da sua evolução ao longo do tempo;</li> <li>▪ identificação de expectativas da comunidade (incluindo clientes e ONG) relativas à defesa do ambiente para além dos requisitos legais;</li> </ul>		
Entidade titular pelo serviço Administração nacional e regional Entidades reguladoras Accionistas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ identificação dos requisitos contratuais actuais entre a entidade gestora e a entidade titular do serviço de abastecimento de água e previsão da respectiva evolução;</li> <li>▪ identificação dos requisitos da administração nacional ou regional actualmente impostos à entidade gestora (e.g., no âmbito de licenças de utilização) e previsão da respectiva evolução;</li> <li>▪ identificação dos requisitos regulatórios actuais e previsão da respectiva evolução;</li> <li>▪ identificação das expectativas dos accionistas e dos compromissos entre a entidade gestora e os accionistas;</li> </ul>		
Consultores e projectistas Empreiteiros Outros fornecedores	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ identificação da existência no mercado de consultores e projectistas aptos e com experiência demonstrada na elaboração de estudos e projectos de GPI ou de reabilitação de sistemas de abastecimento de água;</li> <li>▪ identificação da existência no mercado de empreiteiros aptos e com experiência demonstrada na execução de obras de reabilitação de sistemas de abastecimento de água;</li> <li>▪ identificação dos materiais, serviços de apoio ao diagnóstico e tecnologias disponíveis no mercado e dos fornecedores com conhecimentos e experiência demonstrada;</li> </ul>		
Entidades financiadoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ identificação de potenciais fontes de financiamento e das respectivas condições de candidatura e de pagamento;</li> </ul>		
Universidades Institutos de investigação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ identificação de metodologias ou tecnologias inovadoras desenvolvidas em centros de investigação com potencial aplicação prática no contexto da GPI de sistemas de adução e de distribuição de água;</li> <li>▪ identificação das principais unidades de investigação e desenvolvimento aptas a prestar apoio ao desenvolvimento e implementação de planos de GPI.</li> </ul>		

### 5.6.5. Recolha e avaliação de informação relativa ao contexto interno

A recolha e avaliação de informação relativa ao contexto interno na entidade gestora deverá ter em vista a análise dos factores (cf. Quadro 5.6): estrutura da organização; recursos infra-estruturais; recursos humanos; recursos tecnológicos; recursos financeiros.

**Quadro 5.6 – Análise do contexto interno relevante para a GPI**

Factores internos	Aspectos a contemplar
Estrutura da organização	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ avaliação da adequação da estrutura interna organizativa ao desenvolvimento e implementação de planos integrados de GPI e identificação de aspectos a alterar; uma estrutura adequada deverá ser de tipo hierárquico e deverá permitir a ligação eficaz entre os diversos níveis de decisão, de modo a que o cumprimento dos objectivos estratégicos seja desígnio de todos os trabalhadores da organização;</li> </ul>
Recursos infra-estruturais	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ caracterização geral da infra-estrutura, que inclua, por um lado um cadastro global a uma macro-escala, com identificação das origens de água, dos principais sistemas, subsistemas e andares de pressão e, por outro lado, a identificação dos componentes com maior relevância para o serviço e das suas principais características físicas (localização, dimensões/capacidade, área de influência aproximada, materiais predominantes);</li> <li>▪ avaliação do estado de conservação dos componentes identificados no ponto anterior, através de informação relativa à idade, qualidade de construção e qualidade das intervenções de reparação, ou ainda de informação obtida em inspecções ou observações feitas durante as reparações;</li> <li>▪ avaliação do desempenho funcional dos componentes principais atrás referidos e dos sistemas/subsistemas no seu todo, dando mais relevância à análise dos aspectos mais críticos a melhorar que foram identificados na etapa do diagnóstico "Avaliação do desempenho actual";</li> </ul>

**Quadro 5.6 – Análise do contexto interno relevante para a GPI (cont.)**

Factores internos	Aspectos a contemplar
Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ avaliação da adequação dos recursos humanos da organização ao desenvolvimento e à implementação de planos de GPI em termos de competências, de motivação e de dimensão das equipas, aos diversos níveis hierárquicos;</li> <li>▪ avaliação da estratégia de <i>outsourcing</i> de recursos humanos relevante para GPI (e.g., subcontratação de tarefas de manutenção, de reparações, fiscalização);</li> </ul>
Recursos tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ avaliação da adequação ao desenvolvimento e à implementação de planos de GPI do sistema de cadastro e das rotinas de actualização e de controlo de qualidade da informação existentes;</li> <li>▪ avaliação da disponibilidade, fiabilidade e facilidade de acesso aos dados históricos de operação e manutenção (e.g., registos de roturas e suas causas, de reparações, de intervenções de manutenção preventiva ou curativa);</li> <li>▪ avaliação da disponibilidades de dados contabilísticos relativos a operações de construção, de reparação, de manutenção, de recolha e tratamento de informação e ao custo de produção (até ao ponto de entrega) da água;</li> </ul>
Recursos tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ avaliação do grau de integração efectiva dos distintos sistemas de informação (e.g., sistemas de informação geográfica, sistemas de clientes, sistemas de apoio à manutenção, sistemas de telegestão e sistemas de gestão contabilística);</li> <li>▪ avaliação da disponibilidade de equipamentos de apoio à inspecção, à realização de ensaios de controlo de qualidade e à monitorização do desempenho dos sistemas (e.g., medição de caudal e de pressão);</li> <li>▪ avaliação da capacidade interna de realização de obras de reabilitação em função da dimensão e complexidade da intervenção;</li> </ul>
Recursos financeiros	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ avaliação da disponibilidade de recursos financeiros para fazer face às necessidades de gestão patrimonial das infra-estruturas, numa perspectiva de longo prazo.</li> </ul>

A análise interna anterior deverá ser complementada com a avaliação e interpretação crítica das medidas de desempenho seleccionadas para a situação de referência (ano 0 do plano).

Os resultados da análise interna podem ser sintetizados com recurso à elaboração e resposta a uma lista de questões como a que se apresenta esquematicamente no Quadro 5.7, onde o utilizador deverá responder a cada pergunta numa escala de 1 a 5, sendo 1 o pior valor possível e 5 o correspondente à situação de excelência. Os valores 1 e 2 correspondem a pontos fracos da organização no momento da análise, a melhorar, e os valores 4 e 5 correspondem a pontos fortes, a manter e a potenciar. Um exemplo concreto de uma possível lista de questões é apresentado no Quadro 5.11.

**Quadro 5.7 – Lista de questões para apoio à análise do contexto interno**

Questões	Resposta (1-5)	Observações (aspectos a melhorar)
Estrutura da organização		
Questão 1: ... Questão 2: ... ...		
Recursos infra-estruturais		
...		
Recursos humanos		
...		
Recursos tecnológicos		
...		
Recursos financeiros		
...		

#### **5.6.6. Análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*)**

O diagnóstico deverá terminar com a elaboração de uma análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*), que conjuga a informação relativa ao contexto externo (global e específico dos intervenientes no serviço de abastecimento de água) e ao contexto interno (Hill e Westbrook, 1997, Armstrong, 1982, 1996, 1990).

A análise SWOT consiste na sistematização das principais oportunidades e das principais ameaças, bem como dos principais pontos fortes e fracos da entidade gestora, de modo a sustentar o estabelecimento das estratégias de GPI. Pode ainda haver lugar a uma etapa final de cruzamento entre os dois eixos de análise (oportunidades e ameaças *versus* pontos fortes e pontos fracos) na forma de uma matriz (*Confrontation Matrix*), como se ilustra esquematicamente no Quadro 5.8 (Carvalho e Filipe, 2006).

A construção desta matriz não é essencial e pode não ser simples. Contudo, se se optar por esta via, o processo de desenvol-

vimento que lhe está associado contribui de modo directo para o estabelecimento das estratégias. As estratégias deverão conduzir à maximização das oportunidades e à minimização do risco associado às ameaças, tirando o máximo partido dos pontos fortes e minimizando os efeitos negativos dos pontos fracos.

Após a realização da análise SWOT dever-se-á proceder à verificação e eventuais ajustes das metas estabelecidas e, em casos excepcionais, até ao ajuste dos objectivos estratégicos e dos respectivos critérios de avaliação e medidas de desempenho.

**Quadro 5.8 – Matriz de conjugação das análises interna e externa**

		Análise interna	
		Pontos fortes	Pontos fracos
Análise externa	Oportunidades	Maximizar as oportunidades tirando o máximo partido dos pontos fortes	Aproveitar as oportunidades minimizando os efeitos negativos dos pontos fracos
	Ameaças	Minimizar os efeitos das ameaças tirando o máximo partido dos pontos fortes	Fazer face às ameaças minimizando os efeitos negativos dos pontos fracos

### 5.6.7. Exemplo de diagnóstico com aplicação de análise SWOT

Apresenta-se seguidamente um exemplo simplificado de aplicação destes conceitos.

### Exemplo 5: Caso de estudo de aplicação da abordagem proposta

#### 5.1 - Descrição do sistema e aplicação da análise SWOT

**Descrição:** Considere-se uma Câmara Municipal com a responsabilidade de gerir um sistema de abastecimento de água. O sistema apresenta perdas reais elevadas, muitas roturas e taxas de reabilitação baixas. Os recursos hídricos e energéticos estão a ser utilizados de forma pouco eficiente. Os recursos humanos afectos ao serviço de abastecimento são limitados, mas incluem alguns elementos jovens com formação superior, com apetência para enfrentar novos desafios e altamente motivados. Os recursos tecnológicos têm vindo a evoluir positivamente. Existe um sistema de gestão de clientes, um sistema de informação geográfica e bases de dados diversas, por exemplo com informação relativa a ordens de trabalho. Esta informação não é gerida de forma integrada e apresenta algumas incoerências.

As tarifas actuais cobrem apenas os custos operacionais de modo aproximado. Não existe contabilidade analítica que permita conhecer custos associados aos componentes do sistema.

Aplicando o procedimento descrito nas secções anteriores, apresentam-se nos Quadros 5.9 a 5.11 os resumos das análises externa (global e por interveniente) e interna.

**Quadro 5.9 – Exemplo da análise do contexto externo global relevante para a GPI**

Factores de natureza...	Aspectos a contemplar	Oportunidade (0-3)		Ameaça (0-3)
Política, legal e normativa	▪ Novas exigências para o sector decorrentes do início de regulação da qualidade de serviço prestado pelas entidades gestoras públicas (pela ERSAR), com incentivos à melhoria	3	0	
	▪ Risco de aumento dos custos do serviço prestado decorrentes das novas exigências regulatórias	0	1	
	▪ Publicação de regulamento tarifário	3	0	
	▪ Novas exigências do novo regime jurídico dos serviços municipais ou intermunicipais de abastecimento público de água	3	0	
	▪ Novas exigências das directivas comunitárias relativas à qualidade da água para consumo humano	2	0	
	▪ Risco de aumento dos custos do serviço prestado decorrentes das novas exigências relativas à qualidade da água para consumo humano	0	1	
	▪ Vulnerabilidade do sector às inf exões e indefinições das políticas públicas que o regem	0	2	
Económica e demográfica	▪ Crescimento populacional de 5% nos próximos 10 anos	1	0	
	▪ Instalação de uma nova área comercial em zona urbana	1	0	
	▪ Existência de programas estruturais de financiamento para cumprimento dos objectivos do PEASAR II	3	0	
	▪ Baixos níveis de crescimento da economia nos próximos 10 anos, baixos níveis de inf ação e crescimento das taxas de juro	0	1	
Social e cultural	▪ Tendência para um uso mais eficiente da água e consequente redução da procura	1	0	
Tecnológica	▪ Disponibilidade no mercado de novos instrumentos e tecnologias para apoio ao diagnóstico e à gestão de informação	2	0	
	▪ Disponibilidade de novos materiais e técnicas de renovação	2	0	
	▪ Risco de rápida obsolescência dos equipamentos e tecnologias emergentes	0	2	
Ambiental	▪ Incentivo à sustentabilidade ambiental decorrente das crescentes restrições ao uso de novas origens de água e necessidades de redução do consumo energético para cumprir os limites de emissão de CO <sub>2</sub>	3	0	
	▪ Risco de aumento dos custos do serviço prestado decorrentes das crescentes restrições ao uso de novas origens e necessidades de redução do consumo energético	0	2	
	▪ Apetência para o uso de água não potável para usos compatíveis	1	0	



**Quadro 5.10 – Análise do contexto externo específico de cada entidade externa relevante para a GPI**

Entidades intervenientes	Aspectos a contemplar	Oportunidade (0-3)	Ameaça (0-3)
Consumidores	▪ Tendência actual para compromissos acrescidos de qualidade do serviço estabelecidos contratualmente entre a entidade gestora e os clientes	2	0
Comunidade	▪ Crescente disponibilidade dos clientes para pagar por um serviço mais fiável	2	0
ONG			
Entidade titular	▪ Existência de restrições de intervenção no centro histórico da sede de concelho e na travessia de estradas nacionais	0	2
Administração	▪ Existência de restrições ao licenciamento de novas captações impostas regionalmente	0	2
Entidades reguladoras	▪ Incentivos à melhoria decorrentes da avaliação da entidade gestora pela ERSAR e do benchmarking com outras entidades	2	0
	▪ Risco de incumprimento ou de aumento de custos do serviço decorrente da avaliação da entidade gestora pela ERSAR	0	1
Consultores e projectistas	▪ Existência no mercado de consultores e projectistas aptos e com experiência demonstrada na elaboração de estudos e projectos de GPI ou de reabilitação de sistemas de abastecimento de água	1	0
Empreiteiros	▪ Existência no mercado de empreiteiros aptos e com experiência demonstrada na execução de obras de reabilitação de sistemas de abastecimento de água	1	0
Outros fornecedores	▪ Existência no mercado de materiais, serviços de apoio ao diagnóstico e tecnologias, bem como de fornecedores com conhecimentos e experiência demonstrada	2	0
Entidades financiadoras	▪ Existência de potenciais fontes de financiamento disponíveis para a região e para as obras consideradas prioritárias com condições de candidatura e de pagamento atractivas	3	0
Universidades	▪ Existência de metodologias e tecnologias inovadoras desenvolvidas recentemente e dominadas por especialistas nacionais, com potencial aplicação prática no contexto da GPI	3	0
Institutos de investigação	▪ Existência na região de unidade de investigação e desenvolvimento apta a prestar apoio ao desenvolvimento e implementação de planos de GPI	3	0

No quadro seguinte, a resposta 1 corresponde à pior situação possível e a 5 à situação de excelência.

**Quadro 5.11 – Lista de questões para apoio à análise do contexto interno**

Questões	Resposta (1-5)	Observações
Estrutura da organização		
Existe uma estrutura hierárquica bem definida e com diferentes níveis de decisão?	3	
Existem objectivos estratégicos claros e conhecidos de todos os funcionários da organização?	1	
Existem mecanismos que garantam que o processo de decisão em cada nível hierárquico contribui para o cumprimento dos objectivos estratégicos da organização?	2	
A estrutura organizativa existente é adequada ao desenvolvimento e implementação de planos de GPI?	3	
Recursos infra-estruturais		
As infra-estruturas que constituem o sistema estão suficientemente bem caracterizadas para permitir aos decisores de topo fundamentarem o estabelecimento de estratégias gerais de GPI?	4	
Em termos globais, a infra-estrutura de abastecimento de água está em bom estado de conservação?	2	
A informação sobre o estado de conservação das infra-estruturas é suficiente em termos de quantidade e de qualidade para o estabelecimento de estratégias gerais de GPI?	1	Não existem registos sobre o estado de conservação
Não existem componentes principais da infra-estrutura em estado de conservação que requeira intervenções de reabilitação urgentes?	2	A conduta adutora principal encontra-se muito degradada. Há também deficiências em muitos componentes secundários
Em termos globais, a infra-estrutura de abastecimento de água tem um bom desempenho funcional (avaliado pelas medidas de desempenho adoptadas em 0)	2	
A informação sobre o desempenho funcional das infra-estruturas é suficiente em termos de quantidade e de qualidade para o estabelecimento de estratégias gerais de GPI?	2	
Não existem componentes principais da infra-estrutura com desempenho funcional que requeira intervenções de reabilitação urgentes?	2	A conduta adutora principal tem capacidade insuficiente.

**Quadro 5.11 – Lista de questões para apoio à análise do contexto interno (cont.)**

Questões	Resposta (1-5)	Observações
<b>Recursos humanos</b>		
A organização dispõe de recursos humanos com competências, motivação e dimensão suficientes para o <u>desenvolvimento</u> e <u>implementação</u> de planos de GPI ao <u>nível estratégico</u> , sem recurso a subcontratação de serviços?	3	Os decisores de topo não têm experiência de desenvolvimento de planos estratégicos
A organização dispõe de recursos humanos com competências, motivação e dimensão suficientes para o <u>desenvolvimento</u> de planos de GPI ao <u>nível tático</u> , sem recurso a subcontratação de serviços?	4	Há uma equipa jovem com formação e motivação, com necessidade de orientação externa
A organização dispõe de recursos humanos com competências, motivação e dimensão suficientes para a <u>implementação</u> de planos de GPI ao <u>nível tático</u> , sem recurso a subcontratação de serviços?	4	Idem anterior
A organização dispõe de recursos humanos com competências, motivação e dimensão suficientes para o <u>desenvolvimento</u> de planos de GPI ao <u>nível operacional</u> , sem recurso a subcontratação de serviços?	4	Idem anterior
A organização dispõe de recursos humanos com competências, motivação e dimensão suficientes para a <u>gestão da implementação</u> de planos de GPI ao <u>nível operacional</u> , sem recurso a subcontratação de serviços?	4	Idem anterior
<b>Recursos tecnológicos</b>		
O sistema de cadastro e as rotinas de actualização e controlo de qualidade da informação existentes são adequados ao desenvolvimento e à implementação de planos de GPI?	3	
Existem dados históricos de operação e manutenção (e.g., registos de roturas e suas causas, de reparações, de intervenções de manutenção preventiva ou curativa) fiáveis e de fácil acesso?	2	
Existem dados contabilísticos relativos a operações de construção, de reparação, de manutenção, de recolha e tratamento de informação e ao custo de produção fiáveis e de fácil acesso?	1	
Existem procedimentos automatizados que permitam proceder rápida e eficazmente a cruzamentos de informação entre os principais sistemas de informação da organização (e.g., sistemas de informação geográfica, sistemas de clientes, sistemas de apoio à manutenção, sistemas de telegestão e sistemas de gestão contabilística)?	1	É difícil e moroso proceder ao cruzamento da informação
A entidade gestora dispõe de equipamentos de apoio à inspeção, à realização de ensaios de controlo de qualidade das obras realizadas e à monitorização do desempenho dos sistemas (e.g., medição de caudal e pressão)?	1	

**Quadro 5.11 – Lista de questões para apoio à análise do contexto interno (cont.)**

Questões	Resposta (1-5)	Observações
Recursos tecnológicos ( <i>continuação</i> )		
A entidade gestora tem capacidade interna de realização de obras correntes de manutenção (incluindo reparações e realização de pequenas obras)?	4	
A entidade gestora tem capacidade interna de realização das obras de reabilitação necessárias para garantir a sustentabilidade das infra-estruturas (em sistemas bem geridos, correspondentes a taxas médias de reabilitação de 2-3%/ ano) em termos de recursos tecnológicos e humanos?	1	
Recursos financeiros		
A entidade gestora tem proveitos suficientes para a realização das obras de reabilitação necessárias para garantir a sustentabilidade das infra-estruturas (em sistemas bem geridos, correspondentes a taxas médias de reabilitação de 2-3%/ ano)?	1	Os proveitos das tarifas cobrem apenas os custos operacionais

Com base nesta informação, pode elaborar-se a análise SWOT. O Quadro 5.12 e 5.15 sintetiza as principais oportunidades e ameaças que resultam da análise das etapas anteriores.

**Quadro 5.12 – Identificação de oportunidades (cf. Exemplo 5)**

Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhoria da qualidade do serviço prestado aos clientes promovida pela implementação do PEAASAR II, pelas novas exigências legais e regulatórias e pela crescente consciencialização da população sobre aspectos ambientais.</li> <li>▪ Conjugação do recurso a fundos estruturais para uma fase de investimento em reabilitação a curto e médio prazo, com a actualização gradual das tarifas permitida pelo novo regulamento tarifário, de modo a permitir a continuidade de boas práticas de reabilitação e, consequentemente, garantir a sustentabilidade infra-estrutural.</li> <li>▪ Maior visibilidade face aos clientes, aos decisores políticos e à sociedade em geral do efeito de boas práticas de reabilitação na melhoria da qualidade do serviço e crescente disponibilidade dos clientes para pagar um serviço mais fiável, decorrentes da aplicação da regulação da qualidade do serviço por parte da ERSAR e do estabelecimento de contratos de serviço com os clientes.</li> <li>▪ Realização de parcerias com a unidade de investigação local e a organização com vista ao apoio técnico na elaboração de planos de GPI, aos três níveis de decisão.</li> <li>▪ Utilização de tecnologias de apoio ao diagnóstico, de gestão de informação e de GPI mais eficientes e eficazes, decorrente da disponibilidade no mercado nacional a preços acessíveis.</li> <li>▪ Diversificação dos serviços prestados, incluindo o abastecimento de água não potável para usos compatíveis.</li> </ul>

### Quadro 5.13 – Identificação de ameaças (cf. Exemplo 5)

Ameaças
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Infexão ou indefinição das políticas públicas que regem o sector, que podem condicionar o seu desenvolvimento e dinamização, com reflexos negativos no consumidor final.</li><li>▪ Reacção negativa da população face ao aumento do preço da água decorrente da nova pressão legal e regulatória para a melhoria da qualidade da água, do serviço em geral e da protecção do ambiente.</li><li>▪ Penalizações e danos de imagem decorrentes do incumprimento das exigências legais e regulatórias emergentes.</li><li>▪ Restrições ao licenciamento de novas captações de água.</li><li>▪ Redução da procura de água com características para consumo humano decorrentes de um uso mais eficiente da água e de utilização de água não potável para usos compatíveis, com efeitos negativos do ponto de vista financeiro.</li></ul>

### Quadro 5.14 – Identificação de pontos fortes da organização (cf. Exemplo 5)

Pontos fortes da organização
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Existe um bom cadastro das infra-estruturas que permite suportar o desenvolvimento de planos de GPI.</li><li>▪ Existe uma estrutura hierárquica bem definida e com potencial de ajustar de modo a permitir o desenvolvimento e implementação de planos de GPI.</li><li>▪ A organização dispõe de recursos humanos com competências, dimensão e motivação suficientes para o desenvolvimento e implementação de planos de GPI aos diversos níveis, embora com necessidade de apoio externo.</li><li>▪ A organização tem capacidade interna de realização de obras de manutenção.</li></ul>

### Quadro 5.15 – Identificação de pontos fracos da organização (cf. Exemplo 5)

Pontos fracos da organização
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Alguns dos componentes principais da infra-estrutura e muitos dos secundários apresentam um estado de conservação insatisfatório, o que se reflecte no mau desempenho da infra-estrutura e na necessidade de intervenções urgentes de reabilitação.</li><li>▪ Não existem registos sobre o estado de conservação dos componentes que permitam sustentar adequadamente a definição de prioridades de actuação.</li><li>▪ Não existem dados históricos de operação e manutenção nem dados contabilísticos fiáveis e de fácil acesso que permitam sustentar com exactidão análises de custos no ciclo de vida.</li><li>▪ Os sistemas de informação existentes não estão integrados entre si, tornando difícil e moroso proceder ao cruzamento de informação.</li><li>▪ A organização não dispõe de meios técnicos de apoio à inspecção, ao controlo de qualidade das obras realizadas e à monitorização do desempenho dos sistemas.</li><li>▪ A organização não é economicamente sustentável com as tarifas actualmente praticadas, que cobrem apenas os custos operacionais.</li></ul>

## 5.7. Formulação de estratégias e produção do plano

Esta fase do processo de planeamento envolve a identificação de estratégias alternativas, a sua comparação e a selecção das mais adequadas aos serviços-chave e à organização como um todo. A análise de cada estratégia requer que simultaneamente seja estudada a forma e a viabilidade de implementação. Para o Exemplo 5, apresentado anteriormente, poderiam ser adoptadas, a título ilustrativo, as estratégias E1 a E6 constantes do Quadro 5.16.

**Quadro 5.16 – Estabelecimento de estratégias (cf. Exemplo 5)**

E# Descrição da estratégia
<p><b>E1 – Realizar intervenções de reabilitação faseadas com vista à melhoria dos níveis de serviço actuais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ a curto prazo, nos componentes principais mais críticos para o funcionamento do sistema e comprovadamente em condição física deficiente;</li> <li>▪ a médio prazo, nas partes do sistema e nos componentes considerados prioritários, com base em informação complementar recolhida a curto prazo e no diagnóstico de funcionamento do sistema;</li> <li>▪ a longo prazo, nas partes do sistema e nos componentes ainda problemáticos, por forma a atingir bons níveis de serviço e um índice de valor da infra-estrutura da ordem de 50%.</li> </ul>
<p><b>E2 – Promover o controlo de perdas de água</b></p>
<p><b>E3 – Potenciar o acesso a fundos estruturais para financiar as intervenções necessárias a curto prazo nos componentes principais deficientes.</b></p> <p>Dado que os fundos estruturais se destinam à construção de novas obras, deverá tirar-se partido destes fundos para a realização de intervenções de reabilitação do sistema que sejam elegíveis, tais como a construção de uma adutora em substituição da existente.</p>
<p><b>E4 – Actualizar gradualmente as tarifas de modo a cumprir o estabelecido na Directiva-Quadro da Água, tirando partido de legislação, de recomendações da entidade reguladora e da exposição pública dos resultados decorrente da regulação pela ERSAR.</b></p> <p>Esta estratégia é indispensável para a sustentabilidade infra-estrutural da organização, assegurada pela implementação de boas práticas de reabilitação de modo sistemático. O estabelecimento de tarifas deverá ter em vista a cobertura total de custos e ter em consideração a eventual quebra de procura decorrente de um uso mais eficiente da água.</p>
<p><b>E5 – Ajustar a estrutura hierárquica e os modelos de decisão e definir a política de outsourcing que permita gerir a infra-estrutura de modo sustentável.</b></p> <p>Esta estratégia é indispensável para cumprir os novos requisitos regulatórios relativos à qualidade de serviço e a legislação de qualidade da água. Permite que, ao nível tático, se proceda à identificação de prioridades de reabilitação de curto e médio prazo, à melhoria da gestão de informação, da gestão de recursos humanos próprios e contratados e da gestão de recursos tecnológicos (próprios e contratados) de apoio ao diagnóstico, à realização de obras de reabilitação e à monitorização dos resultados.</p>

#### Quadro 5.16 – Estabelecimento de estratégias (cf. Exemplo 5) (cont.)

E#	Descrição da estratégia
E6	<p><b>Avaliar a viabilidade técnico-económica de utilização de água não potável.</b></p> <p>As crescentes restrições legais relativas ao licenciamento de captações de água, a crescente pressão para a redução do consumo de energia e produção de resíduos vão inevitavelmente requerer um uso mais eficiente da água e o recurso a origens de água não potável para usos compatíveis. As entidades gestoras deverão ter estes factores em conta. Neste contexto, esta estratégia consiste na avaliação da viabilidade técnico-económica da utilização de água não potável (e.g., água da chuva, linhas de água próximas do ponto de utilização, furos, água residual tratada) para fins compatíveis (e.g., rega, lavagem de ruas, combate a incêndio) e as respectivas consequências para o sistema de abastecimento actual.</p>

Definidos os objectivos e metas, feito o diagnóstico e definidas as estratégias, dever-se-á proceder à redacção do plano estratégico, que deverá conter a seguinte informação (INGENIUM e IPWEA, 2006):

- visão e missão da organização;
- objectivos estratégicos, critérios, medidas e metas a atingir;
- síntese do contexto externo e interno;
- oportunidades, ameaças, pontos fortes e pontos fracos relevantes para a GPI;
- estratégias para cumprir a missão e atingir objectivos e metas;
- mecanismos de monitorização, avaliação e de revisão do plano, com base nas medidas de desempenho definidas para avaliar os objectivos e especificar as metas.

Como referido em 5.1, deverá existir um plano estratégico global para toda a organização, no qual deverão ser incluídas as directrizes relevantes para a GPI.

### 5.8. Implementação, monitorização e revisão do plano

A implementação do plano estratégico consiste no desenvolvimento de planos tácticos e operacionais com ele articulados e coerentes.

É indispensável que a implementação do plano estratégico seja devidamente acompanhada e monitorizada e o plano revisto periodicamente.

Embora o horizonte do plano seja longo, a monitorização deverá ser feita anualmente, de modo a identificar eventuais desvios e acções correctivas de melhoria que garantam o cumprimento


dos objectivos e fundamentem um eventual ajuste de metas e de estratégias. A revisão do plano deverá ser efectuada com uma frequência não superior a 5 anos.

A monitorização envolve o cálculo sistemático das medidas de desempenho seleccionadas em 5.5 para todos os objectivos estratégicos e a comparação entre estas e as respectivas metas. O grau de cumprimento global de cada objectivo deverá ser avaliado a partir do cumprimento das metas individuais. Pode ser calculado como a percentagem de metas cumpridas, adoptando o mesmo peso para todas medidas ou atribuindo-lhes pesos distintos consoante a respectiva importância para a organização.

Anualmente deverá ser elaborado um documento-síntese que apresente os resultados da monitorização, a serem, eventualmente, integrados no relatório anual da entidade gestora. Este documento pode assumir a forma de tabela, como a que se exemplifica no Quadro 5.17 para um dos objectivos estratégicos.



**Quadro 5.17 – Exemplo de monitorização do plano estratégico para avaliar o cumprimento do objectivo “Protecção do meio ambiente”**

Protecção do meio ambiente					
Medidas de desempenho	Valor inicial	Valor actual	Cumprimento	Metas	
				Ano inicial + 5	Ano inicial + 15
Eficiência do uso da água					
Perdas reais por ramal (l/ramal/dia)	160	135	✓	Atingir 100	Manter
Perdas reais por comprimento de conduta (l/km/dia)	1800	1500	✓	Atingir 1000	Manter
Ineficiência de utilização dos recursos hídricos (%)	40	33	✓	Reduzir 25%	Atingir 15
Eficiência do uso da energia					
Consumo de energia normalizado (kWh/m³/100 m)	0.90	0.85	×	Atingir 0.60	Atingir 0.40
					
Grau de cumprimento global do objectivo					75%

**Legenda:** Objectivo atingido ✓ Objectivo não atingido ×

A revisão do plano tem por base a análise dos resultados da monitorização, e deverá envolver a realização de nova análise SWOT, com as respectivas análises do contexto externo e interno. Da revisão do plano resultam ajustes de objectivos, metas e estratégias.

O resultado da monitorização e alterações significativas do contexto externo (e.g., devidas a evolução tecnológica, a alteração dos requisitos legais ou regulatórios, ou das condições da actividade) são factores-chave que condicionam a frequência de revisão do plano, que pode, por estas razões, ter de ser inferior aos 5 anos referidos.



## 6. PLANEAMENTO TÁCTICO

### 6.1. Objectivo e relevância do planeamento táctico

O **objectivo** do planeamento táctico é materializar as estratégias estabelecidas no planeamento estratégico, definindo a forma de as implementar sectorialmente (*i.e.*, estabelece as táticas sectoriais a adoptar). Os **planos tácticos** têm um âmbito mais restrito do que o plano estratégico, em termos geográficos ou temáticos. São instrumentos de gestão fundamentais para assegurar uma coerência entre a actividade de rotina, ao nível operacional, e as estratégias globais da organização.

Têm um **horizonte temporal** mais curto do que o do plano estratégico, adoptando-se tipicamente horizontes de três a cinco anos.

Envolvem o desenvolvimento de subplanos autónomos (*e.g.*, plano de GPI) que traduzam os objectivos estratégicos em objectivos sectoriais, estabeleçam prioridades de actuação no respectivo domínio e definam os recursos (naturais, infra-estruturais, tecnológicos, humanos e financeiros) necessários para atingir os objectivos pretendidos.

Apesar do planeamento da GPI dever ser feito aos três níveis apresentados neste guia, a designação **plano de gestão patrimonial de infra-estruturas** (GPI) corresponde ao plano de nível táctico para implementação das estratégias que se prendem com a infra-estrutura (INGENIUM e IPWEA, 2006). Este plano contém outros planos, nomeadamente o plano (táctico) de intervenções infra-estruturais, que se refere às intervenções físicas (obras) de reabilitação e de expansão a realizar, e o plano (táctico) de operação e manutenção, relativo à manutenção de equipamentos e obras de construção civil e à operação dos sistemas. Contudo, o plano de GPI deverá também contemplar os aspectos de gestão e de informação considerados relevantes para que as infra-estruturas sejam adequadamente geridas.

O plano de intervenções infra-estruturais é o mais estruturante do ponto de vista da implementação de uma abordagem de GPI numa organização porque, abrangendo toda a organização e a globalidade da infra-estrutura, define as directrizes concretas de actuação para o médio prazo condicionando as táticas de operação e manutenção, entre outras táticas não infra-estruturais.

Os planos gerais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais previstos na actual regulamentação portuguesa (Art. 4.º do Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto) são também exemplos de planos táticos e correspondem ao que neste guia se designa por planos de intervenções infra-estruturais.

## **6.2. Processo de elaboração de um plano tático de GPI**

Tal como no caso do plano estratégico, é indispensável que o processo de elaboração de um plano tático seja iniciado com a constituição de uma equipa multidisciplinar, responsável não só pela elaboração do plano como também pelo envolvimento efectivo de toda a organização.

Dever-se-á definir claramente qual a infra-estrutura a que se refere o plano, a delimitação da área por ela servida e o horizonte temporal de planeamento, que deverá ser entre três a cinco anos. O âmbito geográfico poderá ser mais limitado do que o do plano estratégico, ou seja, em organizações mais complexas pode haver mais do que um plano tático de GPI de modo a cobrir toda a área servida.

A elaboração de um plano tático de GPI pode ser sistematizada nas fases apresentadas na Figura 6.1 e, quando envolverem etapas distintas, pormenorizadas nas Figuras 6.2 a 6.5. Estas fases são explicadas individualmente nas secções seguintes (do subcapítulo 6.3 a 6.9). Esta metodologia procura ser tão completa quanto possível, o que conduz a alguma complexidade aparente. É importante que, sobretudo nas primeiras aplicações, se opte por simplificar os procedimentos apresentados, desde que se tenham em linha de conta os seus princípios gerais, mesmo que seja de modo informal. Esta simplificação é espectável sempre que não existam os dados necessários para a sua aplicação ou ainda no caso de pequenas e médias organizações, com recursos humanos e tecnológicos limitados. Para facilitar a consulta do guia e a implementação simplificada do processo de planeamento tático, apresenta-se no Capítulo 1 a sistematização dos princípios gerais e dos procedimentos básicos a adoptar nesta opção de simplificação.

Apesar das intervenções infra-estruturais englobarem obras de expansão e obras de reabilitação, é ao nível da reabilitação que se colocam dúvidas sobre o estabelecimento de prioridades e comparação de alternativas, uma vez que as expansões são obras de carácter imperativo, condicionadas por factores de desenvolvimento

externo. Por isso, a metodologia apresentada neste capítulo centra-se na reabilitação.



Figura 6.1 – Fases do processo de elaboração de um plano tático



Figura 6.2 – “Identificação e avaliação da informação” no processo de elaboração de um plano tático



Figura 6.3 – “Recolha de informação e avaliação de desempenho” no processo de elaboração de um plano tático

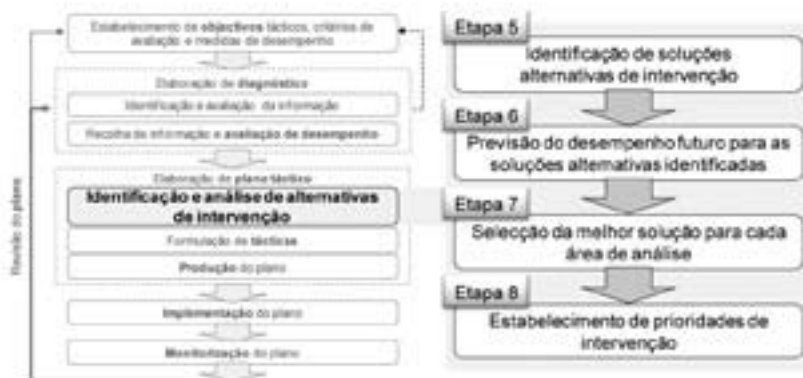


Figura 6.4 – “Identificação e análise de alternativas de intervenção” no processo de elaboração de um plano tático



Figura 6.5 – “Formulação de táticas” e “produção do plano” no processo de elaboração de um plano tático

### 6.3. Objectivos tácticos

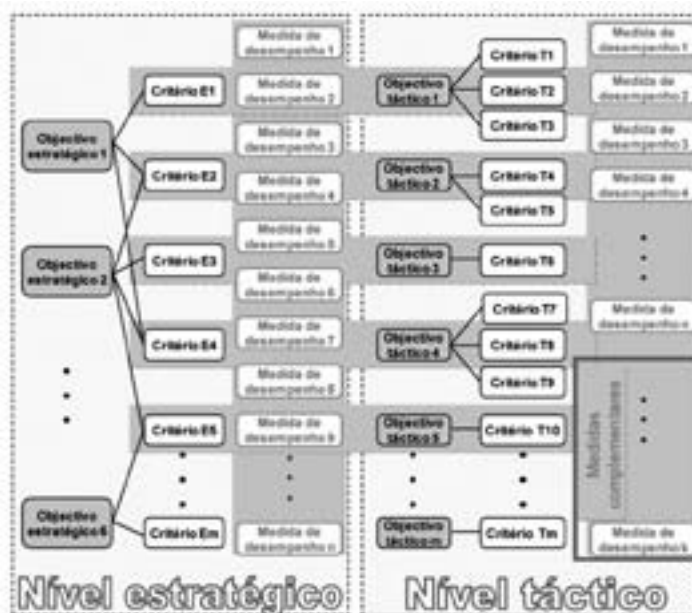
Com base nos objectivos estratégicos, deverão ser definidos objectivos tácticos concretos que a organização pretenda alcançar. Para além dos objectivos tácticos deverem estar alinhados com os objectivos estratégicos, deverão também ser pragmáticos e compatíveis entre si. Deverão, ainda, ser mensuráveis de modo a que a organização possa monitorizar o progresso conseguido e, em conformidade, introduzir as alterações adequadas.

Se tiver sido seguida a metodologia recomendada no nível estratégico, em que os critérios já correspondem a uma discretização dos objectivos estratégicos nos principais aspectos a contemplar, uma solução possível de formulação dos objectivos tácticos é a associação directa a cada um dos critérios de avaliação estabelecidos no nível estratégico (Figura 6.6). Desta forma simplifica-se o processo de articulação entre níveis de planeamento. Pela mesma razão sugere-se que, ao nível táctico, as medidas de avaliação de desempenho sejam as mesmas que as do nível estratégico, complementadas com outras que se afigurem relevantes para o caso concreto. No subcapítulo seguinte apresentam-se exemplos de medidas de desempenho que podem ser adoptadas.

Para os critérios estratégicos apresentados no Quadro 5.1, os objectivos tácticos correspondentes seriam os que constam do Quadro 6.1.

**Quadro 6.1 – Relação entre critérios de avaliação ao nível estratégico e objectivos tácticos, no contexto da GPI**

Critérios de avaliação ao nível estratégico	Objectivos tácticos
Adequação da quantidade de água	Garantir a quantidade adequada de água nos pontos de consumo em situações normais e de emergência
Avaliação do cumprimento dos requisitos de pressão	Garantir o cumprimento dos requisitos de pressão em todos os pontos de consumo
Avaliação do cumprimento das normas em matéria de saúde pública e de qualidade da água para consumo humano	Garantir o cumprimento das normas em matéria de saúde pública e de qualidade da água
Ocorrência de falhas de abastecimento (continuidade e interrupções de serviço)	Garantir o cumprimento dos requisitos regulatórios relativos a falhas de abastecimento
Sustentabilidade e integridade infra-estrutural	Assegurar a sustentabilidade e a integridade infra-estrutural
Sustentabilidade económico-financeira da entidade gestora	Assegurar a sustentabilidade económico-financeira da entidade gestora
Eficiência do uso da água	Promover o uso eficiente da água
Eficiência do uso da energia	Promover o uso eficiente da energia
Eficiência da utilização dos recursos humanos, tecnológicos e materiais	Promover o uso eficiente dos recursos humanos, tecnológicos e materiais



**Figura 6.6 – Alinhamento entre critérios de avaliação ao nível estratégico e objectivos e critérios ao nível táctico**



## 6.4. Critérios, medidas e metas

O Quadro 6.2 contém uma possível lista de critérios e de medidas de desempenho para os objectivos tácticos estabelecidos em 6.3. Cabe à entidade gestora adaptá-los à realidade do sistema de abastecimento de água em análise.

Como referido, as medidas de desempenho a adoptar deverão ser as mesmas que tiverem sido seleccionadas para o nível estratégico, eventualmente mais desagregadas (e.g., as medidas de qualidade da água podem ser desagregadas pelos principais parâmetros de controlo). Estas medidas deverão ser calculadas de modo discriminado, por exemplo por sector ou subsistema, de modo a permitir a identificação dos sectores com prioridade de intervenção mais elevada. Exceptuam-se as medidas associadas aos objectivos tácticos “Assegurar a sustentabilidade económica da entidade gestora” e “Promover o uso eficiente dos recursos humanos, tecnológicos e materiais”, que, em geral, só podem ser calculadas para a globalidade do sistema. No Quadro 6.2 indicam-se ainda as medidas que podem justificar uma desagregação em indicadores de segundo nível. Pode haver situações em que se justifica a utilização de outras medidas de desempenho, a definir caso a caso.

Para cada medida, o Quadro 6.2, apresenta a correspondência com o objectivo e o critério táctico, com indicação da unidade e do código nos sistemas de avaliação de desempenho da ERSAR (com prefixo de codificação “AA”) e da Associação Internacional da Água (Alegre *et al.*, 2006a), quando a medida existe nestes sistemas. Como referido anteriormente, Duarte (2010) apresenta um painel alargado de medidas de desempenho para apoio à gestão de sistemas de abastecimento de água que pode complementar as medidas apresentadas no Quadro 6.2.

**Quadro 6.2 – Relação entre objectivos, critérios e medidas ao nível táctico, relevantes no contexto da GPI**

Objectivos tácticos	CrITÉRIOS tácticos	Medidas de desempenho	
Garantir a quantidade adequada de água nos pontos de consumo do sistema em situações normais e de emergência	Adequação da quantidade de água em situação normal em áreas abastecidas	<b>Continuidade do abastecimento (%) <sup>(*)</sup></b>	QS12
		<b>Adequação da pressão mínima de serviço (%) <sup>(*)</sup></b>	QS10
		<b>Adequação do abastecimento na adução (%) <sup>(*)</sup></b>	QS11
	Adequação do fornecimento de água em situações de emergência	<b>Adequação da pressão de serviço em situação de incêndio (%)</b> Número de pontos de entrega onde as pressões em situação de incêndio para consumos de ponta são iguais ou superiores ao mínimo requerido / número de ramais x 100.	(novo)
Garantir o cumprimento dos requisitos de pressão em todos os pontos de consumo	Adequação das pressões mínimas	<b>Adequação da pressão mínima de serviço (%) <sup>(*)</sup></b>	QS10
		<b>Adequação do abastecimento na adução (%) <sup>(*)</sup></b>	QS11
	Adequação das pressões máximas	<b>Adequação da pressão máxima de serviço (%)</b> Número de pontos de entrega onde as pressões na hora de menor consumo são iguais ou inferiores ao chamado máximo admissível / número de ramais x 100.	(novo)
	Adequação da flutuação de pressão	<b>Adequação da flutuação da pressão (%)</b> Número de pontos de entrega onde a flutuação de pressão é igual ou inferior ao máximo admissível para as condições normais de funcionamento / número de ramais x 100.	(novo)

**Quadro 6.2 – Relação entre objectivos, critérios e medidas ao nível tático, relevantes no contexto da (cont.)**

Objectivos táticos	Critérios táticos	Medidas de desempenho	
Garantir o cumprimento das normas em matéria de saúde pública e de qualidade da água	Adequação das características organolépticas	<b>Análises organolépticas realizadas (%)</b> Número de análises organolépticas realizadas à água tratada durante o período de referência / número de análises organolépticas à água tratada requeridas durante o período de referência pelas normas ou legislação aplicável x 100.	Op41
		<b>Qualidade organoléptica (%)</b> Número de análises organolépticas realizadas à água tratada, durante o período de referência, cujos resultados estão em conformidade com a legislação aplicável/número de análises organolépticas realizadas à água tratada durante o período de referência.	QS19
	Adequação da qualidade microbiológica	<b>Análises microbiológicas realizadas (%)</b> Número de análises microbiológicas realizadas à água tratada durante o período de referência/número de análises microbiológicas à água tratada requeridas durante o período de referência pelas normas ou legislação aplicável x 100.	Op42
		<b>Qualidade microbiológica (%)</b> Número de análises microbiológicas realizadas à água tratada, durante o período de referência, cujos resultados estão em conformidade com a legislação aplicável/número de análises microbiológicas realizadas à água tratada durante o período de referência x 100.	QS20
	Adequação da qualidade físico-química	<b>Análises físico-químicas realizadas (%)</b> Número de análises físico-químicas realizadas à água tratada durante o período de referência / número de análises físico-químicas à água tratada requeridas durante o período de referência pelas normas ou legislação aplicável x 100	Op43
		<b>Qualidade físico-química (%)</b> Número de análises físico-químicas realizadas à água tratada, durante o período de referência, cujos resultados estão em conformidade com a legislação aplicável / número de análises físico-químicas realizadas à água tratada durante o período de referência x 100	QS21

**Quadro 6.2 – Relação entre objectivos, critérios e medidas ao nível tático, relevantes no contexto da (cont.)**

Objectivos táticos	CrITÉrios táticos	Medidas de desempenho	
Garantir o cumprimento dos requisitos regulatórios relativos a falhas de abastecimento	Adequação da capacidade hidráulica do sistema de adução e distribuição para satisfazer as necessidades de serviço	<b>Falhas no abastecimento</b> (n.º/(ponto de entrega. ano) ou n.º/(1000 ramais.ano)) (*)	AA03a,b
		<b>Adequação da pressão mínima de serviço</b> (%) <sup>(*)</sup>	QS10
		<b>Adequação do abastecimento na adução</b> (%) <sup>(*)</sup>	QS11
	Adequação do risco de interrupção de abastecimento devido a avarias em componentes	<b>Falhas no abastecimento</b> (n.º/(ponto de entrega. ano) ou n.º/(1000 ramais.ano)) (*) <b>Avarias em condutas</b> (n.º/100 km/ano) Número de avarias em condutas por unidade de comprimento (excluem-se as avarias em condutas comprovadamente provocadas por terceiros e detectadas no âmbito do controlo activo de fugas).	AA03a,b  AA 16 Op31
Assegurar a sustentabilidade e a integridade infra-estrutural	Adequação da sustentabilidade de infra-estrutural	<b>Capacidade de reserva de água tratada</b> (dias) <sup>(*)</sup>	AA 13 Ph3
		<b>Reabilitação de condutas</b> (%/ano) <sup>(*)</sup> (Desagregado por duração ou causa)	AA 14 Op16
		<b>Reabilitação de ramais</b> (%/ano) <sup>(*)</sup> (Desagregado por duração ou causa)	AA 15 Op20
		<b>Índice de valor da Infra-estrutura</b> (-) <sup>(*)</sup> (Desagregado por duração ou causa)	(novo)
	Adequação da integridade infra-estrutural	<b>Perdas reais por ramal</b> (l/ramal/dia com sistema em pressão) <sup>(*)</sup>	Op27
		<b>Perdas reais por comprimento de conduta</b> (l/km /dia com sistema em pressão) <sup>(*)</sup>	Op28
		<b>Avarias em condutas</b> (n.º/100 km/ano) Número de avarias em condutas por unidade de comprimento	AA 16 Op31
Assegurar a sustentabilidade económico-financeira da entidade gestora	Adequação dos proveitos aos custos, incluindo os investimentos em reabilitação	<b>Rácio de cobertura dos custos operacionais</b> (-) <sup>(*)</sup> (Desagregado por duração ou causa)	AA 07 Fi31
		<b>Custos operacionais unitários</b> (€/m <sup>3</sup> ) <sup>(*)</sup>	AA 08 Fi5
		<b>Rácio de solvabilidade</b> (-) <sup>(*)</sup>	AA 09 Fi40
		<b>Água não facturada</b> (%) <sup>(*)</sup>	AA 10 Fi46
Promover o uso eficiente da água	Adequação dos níveis de perdas reais	<b>Perdas reais por ramal</b> (l/ramal/dia com sistema em pressão) <sup>(*)</sup>	Op27
		<b>Perdas reais por comprimento de conduta</b> (l/km /dia com sistema em pressão) <sup>(*)</sup>	Op28
		<b>Ineficiência na utilização dos recursos hídricos</b> (%) <sup>(*)</sup>	AA 18 WR1

**Quadro 6.2 – Relação entre objectivos, critérios e medidas ao nível tático, relevantes no contexto da (cont.)**

Objectivos táticos	Critérios táticos	Medidas de desempenho	
Promover o uso eficiente da energia	Adequação dos consumos de energia	<b>Eficiência energética de instalações elevatórias</b> (kWh/m <sup>3</sup> /100 m) <sup>(*)</sup> ( <i>Desagregado por EE</i> )	AA 19 Ph5
		<b>Consumo específico de energia</b> (kWh/m <sup>3</sup> ) <sup>(*)</sup> ( <i>Desagregado por EE</i> )	(novo)
		<b>Energia em excesso por volume de água facturada</b> (kWh/m <sup>3</sup> de água facturada) Rácio entre a energia em excesso e o volume de água facturado, sendo a energia em excesso calculada pela diferença a energia fornecida e a soma das energia mínima e recuperada (Duarte, 2010)	(novo)
	Adequação das fontes de energia utilizadas	<b>Utilização de fontes de energia renováveis</b> (%) Percentagem da energia consumida pela entidade gestora nos sistemas de adução e distribuição que é proveniente de fontes de energia renováveis. (Duarte, 2010)	(novo)
Promover o uso eficiente dos recursos humanos, tecnológicos e materiais	Adequação da produtividade dos recursos humanos e da eficiência do uso dos recursos tecnológicos e materiais	<b>Recursos humanos</b> <sup>(*)</sup> (n.º/(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> .ano) ou n.º/(1 000 ramais/ano))	AA 17 Pe1 ou Pe2
		<b>Pessoal afecto à operação e à manutenção</b> <sup>(*)</sup> (%)	Pe9
		<b>Custos unitários correntes</b> <sup>(*)</sup> (€/m <sup>3</sup> )	AA 08 Fi5
		<b>Outros custos correntes</b> (%) Percentagem dos custos correntes correspondente à aquisição de produtos consumíveis e equiparáveis, aluguer de equipamentos e serviços, taxas, contribuições e impostos, resultados extraordinários e outros custos de operação.	Fi11

(\*) A definição desta medida, adoptada no nível estratégico, consta do Quadro 5.2.

À semelhança do nível estratégico, uma vez definidas as medidas de desempenho, o plano tático deverá estabelecer metas, neste caso de médio prazo. Estas metas deverão ser coerentes com as definidas no nível estratégico. Podem eventualmente admitir-se metas mais permissivas ou exigentes para subsistemas individuais, desde que se garanta o cumprimento das metas globais para toda a organização. O estabelecimento das metas sectoriais pode e deverá atender às consequências de incumprimento das metas globais para o sector em análise.

Tome-se o exemplo do indicador de roturas em condutas. A ocorrência de uma rotura numa conduta afecta directamente os consumidores por ela abastecidos, afecta a entidade gestora em termos de custo de operação e manutenção e afecta terceiros em termos de inundações, perturbações de tráfego e acessibilidade.

Áreas de análise onde as intervenções estão condicionadas ou as perturbações a terceiros são elevadas (e.g., zonas históricas, comerciais, ou com muito tráfego), ou áreas com consumidores críticos (e.g., hospitais, escolas, instituições governamentais) são mais afectadas pela ocorrência de roturas do que outras. Deste modo, o nível de aceitabilidade do risco de rotura pode ser diferente entre áreas de análise, o que se deverá traduzir no estabelecimento de metas diferenciadas (e.g., metas de curto prazo de 10 roturas/(100 km.ano) em áreas onde as consequências são mais gravosas e de 30 roturas/(100 km.ano) nas restantes).

Definidas as medidas e as metas de desempenho, a fase seguinte do planeamento táctico consiste na elaboração do diagnóstico.

## **6.5. Identificação e avaliação da informação necessária e disponível**

### **6.5.1. Importância da informação**

A identificação e a avaliação de informação constituem a primeira fase do diagnóstico. Inclui a avaliação da disponibilidade de dados para caracterização do sistema, a um nível mais pormenorizado que o exigido ao nível estratégico, para a identificação de anomalias no estado actual e para a previsão da evolução a médio e a longo prazo das solicitações de serviço e da degradação por envelhecimento da condição física dos componentes. A informação deverá ser a necessária e suficiente para suportar a avaliação de desempenho do sistema no horizonte de análise e fundamentar as tácticas a implementar. Deverá permitir:

- avaliar o grau de cumprimento dos objectivos estratégicos e tácticos com base no cálculo das medidas de desempenho e nas metas definidas para a globalidade do sistema;
- caracterizar o estado actual das infra-estruturas existentes, incluindo o cadastro actualizado e a avaliação do estado funcional e de conservação das infra-estruturas;
- avaliar o índice de valor da infra-estrutura (dado pela razão entre o valor actual da infra-estrutura e o valor de uma infra-estrutura equivalente em estado novo – Quadro 5.2);
- identificar os componentes mais críticos do sistema para assegurar o desempenho requerido de modo sustentável e estabelecer medidas mitigadoras do risco;

- estimar as solicitações de serviço no horizonte temporal do plano e de longo prazo, incluindo a previsão da evolução populacional;
- avaliar o desempenho funcional do sistema para as solicitações previstas;
- identificar os subsistemas ou componentes que requerem uma intervenção prioritária em termos de reabilitação, com base na avaliação do grau de cumprimento dos objectivos tácticos (definidos a nível sectorial, para a situação de partida, para o horizonte do plano e a longo prazo).

Neste contexto, a identificação e avaliação da informação compreende (Figura 6.2):

- identificação da informação necessária;
- identificação e localização dos dados existentes e respectiva avaliação;
- identificação de lacunas de informação;
- estabelecimento de procedimentos para recolha dos dados existentes e dos dados em falta.

### **6.5.2. Tipos de informação**

Os principais tipos de informação envolvidos são:

- características físicas dos componentes (cadastro);
- informação operacional sobre falhas e reparações;
- informação operacional relativa a inspecções e a intervenções de manutenção preventiva;
- informação operacional sobre o modo de funcionamento do sistema;
- informação sobre solicitações de consumo de água;
- dados contabilísticos.

#### ***Informação de cadastro***

Os principais dados de cadastro necessários são os que constam do Quadro 6.3, que está estruturado por tipo de componente. Para cada caso apresenta-se a informação considerada indispensável no âmbito da GPI, assim como a informação complementar relevante que desejavelmente deverá estar também disponível.

**Quadro 6.3 – Dados de cadastro relevantes no âmbito da GPI**

Componente	Informação mínima necessária	Informação complementar desejável
Conduitas	localização; comprimento; diâmetro; material.	data de entrada em serviço; cota piezométrica mínima a satisfazer nos pontos notáveis; tipo de junta; qualidade de construção (qualitativa); data e tipo de intervenções generalizadas de reabilitação.
Ramais	localização	comprimento; diâmetro; material; data de entrada em serviço; qualidade de construção (qualitativa).
Reservatórios	localização; capacidade; n.º de células; cota de soleira.	geometria; material; data de entrada em serviço; níveis (cota) de operação; qualidade de construção (qualitativa); data e tipo de intervenções generalizadas de reabilitação.
Estações elevatórias	localização; n.º de grupos electro-bomba. <i>Por grupo:</i> potência; tipo de grupo; caudal nominal; altura de elevação; origem e destino da água.	Por grupo: data de entrada em serviço; marca / modelo; data e tipo de intervenções generalizadas de reabilitação.
Órgãos de manobra e controlo	Para os principais órgãos: tipo (válvulas redutoras de pressão ou caudal, válvulas de seccionamento, ventosas, válvulas de retenção, válvulas de descarga); localização; diâmetro; localização em caixa (sim/não).	Para os principais órgãos: data de entrada em serviço; subtipo (e.g., cunha, borboleta); marca / modelo; princípio de funcionamento; pressão/caudal de regulação (só para as válvulas reguladoras). Para os restantes órgãos: Informação mínima necessária e informação complementar desejável.
Equipamento de monitorização	Tipo (e.g., medidores de caudal, de pressão ou de qualidade da água); localização; diâmetro (só para medidores de caudal).	Data de instalação; subtipo (e.g., electromagnético ou volumétrico, manómetro ou transdutor); marca / modelo; parâmetros medidos; sistema de aquisição e transmissão de dados; medição (permanente ou temporária).



Se a informação indispensável não estiver disponível, deverá ser dada prioridade à sua recolha. Sem esta informação só é possível elaborar planos tácticos de GPI simplificados, centrados apenas nos componentes críticos do sistema, para os quais é de todo indispensável dispor de dados. Estes planos simplificados deverão ser sujeitos a revisão logo que a informação indispensável estiver disponível.

A informação complementar é também necessária para que as ferramentas de avaliação e de previsão possam ser utilizadas. Contudo, o início de implementação de uma abordagem de GPI pode decorrer em paralelo com a implementação de procedimentos de recolha destes dados complementares.

Em caso de substituição de componentes, o **cadastro deverá conservar a informação sobre os elementos substituídos**, com indicação de que já não se encontram em serviço. Esta informação é necessária, por exemplo, para fundamentar o cálculo de vida útil.

A recolha da informação complementar deverá ser faseada, de acordo com os meios que é possível afectar. As pequenas e médias entidades gestoras têm quase sempre limitações de recursos que as impedem de atingir com rapidez o estado de conhecimento ideal. Recomenda-se que nestes casos se comece por recolher informação de índole qualitativa, como se ilustra no Quadro 6.4.

**Quadro 6.4 – Exemplos de informação qualitativa sobre as infra-estruturas**

Data de entrada em serviço	Qualidade da construção
após 2005	Excelente
entre 2001 e 2005	Boa
entre 1991 e 2000	Média
entre 1981 e 1990	Má
entre 1971 e 1980	Péssima
entre 1961 e 1970	
entre 1941 e 1960	
entre 1921 e 1940	
até 1920	

***Informação operacional sobre a infra-estrutura***

O planeamento de intervenções infra-estruturais beneficia da informação operacional sobre o estado actual de conservação e de desempenho da infra-estrutura. O Quadro 6.5 resume a principal informação em causa, discriminada por tipo de componente.

**Quadro 6.5 – Informação operacional relevante para a GPI**

Componente	Informação desejável
Conduitas	– localização, data e tipo de falhas; – intervenções de reparação e de reabilitação pontual; – estado de conservação; – reclamações de serviço (localização, data e tipo).
Ramais	– data e tipo de falhas; – estado de conservação.
Reservatórios	– data e tipo de falhas (órgãos de manobra e controlo); – intervenções de manutenção; – estado de conservação.
Estações elevatórias (por grupo)	– data e tipo de falhas; – intervenções de manutenção; – estado de conservação.
Órgãos de manobra e controlo	– data e tipo de falhas; – intervenções de manutenção; – estado de conservação.
Equipamento de monitorização	– data e tipo de falhas; – intervenções de manutenção.

A classificação do estado de conservação pode ser feita com base numa escala qualitativa, como se exemplifica no Quadro 6.6. Esta informação é mais fácil de obter para os componentes não enterrados. A execução sistemática de inspecções nas condutas de adução e de distribuição não é prática corrente para efeitos de avaliação do estado de conservação. Contudo, as intervenções de reparação podem ser sistematicamente utilizadas para recolher

este tipo de informação, de modo normalizado e com base em procedimentos pré-definidos. Do registo deverá constar a data de observação.

**Quadro 6.6 – Classificação do estado de conservação**

Classe	Descrição	Nível de intervenção necessária	Taxa de reabilitação necessária
0	Novo	Manutenção normal	0%
1	Em perfeito ou excelente estado de conservação	Manutenção normal	0%
2	Apresenta pequenas anomalias	Reparações pontuais	5%
3	Apresenta anomalias que requerem manutenção curativa significativa	Reparações significativas	10-20%
4	Requer renovação significativa	Renovação	20-40%
5	Componente quase inutilizável	Substituição	> 50%

Fonte: adaptado de USEPA, 2005

O registo de falhas em componentes do sistema deverá merecer uma atenção particular. Não se deverá limitar ao registo de roturas em condutas e ramais, mas incluir os outros tipos de falha de serviço considerados relevantes (e.g., falta de pressão, problemas de qualidade da água). Pode ser feito de diversos modos.

Nas páginas seguintes apresenta-se, a título de exemplo, o modelo de ficha de registo de ocorrência adoptado pela empresa AGS, Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade, S.A.. A informação recolhida por esta via é depois arquivada num sistema de informação georreferenciado, que permite o uso posterior da informação para análises de diagnóstico e previsão de falhas.

A informação relativa às intervenções de manutenção preventiva, que inclui acções de inspecção e de manutenção, é também muito relevante para efeitos de GPI, em particular de reabilitação. O que interessa mais reter para este efeito são os principais tipos de intervenção efectuados (e.g., manutenção de grupos electrobomba, manutenção de válvulas ou outros órgãos de controlo, inspecção e manutenção de reservatórios) e o registo da sua execução (incluindo identificação do componente, data da intervenção, anomalias observadas e acção realizada).

Tal como para a informação de cadastro, a recolha de informação operacional deverá ser faseada, de acordo com os meios que é possível afectar. Também neste caso pode ser adequado começar por recolher informação de índole qualitativa (Quadro 6.4).

**PROC. 14**

**IDENTIFICACAO PARTICIPANTE**

Classe ☐ Ma ☐ Hb ☐ \_\_\_\_\_ H<sup>o</sup> Classe \_\_\_\_\_ Relat. H<sup>o</sup> \_\_\_\_\_ Ave \_\_\_\_\_  
 Nome \_\_\_\_\_  
 Morada \_\_\_\_\_  
 Localidade \_\_\_\_\_ Telefone \_\_\_\_\_  
 Estado de residência \_\_\_\_\_  
 Causa da lesão: ☐ Hérnia ☐ Fratura ☐ Outras ☐ \_\_\_\_\_  
 Causa da lesão em serviço: ☐ Sim ☐ Não ☐ \_\_\_\_\_  
 Outras causas: \_\_\_\_\_  
 Causa da lesão: \_\_\_\_\_

[illegible][illegible]

4. MATHEMATICS APPLICATIONS (Grade 10 or 11, 90%)

Labels	Comments	Labels	Comments

Available to:

Comments:

Yes ☐ No ☐ Comments:

Pág. 2/2

### ***Informação operacional sobre o modo de funcionamento do sistema***

Informação operacional relativa ao modo de funcionamento do sistema é igualmente importante para a elaboração de planos de GPI. Esta informação inclui:

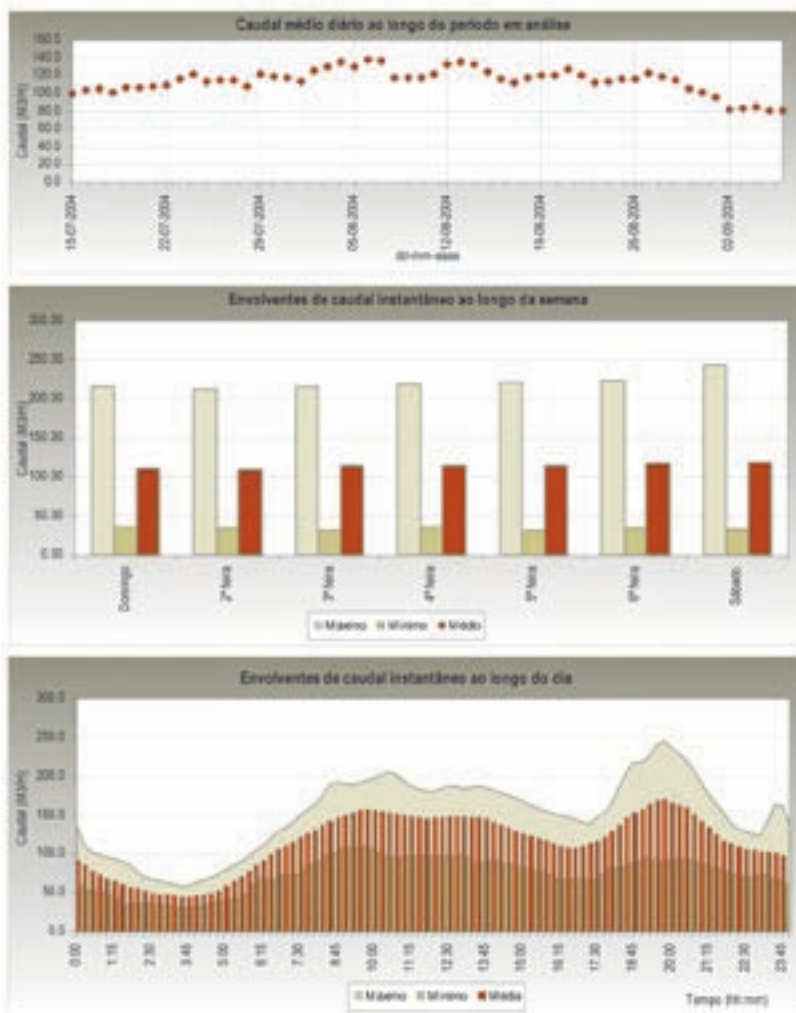
- as condições de accionamento dos diversos controlos existentes (e.g., a bomba X arranca quando o nível no reservatório Y for inferior a Z m; a válvula redutora de pressão VRP1 regulada para uma pressão a jusante de 15 m c.a.);
- o registo do estado dos principais equipamentos (e.g., grupos electrobomba, válvulas de controlo);
- o registo dos principais parâmetros hidráulicos e de qualidade da água (e.g., caudal, pressão, níveis de água nos reservatórios, valores paramétricos de qualidade da água).

Destina-se a permitir compreender o funcionamento hidráulico do sistema existente e a avaliar as alternativas de intervenção (de operação, de manutenção ou de reabilitação) através do recurso a modelação matemática. Estes dados são essenciais para construir e calibrar os modelos de simulação. No caso de não ser viável elaborar modelos de simulação, os registos de caudal e de pressão podem permitir avaliar directamente, de modo qualitativo, os principais fluxos de água no sistema.

A recolha e o tratamento estatístico dos registos de caudal são ainda fundamentais para o cálculo de alguns dos componentes do balanço hídrico, a análise de caudais mínimos nocturnos para avaliação de perdas reais, a produção de séries temporais de caudais médios diários, para estudo das principais tendências sazonais, e para a produção de séries temporais de caudais médios em base temporal mais curta (horária ou inferior) destinadas à elaboração e tipificação de padrões de consumo diário (Figura 6.7).

A frequência de aquisição de caudais dependerá do objectivo da análise. Para a elaboração dos balanços hídricos a base de cálculo é anual, pelo que é suficiente dispor de volumes anuais. Para a análise dos caudais mínimos nocturnos é necessário dispor de registos com intervalos da ordem de minutos (e.g., 1 a 5 minutos). Para a análise das tendências sazonais é necessário conhecer, no mínimo, registos diários, durante um período suficientemente alargado para ser representativo das solicitações do sistema. Se se pretender construir padrões de consumo diário é conveniente disponibilizar registos de caudal com intervalos

máximos de 15 minutos. Esta informação está facilmente disponível quando existem sistemas de telemetria.



**Figura 6.7 – Resultados do tratamento de dados de caudal de rede: séries de caudal médio diário, variação semanal e envelope de caudal instantâneo ao longo do dia**

As entidades gestoras têm, em geral, informação fiável sobre a qualidade da água distribuída, resultantes, entre outras, das análises efectuadas no âmbito dos planos de controlo da qualidade da água (PCQA). Contudo, ainda não é comum que esta informação esteja organizada de modo a que possa ser facilmente integrada



com a informação de cadastro e com a restante informação operacional. É desejável alterar esta situação, dado que a interpretação cruzada da ocorrência de incumprimentos relativos à qualidade da água com informação de cadastro e operacional permite estabelecer diagnósticos mais sustentados, com maior rapidez e facilidade, eventualmente tirando partido de instrumentos de apoio à decisão. Destaca-se a informação relativa à ocorrência de falhas ou outras intervenções, às características físicas e topológicas da infra-estrutura, ao estado de conservação e aos resultados da modelação matemática (e.g., velocidades, tempos de percurso, origem da água que passa num dado ponto).

### ***Informação sobre solicitações de consumo de água***

Sendo a satisfação dos clientes, em termos de consumo de água, um dos objectivos principais das infra-estruturas de abastecimento de água, é óbvia a importância de um bom conhecimento das necessidades de consumo. As principais fontes de informação são:

- sistema de informação de clientes;
- registo dos volumes de água fornecidos aos sistemas de adução e de distribuição (e.g., captada ou adquirida a outra empresa) ou exportada para outros sistemas (e.g., vendida a um município vizinho);
- fluxos medidos nas redes (e.g., à entrada de zonas de medição e controlo, caudais registados no sistema de telemedição);
- previsões de evolução constantes em planos de desenvolvimento, que permitam antecipar solicitações de consumo futuras.

Destas três fontes de informação, a que é tradicionalmente menos utilizada é o sistema de informação de clientes existente na organização. Contudo, a devida exploração destes sistemas é indispensável no contexto da GPI, porque permite conhecer a distribuição espacial de consumos. Em geral, estes sistemas contêm a identificação dos clientes, dados geográficos, dados de leitura e dados de facturação (Coelho *et al.*, 2006b). Os campos da base de dados do sistema de clientes com mais relevância para a GPI são os que constam do Quadro 6.7.

**Quadro 6.7 – Principais dados dos sistemas de clientes com relevância para a GPI**

Tipo de dado	Dado	Observação
Características do local de consumo	Código do local de consumo Código do ramal Tipo de contador Calibre do contador Data de instalação Categoria de consumidor	O código do local de consumo é um código alfanumérico único atribuído a cada local de consumo. Uma solução frequentemente adoptada é a adopção de um código composto pelos subcódigos de distrito, concelho, freguesia, lugar, rua, n.º de polícia, duplicador, escada, andar e lado.
Dados de facturação	Consumos facturados  Consumos medidos	Incluindo volume e período a que se refere a facturação  Incluindo volume e data de leitura e o tipo de leitura (auto-leitura ou pela entidade gestora)

O conhecimento da distribuição de consumos de água na rede requer o cruzamento de informação entre o sistema de clientes e o cadastro. Para o efeito, é indispensável que exista um código associado aos locais de consumo que seja comum aos dois sistemas de informação. Uma solução que tem vindo a ser adoptada por muitas entidades é a utilização do código de ramal. A distribuição de consumos na rede é essencial para a simulação hidráulica do comportamento do sistema e para a avaliação de desempenho na situação actual e nos cenários de desenvolvimento futuros. Esta matéria será abordada com mais pormenor no subtítulo 9.4 e no Anexo IV.

A informação de consumos disponível deverá ainda ser explorada no sentido de avaliar as perdas de água existentes e de caracterizar os consumos médios por categoria de cliente e as tendências de evolução, bem como o peso relativo médio de cada categoria no consumo global do sistema.

Os planos de desenvolvimento (e.g., planos directores municipais) permitem estabelecer cenários futuros de necessidades, fundamentais para prever o desempenho hidráulico dos sistemas a médio e longo prazo. O tipo de informação necessária refere-se à previsão da evolução populacional e da evolução do crescimento das necessidades de água relativas aos serviços e às indústrias urbanas de desenvolvimento. A informação a recolher deverá incluir a localização tão exacta quanto possível das alterações previstas, não sendo suficiente dispor de previsões globais por distrito ou por concelho.

### **Informação contabilística**

A comparação económica entre soluções alternativas, numa óptica de inclusão de todos os custos no ciclo de vida dos componentes, requer que se disponha de informação sobre as principais rubricas de custo em causa. Em particular, seria desejável dispor, para cada componente objecto de análise, dos seguintes dados especificados no Quadro 6.8.

**Quadro 6.8 – Principais dados contabilísticos com relevância para a GPI**

Tipo de dado	Dado	Articulação com o sistema de informação ...
Investimento	Identificação Tipo de componente Custo histórico (custo de aquisição) Data	Cadastro (SIG)
Intervenções de manutenção curativa	Identificação da intervenção Tipo de intervenção Custo Data	Cadastro (SIG) Registos de ocorrência de falha
Intervenções de manutenção preventiva	Identificação da intervenção Tipo de intervenção Custo Data	Cadastro (SIG) Sistema de Informação de Manutenção
Intervenções de reabilitação	Identificação da intervenção Tipo de intervenção Custo Data	Cadastro (SIG)

Quando é realizada uma intervenção no sistema (*e.g.*, construção de novos componentes, reabilitação de componentes existentes, intervenções de manutenção curativa, intervenções de manutenção preventiva), é frequente existir informação discriminada por rubricas de custo (*e.g.*, materiais, mão de obra, consumíveis), que não é registada no sistema de contabilidade. Alguma desta informação seria útil para a avaliação de custos unitários por tipo de intervenção. Deverá haver articulação entre o gestor das infra-estruturas e o sector de contabilidade com vista a avaliar como registar esta informação de modo a tirar dela o devido partido no planeamento.

As análises comparativas de soluções de GPI requerem ainda informação contabilística de índole geral, tal como taxas de actualização e períodos de amortização.

### 6.5.3. Nível de desagregação da informação

Não é possível dar uma recomendação universal sobre o grau de desagregação a adoptar na informação de cadastro, operacional e contabilística. Dever-se-á procurar uma unidade elementar comum, relativamente à qual seja viável ter informação sobre as características físicas, sobre as intervenções realizadas, sobre ocorrências de falhas e sobre os custos de investimento, de manutenção e de reabilitação. Em USEPA (2005) preconiza-se a adopção do “Maintenance Managed Item” (MMI) como unidade, indicando-se que o “MMI é o menor conjunto com individualidade nos sistemas de manutenção, ou relativamente ao qual se tomam decisões de reparar, renovar ou substituir”. Contudo, esta definição deixa um grande espaço de possibilidades em aberto. A decisão deverá ser tomada caso a caso, procurando um equilíbrio entre os custos de recolher e manter a informação actualizada e os benefícios correspondentes. Opções correntes de unidades elementares são:

- unidades usadas nos sistemas de informação geográfica existentes;
- unidades usadas em sistemas de manutenção existentes;
- grupos de elementos físicos (e.g., trechos de conduta) com o mesmo material, data de construção e condições de instalação.

Quando a organização dispõe de informação contabilística pormenorizada ao nível das condutas ou de arquivo histórico de falhas e reparações, será ainda necessário compatibilizar os diferentes sistemas de informação, em geral com convenções diferentes a este respeito. A escolha da unidade elementar a adoptar para efeitos de GPI pode ser influenciada por esta necessidade de compatibilização. Na Figura 6.9 apresentam-se alguns exemplos de desagregação para diferentes tipos de componente.

No Quadro 6.10 identificam-se as principais vantagens e inconvenientes inerentes a elevados e a reduzidos níveis de desagregação. A opção a tomar deverá ser fruto de uma análise, caso a caso, destas vantagens e inconvenientes, atendendo não só à capacidade de recolher, processar e manter a informação, mas também aos usos pretendidos e respectivas ferramentas de apoio (e.g., modelação, avaliação e previsão).

**Quadro 6.9 – Exemplos de unidades elementares**

Componente	Exemplos de unidade(s) elementar(es)
Conduta	Trecho de conduta entre nós ( <i>i.e.</i> , uniforme em termos de material e de diâmetro e sem intersecções com outras condutas da rede pública).
	Trecho de conduta uniforme em termos de material e de diâmetro ( <i>i.e.</i> , pode conter pontos de intersecção com outras condutas da rede pública).
	Grupo de trechos de conduta com o mesmo material, data de construção e condições de instalação ( <i>i.e.</i> , executadas numa mesma obra, podendo ter diâmetros diferentes entre si).
Reservatório	Reservatório global ( <i>i.e.</i> , incluindo todas os componentes de construção civil e equipamentos complementares).
	Diferentes unidades elementares: – células; – órgãos de manobra e de controlo.
Estação elevatória	Estação elevatória global ( <i>i.e.</i> , incluindo os componentes de construção civil e equipamentos).
	Diferentes unidades elementares: – grupo electrobomba; – elementos de ligação entre grupos; – órgãos de manobra ou de controlo; – construção civil; – reservatório de aspiração; – órgãos de segurança ( <i>e.g.</i> , protecção contra choque hidráulico); – equipamento eléctrico ou de controlo ( <i>e.g.</i> , quadros eléctricos, autómatos).
	Idem anterior, mas com desagregação adicional do grupo electrobomba em: – motor (componente eléctrica); – bomba (componente mecânica).

**Quadro 6.10 – Vantagens e inconvenientes de diferentes níveis de desagregação**

Nível de desagregação	Vantagens	Inconvenientes
Elevado nível de desagregação	<ul style="list-style-type: none"> <li>– maior flexibilidade de uso da informação;</li> <li>– possibilidade de identificar com mais pormenor partes do componente a reabilitar;</li> <li>– mais riqueza de informação relativa a aspectos particulares do comportamento ou do estado de conservação (<i>e.g.</i>, se agregação for elevada, envolvendo elementos de características dimensionais ou funcionais diferentes, torna-se mais difícil identificar a causa de falhas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– maior consumo de recursos humanos, tecnológicos e financeiros correspondentes a maior volume de dados a recolher, a processar, a manter e a utilizar nas ferramentas de análise;</li> <li>– pode haver tipos de informação essenciais à tomada de decisão para os quais não existem dados discriminados ao nível da unidade elementar escolhida;</li> <li>– dificuldade de interpretação dos dados e dos resultados das análises decorrente do ruído causado por excessivo volume de informação.</li> </ul>
Baixo nível de desagregação	<ul style="list-style-type: none"> <li>– maior facilidade no armazenamento e compilação da informação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– maior dificuldade de avaliar as necessidades de reabilitação de partes do componente;</li> <li>– maior dificuldade a registar avarias por partes do componente.</li> </ul>

#### 6.5.4. Avaliação da qualidade da informação

Durante o processo de recolha da informação relevante para a tomada de decisão, é necessário, para cada dado ou grupo de dados recolhidos, classificar a respectiva fiabilidade e exactidão. A *fiabilidade* traduz o grau de confiança na informação recolhida, estando tipicamente associada à origem e à forma de recolha da informação. *Exactidão* (ou erro) é a aproximação entre o valor do dado recolhido (ou da medição efectuada) e o valor (convencionalmente) verdadeiro da grandeza (Alegre *et al.*, 2004).

As bandas de confiança, combinando as duas vertentes de fiabilidade e de exactidão dos dados, podem constituir uma base fundamentada às entidades gestoras para validar informação, em particular no âmbito de processos de auditoria. Os sistemas de indicadores de desempenho da *International Water Association* (IWA) (Alegre *et al.*, 2006a, Alegre *et al.*, 2004) e da ERSAR (IRAR, 2008a) apresentam recomendações para o estabelecimento das referidas bandas de confiança. A fiabilidade pode ser classificada nas três categorias especificadas no Quadro 6.11 e a exactidão nas classes que constam do Quadro 6.12.

**Quadro 6.11 – Bandas de fiabilidade da fonte de informação**

Banda de fiabilidade da fonte de informação	Conceito associado
★	Dados baseados em estimativas ou extrapolações a partir de uma amostra limitada.
★★	Genericamente como a anterior, mas com algumas falhas não significativas nos dados, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registos não confirmados, ou ainda terem-se incluído alguns dados por extrapolação.
★★★	Dados baseados em medições exaustivas, registos fidedignos, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas como o melhor método de cálculo.

**Quadro 6.12 – Bandas de exactidão dos dados**

Banda de exactidão dos dados	Erro associado ao dado fornecido
0 - 5%	Melhor ou igual a $\pm 5\%$
5 - 20%	Pior do que $\pm 5\%$ , mas melhor que ou igual a $\pm 20\%$
20 - 50%	Pior do que $\pm 20\%$ , mas melhor que ou igual a $\pm 50\%$
> 50%	Pior que $\pm 50\%$

O processo de recolha de dados deverá ser melhorado sempre que os dados obtidos não apresentem graus de fiabilidade ou exactidão satisfatórios. São aceitáveis simplificações nos procedimentos de recolha dos dados desde que não reduzam de forma significativa a fiabilidade e a exactidão da informação. Por exemplo, quando se avalia a capacidade total de bombagem do sistema, a potência de pequenas bombas pode ser desprezada se a sua influência no grau de confiança da variável for insignificante (Alegre *et al.*, 2004).

Um outro aspecto importante na avaliação da qualidade da informação corresponde à identificação de lacunas de informação e das razões da existência das mesmas. Por exemplo, podem não existir no cadastro dados como a data de entrada em serviço, data e tipo de intervenções generalizadas de reabilitação, entre outras, por não ter sido reconhecida a necessidade de recolher essa informação e o sistema de cadastro não incluir esses campos, ou porque o sistema de cadastro informatizado é relativamente recente e só dispõe dos dados referentes ao último ano. Outro exemplo seria a inexistência de dados operacionais sobre a ocorrência de roturas ou avarias em componentes, por não existirem directrizes a nível superior para a recolha dessa informação.

Neste contexto, a identificação das lacunas de informação e das respectivas causas permite elaborar recomendações à entidade gestora para a recolha dessa informação a curto ou a médio prazo.

#### **6.5.5. Recomendações para a melhoria da qualidade da informação**

As etapas anteriores do plano, relativas à identificação e avaliação da informação, permitem identificar:

- a informação existente que está facilmente disponível (*e.g.*, em bases de dados informatizadas ou em folha de cálculo);
- a informação em falta (existente mas não facilmente acessível, ou inexistente) que é viável recolher complementarmente, a tempo de ser utilizada na elaboração do plano;
- a informação em falta que é relevante começar a recolher e arquivar de forma sistemática e estruturada, para ser usada futuramente na elaboração ou revisão de planos de GPI.

Após a recolha e a avaliação da informação que vai servir de base à elaboração do plano, está-se em condições de identificar as principais fragilidades na estrutura de informação existente e de elaborar recomendações.

As recomendações deverão especificar a forma como proceder à recolha, ao arquivo e à actualização e às necessidades de consulta. Informação sobre os clientes e a caracterização física do sistema tem um carácter pouco dinâmico e é crítica para a tomada de múltiplas decisões no âmbito da gestão técnica dos sistemas. Após a recolha, a informação deverá ser validada e arquivada de modo a permitir uma fácil actualização e consulta. A definição e implementação de procedimentos de actualização é indispensável para garantir a sua coerência e utilidade prática a longo prazo.

A informação operacional do sistema tem um carácter mais dinâmico, sendo importante que todos os dados registados estejam associados a datas de ocorrência. Estes dados dão origem a séries temporais históricas que deverão ser arquivadas de forma a garantir a sua fácil acessibilidade futura, sempre que necessário. A recolha de dados pode ter um carácter sistemático (e.g., dados de telemetria, dados de manutenção preventiva, ordens de trabalho), ou ser pontual, para um fim específico (e.g., campanha de detecção de fugas, medição de pressão em pontos onde ocorreram reclamações, recolha de dados para calibração de modelos matemáticos e para estudos de investigação.). É importante que também esta informação seja arquivada de modo organizado e integrado na estrutura de informação, de modo a estar disponível para usos posteriores.

A informação contabilística engloba dados de investimento, com carácter semelhante aos dados de cadastro em termos de perenidade e necessidades de actualização, e dados de custos de operação e manutenção, de carácter dinâmico, com requisitos de registo histórico e acessibilidade semelhantes aos dados operacionais.

As recomendações de melhoria a implementar destinam-se a criar uma estrutura de informação coerente e sustentável. No Quadro 6.13 sintetizam-se os principais aspectos a ter em conta na elaboração destas recomendações. Estas deverão ser expressas em termos de soluções concretas, de metas a atingir e de prazos de implementação (e.g., ter 75% dos ramais no SIG até ao final do 1.º ano de implementação do plano e os restantes 25% até ao final do 2.º ano).



**Quadro 6.13 – Aspectos a contemplar na elaboração de recomendações sobre a melhoria da informação**

<b>Qualidade dos dados</b>
Verificação da adequação da qualidade dos dados existentes (em termos de fiabilidade e de exactidão); os dados de cadastro deverão merecer especial atenção por serem críticos na tomada de decisão.
<b>Coerência entre fontes de informação</b>
Verificação da coerência entre dados de origens diferentes; em caso de incoerência, identificação das fontes mais fiáveis.
<b>Facilidade de utilização</b>
Verificação da facilidade de utilização da informação disponível, não só em termos de acessibilidade como em termos das necessidades das ferramentas de análise a usar.
<b>Integração das fontes de informação</b>
Verificação do grau e da eficácia de integração entre as diversas fontes de informação.
<b>Procedimento de actualização</b>
Estabelecimento dos procedimentos de actualização futura a adoptar para cada tipo de dados.
No caso de <b>dados existentes</b> , as recomendações deverão incluir a identificação de fragilidades nos diferentes aspectos referidos e de soluções de melhoria.
No caso de <b>dados em falta</b> , as recomendações deverão incluir a identificação de soluções de recolha, de processamento, de arquivo e de manutenção; deverá ter-se em conta o balanço entre custo e benefício de recolher e incluir cada tipo de dado, com determinado nível de qualidade, na estrutura de informação.

## 6.6. Recolha de informação e avaliação de desempenho para a situação de *statu quo*

### 6.6.1. Diferentes etapas

Uma vez identificada e avaliada a informação necessária e disponível para proceder ao diagnóstico e caracterizadas as lacunas de informação, passa-se à avaliação do desempenho actual e futuro do sistema para a situação de *statu quo*<sup>4</sup> em termos de infra-estrutura. Esta fase compreende as seguintes etapas (Figura 6.3):

<sup>4</sup> A locução *statu quo* significa “o estado das coisas em determinado momento”, sendo a redução da expressão latina *in statu quo ante* que significa “no estado em que se encontrava antes”. No contexto da GPI, significa “não serem realizadas intervenções de reabilitação e de se manterem as práticas de manutenção da infra-estrutura”.

**Etapa 1 Identificação de componentes críticos** para o abastecimento de água e **discretização** de todo o sistema em **áreas de análise** (e.g., subsistemas, sectores, grupos de componentes com dadas características).

**Etapa 2 Avaliação da situação de referência** (avaliação do desempenho actual do sistema e identificação dos principais problemas existentes em cada área de análise e componente crítico).

**Etapa 3 Previsão da situação futura** na alternativa de **statu quo** (previsão do desempenho futuro face às novas solicitações e à degradação do estado de conservação da infra-estrutura para o caso de não serem realizadas intervenções de reabilitação e de se manterem as práticas de manutenção actuais).

**Etapa 3 Identificação das áreas de análise e dos componentes críticos** que são de **intervenção prioritária**, tendo em conta a avaliação de desempenho feita nas duas etapas anteriores.

Nas secções seguintes passa-se à descrição de cada uma das etapas anteriores.

#### **6.6.2. Identificação de componentes críticos e discretização do sistema em áreas de análise (Etapa 1)**

**Componentes críticos** do sistema de adução e distribuição são os componentes que, quando falham, mais condicionam o serviço de abastecimento de água. Incluem os componentes que, em conjunto com as captações e as instalações de tratamento, constituem o **sistema hidráulico principal**, e podem compreender reservatórios, estações elevatórias, condutas adutoras e condutas distribuidoras principais. A sua identificação requer o conhecimento, ainda que a um nível preliminar e qualitativo, do funcionamento hidráulico do sistema, incluindo a localização das origens e das principais reservas e a identificação dos principais fluxos de água no sistema.

A discretização espacial a adoptar dependerá do *layout* do sistema de abastecimento e da forma como a informação se encontra

organizada no cadastro e nos restantes sistemas de informação. Podem definir-se **áreas de análise** com base nas origens de água, nos pontos de entrega (Figura 6.8), nos reservatórios, nas zonas de medição e controlo (ZMC) e nas zonas de gestão de pressão (ZGP). Muitas vezes, numa primeira fase, começa-se com uma discretização espacial mais abrangente (e.g., definida por ponto de entrega ou origem) e evolui-se, em estágios mais avançados de implementação ou revisão do plano, para uma discretização mais pormenorizada (e.g., correspondente a ZMC ou a ZGP, ou, eventualmente, a grupos de componentes de características semelhantes).

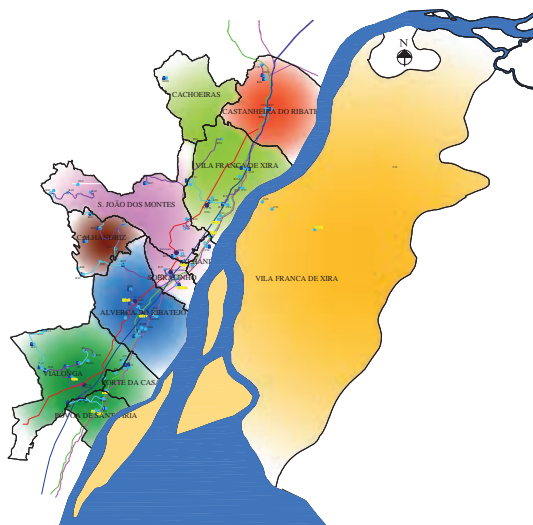


Figura 6.8 – Exemplo de discretização espacial por subsistema

### 6.6.3. Avaliação da situação de referência (Etapa 2)

A avaliação da situação de referência consiste na análise do desempenho actual do sistema de abastecimento e na identificação dos principais problemas existentes. O desempenho deverá ser avaliado tanto para os componentes críticos como para cada uma das áreas de análise, de modo a permitir a identificação das áreas e dos componentes críticos mais problemáticos.

Para o efeito, procede-se à avaliação do estado de conservação e funcional dos componentes críticos e ao cálculo das medidas de desempenho estabelecidas ao nível tático para cada subsistema.

## Componentes críticos

No que diz respeito aos componentes críticos, listam-se no Quadro 6.14 os principais aspectos a considerar. Deverá haver uma avaliação do sistema hidráulico principal, no seu conjunto, e de cada um dos componentes críticos identificados. Nas situações em que a informação de base seja incompleta e pouco fiável, as respostas às perguntas formuladas podem resultar de uma análise muito simplificada e qualitativa, baseada no conhecimento e na experiência dos técnicos envolvidos. Deverão, no entanto, ser preparados procedimentos e implementados mecanismos para a recolha da informação em falta para o médio e longo prazo.

**Quadro 6.14 – Aspectos a considerar na análise do sistema hidráulico principal e dos seus componentes críticos**

Componente	Aspectos a considerar
Sistema hidráulico principal	<ul style="list-style-type: none"><li>– A configuração do sistema é adequada em termos de fiabilidade? Há redundância no sistema?</li><li>– A configuração do sistema é adequada em termos hidráulicos, em particular nos aspectos de gestão de energia e de pressão?</li><li>– A capacidade é suficiente para as necessidades actuais?</li><li>– Existe a necessidade evidente de alterar a configuração ou o modo de funcionamento actual? Se sim, especificar.</li></ul>
Reservatórios	<ul style="list-style-type: none"><li>– A capacidade do reservatório existente é suficiente?</li><li>– Qual o estado de conservação do reservatório?</li></ul>
Condutas adutoras e distribuidoras principais	<ul style="list-style-type: none"><li>– A capacidade de transporte da conduta é suficiente?</li><li>– Qual a frequência de avarias na conduta, nos últimos anos?</li><li>– Existem alternativas de abastecimento em caso de falha da conduta?</li><li>– Qual a idade, o material, o diâmetro e o estado geral de conservação da conduta?</li></ul>
Estações elevatórias	<ul style="list-style-type: none"><li>– A capacidade de elevação existente na estação elevatória é suficiente?</li><li>– Qual o estado de conservação dos equipamentos e da construção civil?</li><li>– Os grupos electrobomba são eficientes?</li><li>– Qual a frequência de avarias na estação elevatória nos últimos anos?</li></ul>

Nas situações em que a informação de base é de boa qualidade e é mais completa, a avaliação pode contemplar também outros aspectos relacionados, por exemplo, com a operação e manutenção do sistema (e.g., facilidade e rapidez de reparação, obsolescência do equipamento, flexibilização dos modos de operação). Por outro lado, a resposta às questões formuladas deverá ser baseada em análises mais avançadas, ainda que aplicadas a uma macro-escala do sistema (i.e., apenas ao sistema hidráulico principal).

Destaca-se o recurso a:

- **modelação matemática**, fundamental para compreensão do funcionamento hidráulico do sistema (ver Subcapítulo 9.5);
- **análises de avaliação de desempenho**, incluindo o cálculo de indicadores de desempenho e de índices de desempenho técnico (ver Subcapítulo 9.6);
- **análises de fiabilidade e do risco**.

Desta etapa deverá resultar a identificação dos principais problemas a resolver ao nível do sistema hidráulico principal (Quadro 6.15), e de cada um dos componentes críticos (Quadro 6.16), classificados por níveis de prioridade de actuação.

**Quadro 6.15 – Exemplo de resultados da avaliação da situação de referência relativa ao sistema hidráulico principal**

Aspecto em análise	Apreciação	NÍVEL DE PRIORIDADE
Fiabilidade / / redundância	Na globalidade, a fiabilidade hidráulica do sistema é adequada. Quase sempre existe a possibilidade de abastecer uma área mesmo em caso de falha de conduta principal, embora em condições deficientes.	3
	O caso mais problemático é o da adução ao subsistema SA03, que é feito por uma conduta única (C4), longa e com roturas frequentes.	1
Capacidade	A capacidade de reserva e transporte do sistema é, de um modo geral, suficiente ou superior às necessidades. Exceptuam-se os casos da reserva de água do subsistema SB06 e da conduta elevatória C2.	3
	Exceptuam-se os casos da reserva de água do subsistema SB06 e da conduta elevatória C2, de capacidade insuficiente.	1
Configuração e modo de funcionamento	Dada a entrada em funcionamento de novas origens de água e de novos pontos de consumo, a configuração do sistema actual não é racional do ponto de vista energético. Deverão ser analisadas alternativas para redução das necessidades de elevação	2

**Legenda:** Intervenção de prioridade: 1 elevada; 2 mediana; 3 baixa.

**Quadro 6.16 – Exemplo de resultados da avaliação da situação de referência relativa aos componentes críticos – caso de condutas**

Conduta	Capacidade insuficiente?	Frequência de avarias elevada?	Falta de alternativas de abastecimento?	Idade	Material	Diâmetro	Estado de conservação?	NÍVEL DE PRIORIDADE DE ACTUAÇÃO
C1	●	●	●	10	FF	300	●	3
C2	●	●	●	30	FC	150	●	1
C3	●	●	●	15	PEAD	250	●	2
C4	●	●	●	20	PEAD	200	●	1
C5	●	●	●	5	PEAD	300	●	3
C6	●	●	●	5	PEAD	150	●	3
C7	●	●	●	20	PEAD	200	●	2
C8	●	●	●	50	FG	400	●	1
C9	●	●	●	15	FF	250	●	3
C10	●	●	●	20	PEAD	200	●	2
C11	●	●	●	40	FC	150	●	2

**Legenda:** ● Sem problema; ● Carece atenção; ● Aspecto problemático.  
Intervenção de prioridade: 1 elevada; 2 mediana; 3 baixa.

Cabe ao utilizador deste guia optar, se assim entender, por considerar um maior número de classes avaliação e de prioridade, ou usar eventualmente escalas numéricas.

### Áreas de análise

Na avaliação do desempenho das áreas de análise, dever-se-á começar por calcular as medidas de desempenho que tiverem sido seleccionadas (ver Subcapítulo 6.4) e que sejam aplicáveis. Caso não exista informação suficiente para o cálculo de algumas destas medidas, dever-se-á proceder a uma apreciação qualitativa das mesmas face às metas estabelecidas, classificando o desempenho em, por exemplo, bom, mediano ou insuficiente.

À semelhança do nível estratégico, as medidas de desempenho calculadas deverão ser comparadas com as metas definidas a nível tático para cada área de análise e para a globalidade do sistema. Como já foi referido, algumas metas podem ser mais permissivas ou exigentes para alguns subsistemas individuais,

desde que se garanta o cumprimento das metas globais para toda a organização.

Apresenta-se no Quadro 6.17 um exemplo de resultados desta avaliação para diferentes subsistemas (SA01, SA02, ...), tendo por base as medidas de desempenho seleccionadas. Os resultados obtidos são qualificados em mau, mediano e bom desempenho, em função da comparação com a meta de curto prazo.

A avaliação das áreas de análise deverá também incluir a identificação de zonas com **problemas localizados** que não se reflectam significativamente nos valores das medidas de desempenho (ver penúltima linha do Quadro 6.17). Estes problemas podem estar associados à ocorrência de um elevado número de roturas, a perdas de água elevadas, a problemas de falta de pressão, a elevado número de reclamações ou a problemas de qualidade da água.

Refira-se, por exemplo, o caso de uma zona nova, onde existem pontualmente algumas condutas antigas e muito degradadas, com roturas frequentes. O indicador de avarias global para a zona traduz um bom desempenho. No entanto, a intervenção nestas condutas mais antigas pode ser prioritária e deverá por isso ser identificada nesta fase e expressamente incluída na análise de soluções alternativas de intervenção e formulação das táticas.

**Quadro 6.17 – Exemplo de avaliação de desempenho das áreas de análise face às metas de curto prazo (c.p.) estabelecidas**

Área de análise → Medida de desempenho ↓	Meta c.p.	SA01	SA02	SA03	SB01	SC02
Adequação da pressão mínima de serviço (%)	100	● (n/d)	● (100)	● (100)	● (100)	● (100)
Adequação do abastecimento na adução (%)	100	● (100)	● (100)	● (50)	● (100)	● (100)
Adequação da pressão máxima de serviço (%)	100	● (100)	● (100)	● (100)	● (100)	● (100)
Adequação da flutuação da pressão (%)	100	● (n/d)	● (100)	● (100)	● (100)	● (100)
Avárias em condutas (n.º/100 km/ano)	≤30	● (n/d)	● (n/d)	● (n/d)	● (n/d)	● (n/d)
Capacidade de reserva de água tratada (dias)	1-2	● (1,2)	● (0,8)	● (1,5)	● (1,0)	● (1,1)
Reabilitação de condutas (%/ano)	1-2	● (0,7)	● (0,7)	● (0,3)	●* (0,0)	●* (0,0)
Qualidade microbiológica (%)	≥99	● (87)	● (98)	● (99)	● (97)	● (99)
Índice de valor da infra-estrutura (-)	0,45- -0,55	● (0,20)	● (0,40)	● (0,15)	● (0,80)	● (0,75)
Perdas reais por ramal (l/ramal/dia com sistema em pressão)	130	● (n/d)	● (n/d)	● (n/d)	● (n/d)	● (n/d)

Existe algum problema crítico localizado?		N	N	N	S**	N
Prioridade de intervenção		1	2	1	3**	3

**Legenda:** Desempenho calculado: ● Bom; ● Mediano; ● Insuficiente.

Desempenho estimado: ● Bom; ● Mediano; ● Insuficiente.

Prioridade de intervenção: 1 elevada; 2 mediana; 3 baixa.

(#) Valor do indicador.

(n/d) Valor não disponível por não existirem dados.

\* Valor do indicador inferior à meta global, mas sem que isso corresponda a mau desempenho, pelo facto de se tratar de um sistema jovem (IVI >> 0,5).

\*\* Na área de análise SB01 existem reclamações frequentes de qualidade da água junto ao cruzamento da Rua X com a Rua Y.

Os resultados de avaliação de desempenho para a situação de referência permitem identificar os componentes críticos e as áreas de análise com maior necessidade de intervenção. Por outro lado, permitem identificar a natureza dos problemas existentes com base nas metas de desempenho que não estão a ser cumpridas, quer a nível sectorial quer a nível da globalidade do sistema, e que deverão ser tidos em consideração na formulação das táticas.



#### 6.6.4. Previsão da situação futura na alternativa de *statu quo* (Etapa 3)

Uma vez avaliada a situação de referência, dever-se-á proceder à previsão do desempenho futuro face às novas solicitações de consumo, a novas exigências regulatórias e à degradação natural do estado de conservação da infra-estrutura. Esta previsão é efectuada para uma situação hipotética em que se mantêm as práticas de manutenção actuais e não se investe em reabilitação, designada no âmbito deste guia por “*statu quo*”. Esta análise é importante dado permitir prever situações futuras de mau desempenho que não se fazem sentir na situação de referência.

Pode ser eventualmente adequado analisar mais do que um cenário de desenvolvimento urbanístico ou de degradação da infra-estrutura (e.g., quando existe incerteza significativa quanto a estes factores) de modo a avaliar a resiliência do sistema existente (i.e., a capacidade do sistema continuar a cumprir adequadamente as suas funções para condições diferentes da de projecto).

Mais uma vez, esta análise deverá ser efectuada para as mesmas unidades que a anterior (i.e., para os mesmos componentes críticos e para as mesmas áreas de análise), eventualmente acrescidas de outros componentes que não integravam o sistema hidráulico principal na situação de referência mas que se prevê que passem a ser críticos no futuro (e.g., conduta que passa a abastecer uma zona de expansão com consumos significativos).

Esta análise não deverá confinar-se ao horizonte do plano tático (i.e., 3 a 5 anos). É necessário ter uma previsão de longo prazo (e.g., 20 anos) da evolução da área em análise e do correspondente desempenho das infra-estruturas existentes. Por exemplo, não se deverá substituir uma conduta existente por outra do mesmo diâmetro, quando se prevê que num horizonte de 10 anos essa conduta vá também abastecer uma nova zona comercial para qual a sua capacidade actual é insuficiente.

A **evolução das solicitações** a considerar deverá ser coerente com a evolução considerada ao nível estratégico na “Recolha e avaliação de informação relativa ao contexto específico de cada entidade externa”. Pode ser quantificada atendendo às previsões de evolução dos consumidores (e.g., domésticos, comerciais, industriais) constantes dos planos de ordenamento do território (planos directores municipais e planos de urbanização) e dos estudos de demografia que possam existir, bem como à previsão de evolução de capitações por cliente. A evolução das capitações

por cliente deverá desejavelmente ser baseada na análise do histórico dos consumos dos últimos anos, em tendências registadas e em políticas de gestão da procura (e.g., controlo de perdas, adopção de equipamentos de menor consumo, aumento do uso de água não potável para fins compatíveis) que se preveja virem a ser aplicadas.

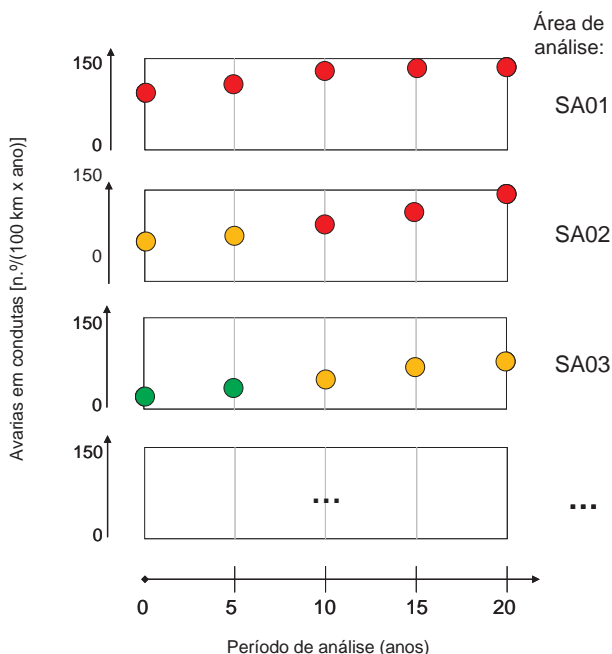
**A evolução da degradação do estado de conservação** da infra-estrutura pode ser quantificada por uma via mais simplificada, que se traduz pela adopção de leis de crescimento empíricas de falhas e de perdas de água, ou recorrendo a instrumentos de previsão de falhas mais sofisticados, apoiados em técnicas estatísticas.

A via simplificada deverá ser adoptada quando não existirem dados históricos disponíveis, e é ainda recomendável para fazer validações qualitativas dos resultados dos instrumentos de previsão utilizados. Baseia-se em resultados de estudos realizados em sistemas de características semelhantes às do sistema em estudo ou análises estatísticas descritivas simples do histórico de falhas.

Os instrumentos de previsão de falhas podem ter diferentes graus de complexidade e de exigência em termos de dados. Dividem-se em dois grandes grupos: os que fazem apenas previsão do comportamento médio de grupos de componentes (e.g., componentes com o mesmo material e classe de idade) e os que fazem a previsão da probabilidade de falha dos componentes individuais, que requerem um histórico de dados mais longo para todos os componentes em análise.

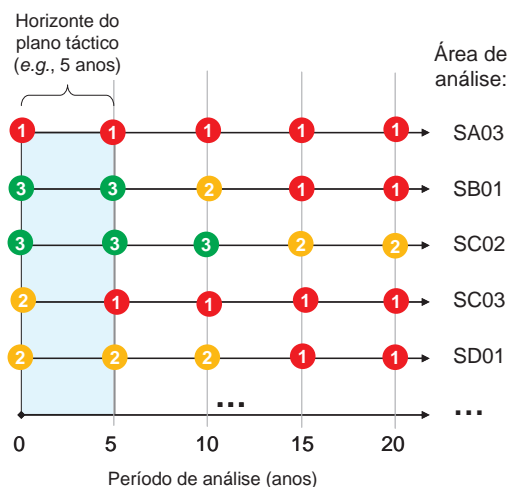
Estabelecidos os cenários futuros a avaliar, deverá ser seguida a mesma abordagem da Etapa 2, considerando separadamente os componentes críticos e as áreas de análise, calculando as medidas de desempenho de modo quantitativo ou qualitativo, em função da qualidade de informação disponível, e comparando-as com as metas tácticas estabelecidas. Antecipam-se, assim, desempenhos futuros insuficientes que deverão ser tidos em consideração no estabelecimento das tácticas aquando da elaboração do plano.

Os resultados podem ser apresentados de forma similar aos da Etapa 2 (Quadros 6.15 a 6.17) para o horizonte do plano táctico e para o horizonte de longo prazo escolhido (e.g., 20 anos). Contudo, é importante não observar apenas estas duas datas de referência mas analisar também a evolução temporal do desempenho em todo o período de análise. Para o efeito, pode proceder-se à selecção de um conjunto mais restrito de medidas de desempenho e a representação gráfica dos seus valores ao longo do tempo. A Figura 6.9 ilustra uma possível forma de representação.



**Figura 6.9 – Exemplo de representação da evolução temporal do desempenho das áreas de análise para um dado indicador**

É também importante representar de forma sintética os resultados globais de prioridade de intervenção ao longo do tempo. A Figura 6.10 sugere um exemplo de representação.



**Figura 6.10 – Exemplo de representação da evolução das prioridades de intervenção para as áreas de análise**

De um modo geral, a diferença de desempenho entre a situação actual e a do horizonte do plano tático é reduzida ou desprezável. Tal só não acontece quando existem alterações significativas nas solicitações (e.g., ligação de um novo grande consumidor devido à construção de um grande equipamento de uso colectivo), ou há alteração de metas de desempenho (e.g., por alteração previsível da legislação).

#### **6.6.5. Avaliação pormenorizada das áreas e dos componentes prioritários (Etapas 4)**

Nas etapas anteriores identificaram-se os componentes críticos e as áreas de análise com prioridade de intervenção mais elevada do ponto de vista técnico e as áreas que, apresentando um desempenho global aceitável, têm problemas localizados a resolver. Nesta etapa, analisam-se em pormenor estas áreas.

A análise de pormenor deverá ainda incidir complementarmente em componentes ou grupos de componentes candidatos a reabilitação devido a **factores externos** que afectem a decisão quanto à intervenção e que ainda não tenham sido tidos em conta. Refira-se, por exemplo, a necessidade de compatibilização das intervenções de reabilitação com obras planeadas em outras infra-estruturas, de modo a confirmar se se justifica ou não aproveitar a oportunidade para reabilitar os componentes do sistema de adução e distribuição localizados nas zonas intervencionadas. Note-se que a generalidade dos factores externos é, implicitamente, tida em conta na forma de avaliação de desempenho e no estabelecimento das metas efectuados nas Etapas 2 e 3. Estão neste caso os factores relacionados com a necessidade de cumprimento de obrigações legais actuais e previsíveis a médio prazo, com a previsão da evolução populacional e dos hábitos de consumo, ou com o cumprimento de acervo normativo técnico.

A viabilidade e o grau de sofisticação das análises contempladas nesta etapa dependem da disponibilidade de informação fidedigna e organizada. Nos casos em que a informação mínima necessária (ver Subcapítulo 6.5.) para realizar a análise é insuficiente e não for viável recolhê-la em tempo útil para a elaboração do plano, pode ser preferível concentrar a atenção apenas nos componentes críticos (Etapas 1, 2 e 3) e não realizar a Etapa 4, dando início à recolha da informação mínima necessária que está em falta (ver Secção 6.5.2) e limitando as intervenções aos componentes com problemas mais evidentes e de resolução mais urgente. No entanto, a realização desta análise deverá ser considerada em estágios mais avançados

de elaboração do plano (*i.e.*, na monitorização e revisão do plano) e em planos futuros. Se não for viável recolher simultaneamente toda informação em falta, o faseamento de recolha e disponibilização em sistemas de informação deverá começar pelas áreas e componentes identificados como prioritários nas Etapas 2 e 3. As tácticas correspondentes deverão constar do plano (ver Subcapítulo 6.8).

O grau de pormenor e a sofisticação da análise a realizar nesta etapa dependerá da disponibilidade e qualidade da informação complementar e do acesso a ferramentas de cálculo que possam ser utilizadas (*e.g.*, modelação matemática, análises de avaliação de desempenho, análises de fiabilidade e do risco).

O procedimento de análise a adoptar será o mesmo, quer se trate de áreas com elevada prioridade de intervenção, quer de áreas com problemas localizados ou de áreas a analisar devido a factores externos. Esta análise poderá ser alargada a todo o sistema, caso se disponha de informação para o efeito e de ferramentas que permitam efectuar-lá de uma forma sistemática e célere.

A análise pormenorizada da situação actual e futura de *statu quo* deverá consistir nos seguintes passos, para cada uma das áreas de análise seleccionadas:

- **Identificação do tipo de problema** existente na área em análise, tendo por base os valores dos indicadores calculados para os critérios de avaliação definidos no Quadro 6.2 nas Etapas 2 e 3.
- **Estabelecimento do diagnóstico pormenorizado**, que envolve a identificação da causa do problema e da sua localização mais exacta dentro da área em análise, tendo por base não só a situação presente mas também todo o período de análise considerado na Etapa 3.

O diagnóstico pormenorizado pode ser efectuado recorrendo a diferentes instrumentos e tecnologias, tais como:

- **Instrumentos e tecnologias recolha de dados**, que incluem procedimentos de medição (*e.g.*, caudal, pressão, nível, valores paramétricos de qualidade da água) e de inspecção (*e.g.*, reservatórios, válvulas, instalações elevatórias, condutas), levantamentos cadastrais e topográficos (ver Subcapítulo 9.2);
- **Instrumentos e tecnologias de armazenamento, processamento e disponibilização de dados**, que incluem os sistemas de informação tais como sistemas de informação

geográfica, sistemas de telegestão (SCADA), sistemas de gestão de dados laboratoriais (LIMS), os sistemas de clientes, sistemas de manutenção, ou outros sistemas mais simples onde sejam guardadas informações menos estruturadas (e.g., aplicações para registo de ocorrências, de resultados de campanhas temporárias) (ver Subcapítulo 9.2);

- **Instrumentos e tecnologias de modelação**, que incluem programas de simulação hidráulica e de qualidade da água (e.g., EPANET) e as técnicas a adoptar para a construção e o uso de modelos (ver Subcapítulo 9.5);
- **Instrumentos e tecnologias de análise, avaliação e previsão**, que englobam áreas temáticas tais como a análise de consumos, a avaliação de desempenho, a previsão de falhas, a avaliação de perdas de água (incluindo a realização de balanços hídricos e a análise de caudais mínimos nocturnos) e as análises de custo-benefício (ver Subcapítulos 9.4 a 9.9);
- **Instrumentos integrados de apoio à decisão**, onde se podem incluir instrumentos que abarquem diferentes tipos de ferramentas de apoio ao diagnóstico (e.g., sistema CARE-W) e metodologias e aplicações para avaliação do risco.

Apresenta-se no Quadro 6.18 uma sistematização possível, estruturada de acordo com os critérios de avaliação estabelecidos no Quadro 6.2. O quadro apresenta o conjunto de problemas que podem ocorrer (*i.e.*, tipos de anomalia), directamente associados ao incumprimento dos critérios de avaliação (1.<sup>a</sup> coluna do quadro). Este incumprimento é traduzido pela violação das bandas de referência das medidas de desempenho respectivas, para cada área de análise ou para zonas localizadas (sintomas). Na 2.<sup>a</sup> coluna do quadro identificam-se os principais tipos de causa associados a cada problema (identificados com a letra C e numerados sequencialmente) e a análise a efectuar para o estabelecimento do diagnóstico. Na 3.<sup>a</sup> coluna referem-se os principais tipos de instrumento e de tecnologia que podem ser utilizados na análise.

O quadro pode ser utilizado como guia do procedimento a adoptar para cada área prioritária. Dever-se-á começar por identificar os problemas mais relevantes existentes na área e, para cada um destes, proceder à análise da respectiva causa e localização.

Cabe a cada utilizador adaptar o quadro em face dos critérios de avaliação que tenham sido adoptados e em face de uma revisão crítica dos tipos de causa (pode haver causas relevantes para a situação concreta que não estejam contemplados no quadro).

**Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados**

Há problemas de...	Se sim, porquê e onde? Análise a efectuar	Instrumentos de apoio recomendados
...adequação da quantidade de água em situação normal em áreas abastecidas?	<p><b>(C1) Insuficiente disponibilidade de água face às necessidades</b></p> <p>Comparação entre a disponibilidade de água e as necessidades, de modo a verificar se o problema se deverá à insuficiência de água na origem face às necessidades actuais e futuras.</p> <p>Avaliação das perdas reais e do potencial de recuperação para colmatar o défice entre disponibilidade e necessidade.</p> <p>Avaliação do potencial de água não potável para usos compatíveis.</p> <p>Avaliação do potencial de redução da procura por implementação de outras medidas de uso eficiente da água.</p> <p><u>Causas típicas:</u> insuficiência de água na origem; insuficiência capacidade de captação; insuficiência capacidade de tratamento, uso ineficiente da água; perdas reais elevadas. Apenas no último caso se está perante um problema de reabilitação do sistema de adução e distribuição.</p>	<p>Instrumentos de análise de consumos.</p> <p>Instrumentos para realização de balanços hídricos fiáveis.</p> <p>Instrumentos de análise do risco.</p>
	<p><b>(C2) Insuficiente capacidade hidráulica do sistema</b></p> <p>Análise do comportamento hidráulico do sistema para a identificação dos componentes que constituem os caminhos críticos (principais estrangulamentos).</p> <p><u>Causas típicas:</u> insuficiência de reserva, insuficiência de elevação, insuficiência da capacidade das condutas, inadequada configuração da rede, inadequada regulação de válvulas de controlo, existência de perdas de carga localizadas não conhecidas (e.g., válvula fechada ou obstrução).</p>	<p>Instrumentos de análise de consumos.</p> <p>Modelação matemática (simplificada ou com software específico).</p> <p>Instrumentos de avaliação de desempenho técnico (índices de desempenho).</p> <p>Instrumentos de análise do risco.</p>
...adequação do fornecimento de água em situações de emergência?	<p><b>(C3) Inadequada localização, dimensionamento ou estado de conservação dos hidrantes</b></p> <p>Inspecção dos hidrantes e actualização do cadastro (localização e características).</p> <p>Avaliação da situação em termos da adequação da localização, do dimensionamento e do estado de conservação.</p>	<p>Instrumentos e tecnologias para a recolha de dados.</p> <p>Instrumentos e tecnologias para o armazenamento, processamento e disponibilização de dados.</p>
	<p><b>(C4) Insuficiente capacidade hidráulica do sistema</b></p> <p>Análise do comportamento hidráulico do sistema para diferentes cenários de incêndio e identificação dos componentes que constituem os caminhos críticos (principais estrangulamentos).</p>	<p>Instrumentos de análise de consumos.</p> <p>Modelação matemática.</p> <p>Instrumentos de análise do risco.</p>

**Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados (cont.)**

Há problemas de...	Se sim, porquê e onde? Análise a efectuar	Instrumentos de apoio recomendados
...adequação do fornecimento de água em situações de emergência? (continuação)	<b>(C5) Inadequada operação do sistema</b> Análise do comportamento hidráulico do sistema para diferentes cenários de incêndio e identificação dos modos de operação que estão na origem do problema.	Idem anterior.
...adequação das pressões mínimas?	<b>(C6) Insuficiente carga hidráulica máxima</b> Comparação entre as cotas piezométricas máximas para os pontos com pressão insuficiente (e.g., estática, de regulação da válvula) e as correspondentes aos requisitos mínimos de pressão, para identificar se a insuficiência da carga hidráulica a montante é a causa do problema de falta de pressão. <i>Causas típicas:</i> nível da água no reservatório insuficiente, altura de elevação insuficiente ou pressão a jusante da válvula redutora de pressão insuficiente.	Cadastro (cotas, níveis e requisitos de pressão mínima nos nós). Modelação matemática (necessária apenas em casos mais complexos em que é difícil conhecer a carga hidráulica estática).
	<b>(C7) Insuficiente capacidade hidráulica do sistema</b> Análise do comportamento hidráulico do sistema para as horas de menor e de maior consumo e identificação de quais os componentes com maiores perdas de carga. <i>Causas típicas:</i> idem (C4) à excepção da insuficiência da capacidade de reserva.	Idem (C4)
...adequação das pressões máximas?	<b>(C8) Inadequada configuração do sistema</b> Análise do comportamento hidráulico do sistema para identificação das zonas com excesso de pressão e da respectiva causa. <i>Causas típicas:</i> expansão progressiva das redes ao longo do tempo, sem um planeamento adequado.	Instrumentos e tecnologias para a medição de pressão e de caudal. Modelação hidráulica. Instrumentos de avaliação de desempenho técnico (índices de desempenho). Instrumentos de análise do risco.
	<b>(C9) Incorrecto dimensionamento de componentes</b> Análise do comportamento hidráulico do sistema para identificação de componentes com características inadequadas. <i>Causas típicas:</i> inadequação entre as características de instalações elevatórias ou de reservatórios e as necessidades (por erros de dimensionamento ou de previsão da procura); inadequada especificação de válvulas de reguladoras e dos seus parâmetros de regulação.	Instrumentos e tecnologias para a medição de pressão e de caudal. Instrumentos de análise de consumos. Modelação hidráulica. Instrumentos de análise do risco.



**Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados (cont.)**

Há problemas de...	Se sim, porquê e onde? Análise a efectuar	Instrumentos de apoio recomendados
...adequação das pressões máximas? (continuação)	<p><b>(C10) Inadequada operação do sistema</b></p> <p>Análise do comportamento hidráulico do sistema durante o dia e identificação de modos de operação inadequados, que se traduzam em excesso de pressão.</p> <p><u>Causas típicas:</u> inadequada operação dos grupos de elevação, inadequada regulação de válvulas de controlo.</p>	<p>Instrumentos e tecnologias para a medição de pressão e de caudal.</p> <p>Instrumentos de análise de consumos.</p> <p>Modelação hidráulica.</p> <p>Instrumentos de avaliação de desempenho técnico (índices de desempenho).</p> <p>Instrumentos de análise do risco.</p>
...adequação da flutuação de pressão?	<p><b>(C11) Insuficiente capacidade hidráulica do sistema</b></p> <p>Análise do comportamento hidráulico do sistema durante o dia e identificação de quais os componentes que mais contribuem para a flutuação de pressão.</p> <p><u>Causas típicas:</u> insuficiência da capacidade das condutas, inadequada configuração da rede, inadequada selecção dos grupos de elevação, inadequada localização de válvulas de controlo.</p>	Idem (C2)
	<p><b>(C12) Inadequada operação do sistema</b></p> <p>Análise do comportamento hidráulico do sistema durante o dia e identificação de quais os componentes que mais contribuem para a flutuação de pressão.</p> <p><u>Causas típicas:</u> inadequada operação dos grupos de elevação, inadequada regulação de válvulas de controlo.</p>	Idem (C10).
...adequação das características organolépticas? ...adequação da qualidade microbiológica? ...adequação da qualidade físico-química?	<p><b>(C13) Inadequada qualidade da água entrada na área de análise</b></p> <p>Análises de qualidade da água nos pontos de entrada e identificação se a qualidade da água a montante da área de análise é a causa do problema.</p> <p><u>Causas típicas:</u> inadequada qualidade da água nos pontos de entrada do sistema de adução e de distribuição; alteração da qualidade da qualidade da água após a entrada no sistema e a montante da área de análise.</p>	Informação operacional (qualidade da água).

**Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados (cont.)**

Há problemas de...	Se sim, porquê e onde? Análise a efectuar	Instrumentos de apoio recomendados
adequação das características organolépticas? ...adequação da qualidade microbiológica? ...adequação da qualidade físico-química? (continuação)	<p><b>C14) Degradação da qualidade da água na área de análise</b></p> <p>Análises de qualidade da água nos pontos de entrada e em pontos de controlo (e.g., onde houve reclamações, extremos de rede), para confirmação da natureza do problema e identificação da sua localização.</p> <p><u>Causas típicas das características...</u></p> <p>... <i>microbiológicas</i>: falta de estanquidade do sistema (fissuras, orifícios, juntas); tempos de percurso muito elevados ou por defeito);</p> <p>... <i>organolépticas (relativas a cheiro e sabor)</i>: tempos de percurso muito elevados ou inadequada concentração de desinfectante residual (por excesso ou por defeito);</p> <p>... <i>organolépticas (relativas a cor) e físico-químicas (e.g., turvação)</i>: degradação por corrosão dos materiais das condutas metálicas e equipamentos, ressuspensão de sedimentos acumulados, entrada de sedimentos durante reparações, emulsão de ar (água branca) por depressurização localizada a jusante de válvulas ou após reparações;</p> <p><b>C15) ... físico-químicas</b> relativas a lixiviação dos materiais de condutas e acessórios (e.g., chumbo) ou combinação entre a água transportada e os materiais em contacto com a água (e.g., águas agressivas em contacto com carbonato de cálcio das paredes das condutas).</p>	<p>Cadastro (materiais, idades, localização geográfica).</p> <p>Informação operacional (qualidade da água, estado de conservação das condutas e equipamentos, histórico de intervenções, níveis de perdas reais).</p> <p>Instrumentos de análise de consumos.</p> <p>Realização de balanços hídricos em subáreas da área de análise (e.g., ZMC), se viável.</p> <p>Modelação hidráulica e de qualidade da água.</p> <p>Instrumentos integrados de apoio à decisão.</p> <p>Instrumentos de análise do risco.</p>
...adequação da capacidade hidráulica do sistema de adução e distribuição para satisfazer as necessidades de serviço?	Idem (C1) e (C2).	Idem (C1) e (C2).

**Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados (cont.)**

Há problemas de...	Se sim, porquê e onde? Análise a efectuar	Instrumentos de apoio recomendados
...adequação do risco de interrupção de abastecimento devido a avarias em componentes?	<p><b>C16) Mau estado de conservação da rede</b></p> <p>Análise estatística dos dados de falhas.</p> <p>Análise do estado de conservação.</p> <p>Identificação de componentes com prioridade de intervenção mais elevada.</p> <p><u>Causas típicas:</u> mau estado de conservação das tubagens e acessórios; mau estado de conservação de válvulas.</p>	<p>Cadastro (materiais, idades, localização geográfica).</p> <p>Informação operacional (estado de conservação das tubagens e acessórios e das válvulas, ordens de trabalho, níveis de perdas reais).</p> <p>Realização de balanços hídricos em subáreas da área de análise (e.g., ZMC), se viável.</p> <p>Instrumentos de avaliação de indicadores de desempenho por componente ou por grupos de componentes de características semelhantes.</p> <p>Instrumentos de análise estatística de dados de falhas.</p> <p>Instrumentos para apoio à definição de prioridades de intervenção.</p> <p>Instrumentos de análise de risco componente a componente ou por grupos de componentes com características homogéneas.</p>
	<p><b>C17) Falta de redundância/fiabilidade</b></p> <p>Análise da configuração do sistema em termos de redundância / fiabilidade.</p> <p>Identificação da localização das válvulas de seccionamento existentes e avaliação do n.º de consumidores (ou do consumo) afectados por uma interrupção em cada sector isolável por válvulas.</p> <p><u>Causas típicas:</u> zonas da rede sem redundância cuja interrupção afecte um elevado número de consumidores; deficiente número ou localização de válvulas de seccionamento que permitam minimizar o número de consumidores afectados por uma falha ou intervenção.</p>	<p>Cadastro.</p> <p>Instrumentos de avaliação dos índices de criticalidade hidráulica (que calculam a importância relativa de cada conduta em termos do consumo afectado por uma interrupção).</p> <p>Instrumentos de análise do risco.</p>

**Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados (cont.)**

Há problemas de...	Se sim, porquê e onde? Análise a efectuar	Instrumentos de apoio recomendados
...adequação do risco de interrupção de abastecimento devido a avarias em componentes? (continuação)	<b>C18) Modo de operação</b> Análise dos procedimentos de operação e de manutenção e de registos de manobras operacionais. <i>Causas típicas:</i> deficiente controlo dos procedimentos de fechamento/abertura de válvulas de seccionamento; inadequado estabelecimento dos limites de andares de pressão ou de ZMC; inadequada operação do sistema de reservatórios e instalações elevatórias; deficiente controlo dos procedimentos de regulação de válvulas reductoras de pressão ou de controlo de caudal.	Informação operacional (procedimentos de operação e manutenção; registos de manobras). Instrumentos de análise do risco.
	<b>C19) Outras causas</b> Pode acontecer o valor do indicador de falhas no abastecimento estar acima do valor de referência e os restantes indicadores de avaliação deste critério estarem dentro dos valores aceitáveis. Uma causa provável para esta situação é a ocorrência de falhas noutros componentes não incluídos nos indicadores (e.g., reservatórios ou instalações eléctricas, por exemplo por falha de abastecimento de energia eléctrica).	Instrumentos de análise do risco.
...adequação da sustentabilidade infra-estrutural?	<b>C20) Insuficiente investimento na conservação da infra-estrutura</b> Análise das taxas de reabilitação nos últimos 5-10 anos e avaliação da evolução (ainda que aproximada) do índice de valor da infra-estrutura. Se o índice for inferior a 0.5 e as taxas de reabilitação inferiores aos valores de referência da ERSAR, então não está a ser garantida a sustentabilidade infra-estrutural da área de análise. <i>Causas típicas:</i> degradação da infra-estrutura sem investimento em reabilitação seja falta de financiamento seja por inadequado planeamento.	Cadastro (materiais, idades, localização geográfica). Informação operacional (ordens de trabalho). Instrumentos de avaliação índice de valor da infra-estrutura.
...adequação da integridade infra-estrutural?	Idem (C16).	Idem (C16).
...adequação dos níveis de perdas reais?	Idem (C16).	Idem (C16).

**Quadro 6.18 – Identificação de problemas e causas, análise a efectuar e instrumentos de apoio recomendados (cont.)**

Há problemas de...	Se sim, porquê e onde? Análise a efectuar	Instrumentos de apoio recomendados
...adequação dos consumos de energia?	<p><b>C21) Ineficiência energética das estações elevatórias</b></p> <p>Análise dos rendimentos dos grupos electro-bomba.</p> <p>Quantificação das perdas de carga localizadas a jusante dos grupos por comparação entre as cotas piezométricas a jusante dos grupos e à saída da estação elevatória.</p> <p><i>Causas típicas:</i> inadequação entre as características do equipamento e as necessidades; degradação do equipamento; existência de perdas de carga localizadas significativas devidas a válvulas parcialmente fechadas, usadas para controlo de caudal.</p>	Instrumentos e tecnologias para a medição de pressão, de caudal e de rendimento.
	<p><b>C22) Inadequada configuração do sistema ou estado de conservação da rede</b></p> <p>Análise do comportamento hidráulico do sistema na perspectiva da dissipação de energia e identificação dos aspectos a melhorar.</p> <p><i>Causas típicas:</i> coexistência de bombeamentos e de redutores de pressão, quando existem outras soluções mais económicas e ambientalmente mais favoráveis; configuração da rede energeticamente inadequada (e.g., com perdas de carga elevadas); elevadas perdas de carga contínuas na rede por redução da secção útil das condutas ou por elevadas perdas reais.</p>	Instrumentos e tecnologias para a medição de pressão e de caudal. Instrumentos de avaliação de perdas reais em subáreas. Modelação hidráulica.
	<p><b>C23) Inadequada operação do sistema</b></p> <p>Análise do comportamento hidráulico do sistema na perspectiva da dissipação de energia e identificação de aspectos a melhorar.</p> <p><i>Causas típicas:</i> deficiente controlo dos procedimentos de manobra de válvulas de seccionamento; inadequado estabelecimento dos limites de andares de pressão ou de ZMC; inadequada operação de reservatórios e instalações elevatórias; deficiente controlo dos procedimentos de regulação de válvulas.</p>	Instrumentos e tecnologias para a medição de pressão e de caudal. Instrumentos de avaliação de perdas reais em subáreas. Modelação hidráulica.
...adequação das fontes de energia utilizadas?	<p><b>C24) Insuficiente utilização de fontes de energia renovável</b></p> <p>Análise das fontes de energia utilizadas, do potencial de recuperação de energia e da viabilidade do uso de fontes de energia renovável.</p> <p><i>Causas típicas:</i> uso de energia de origem térmica; não aproveitamento de energia em excesso do escoamento (micro-turbinas) quando a relação custo-benefício o justifica; não utilização fontes de energia renovável (e.g., painéis solares, turbinas eólicas).</p>	Instrumentos e tecnologias para a medição de pressão e de caudal. Modelação hidráulica. Instrumentos de análise custo-benefício para avaliação preliminar da instalação de micro-turbinas e outras fontes de energia renovável.

## 6.7. Identificação e análise de alternativas de intervenção

### 6.7.1. Diferentes etapas

Uma vez efectuado o diagnóstico da situação actual e futura do sistema para a situação de *statu quo* em termos de infra-estrutura, procede-se à identificação e análise de alternativas de intervenção. Esta fase compreende as seguintes etapas:

**Etapas 5 Identificação de soluções alternativas de intervenção**, para os problemas e causas identificados em cada área de análise.

**Etapas 6** Previsão do desempenho futuro de cada uma das soluções alternativas identificadas.

**Etapas 7 Selecção da melhor solução para cada área de análise**, tendo por base a relação entre custo, desempenho e risco para cada solução alternativa.

**Etapas 8 Estabelecimento de prioridades de intervenção**, com base nos resultados anteriores e em factores externos que não tenham ainda sido contemplados.

Nas secções seguintes passa-se à descrição de cada uma das etapas anteriores.

### 6.7.2. Identificação de soluções alternativas de intervenção (Etapas 5)

Esta etapa é, essencialmente, de concepção e de pré-dimensionamento das soluções alternativas. Em muitas das situações existe uma única solução de engenharia para resolver o(s) problema(s) existente(s) (e.g., substituição de uma dada conduta ou conjunto de condutas com vala aberta por outras de igual diâmetro). Porém, existem muitas situações em que a solução não é óbvia nem única. Por exemplo, a resolução de um problema específico de incumprimento de pressões mínimas pode ser conseguida através de: (i) alteração dos limites dos andares de pressão, com ligação da zona problemática a um andar de pressão superior; (ii) instalação de um grupo sobrepessor na zona

problemática; (iii) aumento da altura de elevação a montante ou da pressão de regulação a jusante de válvula redutora de pressão. Cabe ao projectista ou ao decisor equacionar as alternativas que se oferecem, à partida, como potencialmente mais viáveis, técnica e economicamente.

Assim, dependendo do problema a resolver, as alternativas consideradas podem ser exclusivamente infra-estruturais, correspondendo à execução de **obras de reabilitação**, ou podem corresponder a alterações ao modo de **operação e manutenção**. Por vezes são uma combinação de obra e de alterações ao modo de operação e manutenção. É muito importante que esta abordagem esteja sempre subjacente à análise, de modo a procurar seleccionar sempre as soluções que, globalmente, tenham uma melhor relação custo-benefício, independentemente da sua natureza.

Nas alternativas que envolvam soluções infra-estruturais, deve também ter-se em conta a possibilidade de adopção de tecnologias diferentes (e.g., substituição de condutas com vala aberta ou sem vala aberta, entubamento simples revestimento interior), se estas alternativas corresponderem a custos, desempenhos ou riscos significativamente diferentes. Caso contrário, basta analisar uma alternativa e deixar para a fase de projecto a sua especificação.

Cada solução deverá ser pré-dimensionada de modo a permitir avaliar uma estimativa de custos, e uma previsão do impacto que a sua implementação terá no desempenho da área em análise. Os custos deverão incluir todos os componentes de custo no ciclo de vida, identificando claramente os custos de investimento e os restantes custos (ver Secção 6.7.4 e Subcapítulo 9.9). Em obras mais complexas, em que a escolha da melhor solução não é evidente (e.g., traçado, localização, tecnologia), poderá ser necessário efectuar estudos prévios para a comparação de alternativas.

É de salientar que uma solução de intervenção pode resolver mais do que um problema na área de análise. Por exemplo, a substituição de condutas metálicas antigas, em mau estado de conservação, pode resolver problemas de qualidade da água, de perdas reais, de capacidade hidráulica, de interrupções, de integridade e sustentabilidade da infra-estrutura.

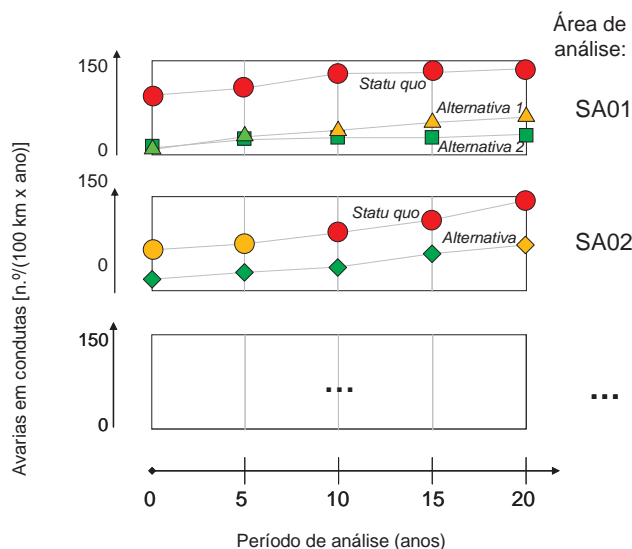
### **6.7.3. Previsão do desempenho futuro de cada uma das soluções alternativas identificadas (Etapa 6)**

Para cada uma das soluções identificadas é necessário avaliar a sua viabilidade técnica e económica. Para o efeito deverá

ser adoptada uma análise de longo prazo, semelhante à que se descreve na Etapa 3. O grau de sofisticação desta análise pode ser muito variável, em função da complexidade do problema e dos meios disponíveis. Numa versão simplificada, pode-se avaliar apenas o desempenho de cada área prioritária de análise em termos qualitativos, empíricos, eventualmente feita de forma agregada para cada critério.

Se houver disponibilidade de meios técnicos, dever-se-á procurar prever o desempenho futuro para cada uma das medidas de desempenho que apresentam incumprimentos para a situação de *statu quo*. Para este efeito dever-se-ão repetir os procedimentos apontados para as Etapas 2 e 3. Os instrumentos e tecnologias de apoio para a elaboração desta etapa são os listados no Quadro 6.18, com destaque para a modelação matemática, as análises de avaliação de desempenho e as análises de fiabilidade e do risco.

Tal como na Etapa 3, é importante representar de forma sintética os resultados globais do impacto em termos de medidas de desempenho (ou globais do critério) de cada alternativa ao longo do tempo. A Figura 6.11 sugere um exemplo de representação.



**Figura 6.11 – Exemplo de representação da evolução temporal do desempenho das áreas de análise prioritárias para a solução de *statu quo* e para diferentes alternativas de intervenção**



#### **6.7.4. Selecção da melhor solução para cada área de análise (Etapa 7)**

##### ***Paradoxo custo-desempenho-risco***

A selecção da melhor solução para cada área de análise deverá ter por base uma análise integrada da relação entre o custo, o desempenho e o risco para cada solução alternativa de intervenção identificada na Etapa 6, tomando como base todo o período de análise (e.g., 20 anos).

Em geral, existe algum conflito entre o objectivo de maximizar o desempenho, minimizar o risco e minimizar os custos. O equilíbrio não é óbvio e cabe inevitavelmente ao decisor seleccionar a solução que corresponda ao melhor compromisso entre os três objectivos.

A Figura 6.12 ilustra um exemplo de quatro alternativas destinadas a resolver um conjunto de problemas de uma dada área. A Alternativa 1 é a de menor custo, mas de pior desempenho e de maior risco, estando estes últimos no limiar de aceitabilidade. A Alternativa 2 tem níveis de desempenho e do risco semelhantes à anterior, mas um custo mais elevado, o que permite eliminá-la à partida. A Alternativa 3 implica algum aumento de custo (no limiar de aceitabilidade), mas permite aumentar significativamente o desempenho e diminuir o risco. A Alternativa 4, por seu turno, mantém o desempenho face à Alternativa 3, mas a redução do nível de risco implicou um aumento do custo que, por ser superior ao nível de aceitabilidade, é eliminada. A decisão entre as Alternativas 1 e 3 não é tomada por questões técnicas mas opções de gestão, que deverão ter em conta as estratégias e os factores externos ainda não tidos em conta na análise.

Os níveis de aceitabilidade deverão ser definidos pelo decisor em função de exigências externas (e.g., contratuais, legais ou regulatórias) ou internas (e.g., opções de gestão, disponibilidades orçamentais).

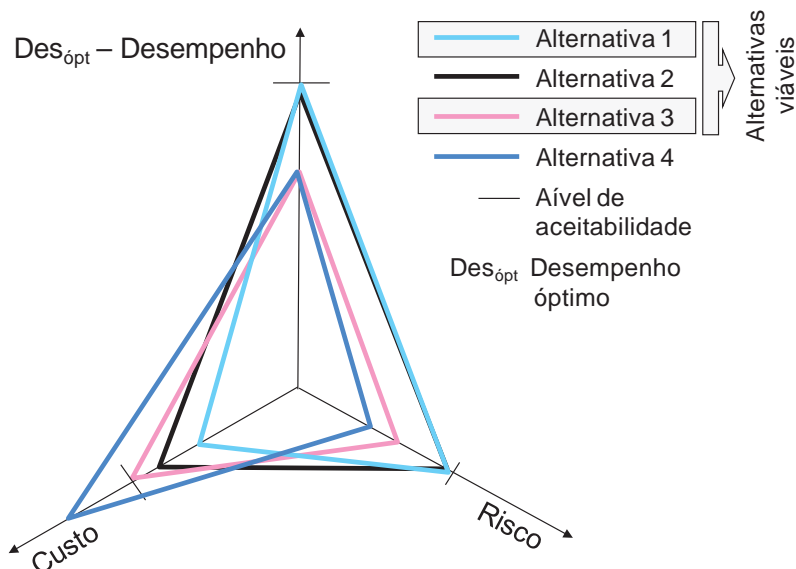


Figura 6.12 – Exemplo do balanço custo, desempenho e risco para diferentes alternativas de intervenção

### Desempenho

A avaliação do desempenho foi efectuada nas Etapas 3 e 6, respectivamente para a situação de *statu quo* e para cada uma das alternativas, para cada uma das medidas seleccionadas e para o período de análise (e.g., 20 anos). Nestas etapas foi ainda feita uma apreciação do valor de cada medida de desempenho e transformada numa escala qualitativa (bom, mediano e insuficiente) tendo por base as metas estabelecidas, ao longo do período de análise (e.g., anos 0, horizonte do plano tático, 10, 15 e 20).

Nesta etapa é necessário integrar estas medidas parciais numa medida única de desempenho global para cada um dos anos de cálculo e para cada alternativa de intervenção. Daqui resulta uma evolução temporal do desempenho para o *statu quo* e para cada alternativa, como a que se ilustra em 6.7.3, na Figura 6.11.

Existem diversas técnicas de agregação, todas elas com vantagens e inconvenientes. A versão mais simplificada do ponto de vista matemático consiste numa apreciação global, qualitativa, feita pelo decisor com base nos próprios conhecimentos e experiência. Outra possibilidade muito usada consiste na atribuição de pesos a cada medida associada a um dado critério, que permite a avaliação do desempenho no critério, e de pesos a cada critério, para avaliação do desempenho global, através de somas ponde-

radas. Podem ainda usar-se métodos e instrumentos de avaliação multicritério mais sofisticados (Roy, 1996), como por exemplo o método ELECTRE TRI, que se baseia na comparação de cada alternativa com uma de referência, para cada critério (Mousseau e Slowinski, 1998).

Os instrumentos e tecnologias de avaliação de desempenho são apresentados em 9.6.

### **Risco**

A avaliação do risco é feita pela combinação entre as probabilidades associadas aos principais perigos (e.g., rotura em condu-ta, avaria em instalações elevatórias, ocorrência de problemas de qualidade da água por deficiência da infra-estrutura) e as respectivas consequências (e.g., reparação, interrupção de serviço, danos a terceiros).

Deverão ser considerados como principais perigos do sistema todos os acontecimentos que ocorram fora do previsto ou programado com potencial de causar dano. Podem ser acontecimentos mais correntes, associados a uma probabilidade elevada e a conse-quências de menor dimensão, ou a acontecimentos extraordinários, com muito baixa probabilidade de ocorrência mas consequências gravosas.

Pode ser efectuada de modo qualitativo, recorrendo a uma matriz de risco, de modo semi-quantitativo, ou de modo quantitativo. De entre as técnicas quantitativas destaca-se o “Business Risk Exposure” (BRE), que consiste em valorizar cada risco em unidades monetárias, que são somadas para obter o risco global associado a cada alternativa (Barton *et al.*, 2002). Estas unidades monetárias podem corresponder a custos tangíveis para a entidade gestora, a custos intangíveis para a entidade gestora (e.g., danos de ima-gem decorrentes de perturbações causadas a consumidores) ou a externalidades (e.g., custos ambientais, perturbações causadas a terceiros).

### **Custo**

O custo deverá incluir os investimentos (inicial e posteriores), as principais rubricas de operação e manutenção durante o período de análise e os custos de desactivação no final da vida útil. Sempre que o período de análise for inferior ao período de amortização do investimento, ao custo total deverá ser descontado o valor residual. O cálculo destes custos deverá tirar partido da infor-mação contabilística disponível, nomeadamente custos unitários,

tanto de investimento como de operação e manutenção, e taxas de actualização.

Deverá incluir todos os custos tangíveis para a entidade gestora previstos ou programados que se sabe à partida que vão ser gastos, mesmo que eventualmente tenham alguma margem de incerteza associada (ver Secção 9.9.2). Analise-se, por exemplo, o caso do consumo de energia. A previsão do consumo tem inevitavelmente um erro associado decorrente da variabilidade dos consumos de água. Acresce que os custos de energia correspondentes também dependem do período de bombeamento e do respectivo tarifário, que podem sofrer alterações no período de análise de forma não controlável pela entidade gestora. No entanto, o risco global associado a este tipo de situação é baixo, pelo que, em geral, faz mais sentido incorporá-lo no componente de custo do que no de risco.

Se for tecnicamente viável com os meios disponíveis, pode ainda incluir outros custos tangíveis para a entidade gestora (e.g., perdas de água, indemnizações por danos a terceiros ou por incumprimentos de níveis de serviço).

Os custos intangíveis para a entidade gestora (e.g., agravamento de prémios de seguro, custos de imagem) e os custos externos (e.g., perturbações causadas a terceiros sem encargos de indemnizações para a entidade gestora) deverão também ser tidos em conta. Porém, se se somarem aos custos tangíveis para a entidade gestora e a informação para o decisor se limitar aos custos totais, este perde a percepção da importância relativa de cada parcela. É por isso importante estruturar a informação de modo a individualizar os custos tangíveis para a entidade gestora. Uma via é adoptar um quarto vector de decisão relativo aos custos intangíveis e externos.

Outra via, que se afigura de aplicação mais simples, é a consideração destas duas parcelas (custos intangíveis e externalidades) na dimensão relativa ao risco. Esta opção permite recorrer a métodos de valorização tanto quantitativos, como qualitativos.

A forma de quantificação dos custos tangíveis para a entidade gestora, intangíveis para a entidade gestora e externalidades é apresentada com mais pormenor em 9.9.

### ***Vias para a análise global***

Uma vez avaliadas as dimensões custo-desempenho-risco é necessário efectuar uma apreciação global da solução para a tomada de decisão. Para este efeito, podem ser seguidas diferentes vias alternativas.

Uma via consiste em preservar os três eixos de análise, assumi-los como independentes, e mediante os níveis de aceitabilidade e a comparação dois a dois, tomar a decisão.

Em termos práticos pode ser difícil assegurar a total independência entre estes eixos de análise. Por exemplo, não é linear decidir onde incorporar a ocorrência de roturas correntes, que se reflectem no desempenho do sistema, têm custos tangíveis para a entidade gestora de reparação, custos intangíveis de imagem e externalidades para a sociedade e, dado a sua natureza aleatória, constituem um risco com uma probabilidade e uma consequência associadas. Cabe à entidade gestora decidir onde incluir este aspecto, podendo mesmo incorporar uma parte em cada dimensão. O que importa é evitar duplicações de avaliação, em eixos diferentes.

Em alternativa podem ser fundidos dois eixos, ou mesmo os três eixos. Para este efeito, todas as dimensões deverão ser valorizadas na mesma unidade (*e.g.*, unidades monetárias) e os aspectos avaliados deverão ser independentes de modo a serem somáveis. Uma opção poderá ser associar o custo ao risco e manter o desempenho como grandeza independente. Outra possibilidade será fundir os três eixos usando também unidades monetárias, sendo o mais complicado a valorização do desempenho em unidades monetárias. De facto, o incumprimento de metas de desempenho é quase sempre difícil de traduzir em termos de custos, por se tratar sobretudo de aspectos de qualidade de um serviço público e de credibilidade e imagem da entidade gestora. Mesmo quando o incumprimento dê lugar a coimas, penalizações ou prémios associados, estes custos têm um valor relativamente pequeno face ao valor intangível do incumprimento.

## Sistematização de resultados

É recomendável que os resultados desta análise sejam sintetizados numa forma que facilite a sua interpretação e percepção global por parte do decisor. No Quadro 6.19 sugere-se uma forma de representação possível, de carácter **qualitativo**, para o caso de optar por manter os três eixos de análise de modo individualizado.

**Quadro 6.19 – Exemplo de sistematização de resultados para identificação das melhores soluções para a globalidade do período de análise**

	Alternativa	Desempenho médio	Risco médio	Custo total	Avaliação técnica global
Sistema hidráulico principal	Statu quo	●	●	●	●
	Alternativa SHP-1 - Substituição da adutora C25 e ampliação do reservatório R36 (SH	●	●	●	● ↗
	Alternativa SHP-2 -Remodelação da EE12 e construção de novo reservatório	●	●	●	● ↑
SD01	Statu quo	●	●	●	●
	SD01-1	●	●	●	● →
	Alternativa SD01-2	●	●	●	● ↑
SD02	Statu quo	●	●	●	●
	Alternativa SD02-1	●	●	●	● →
	Alternativa SD02-2	●	●	●	● ↗
SD03	Statu quo	●	●	●	●
	Alternativa SD03-1	●	●	●	● →
	Alternativa SD03-2	●	●	●	● ↗
SD04	Statu quo	...	...	...	...
	...	...	...	...	...

**Legenda:** Avaliação: ● Bom; ● Mediano; ● Violação do nível de aceitabilidade ou solução inaceitável.

Melhoria face à situação de *statu quo*: ↑ significativa; ↗ mediana; → irrelevante.

No caso de haver resultados **quantitativos** para algumas das dimensões, essa **informação não se deverá perder** e ser apresentada complementarmente na forma numérica (e.g., custos expressos em unidades monetárias). Salienta-se que se deverá ter em consideração o desempenho e o risco médios em todo o período de análise, e não apenas no ano 0 e no horizonte de análise. Como antes referido, o custo deverá englobar todos os custos tangíveis para a entidade gestora no período de análise.

Ao interpretar este quadro, deverão ser identificadas as situações em que o *statu quo* não é aceitável. Nestes casos será sempre necessário intervir. No exemplo apresentado, estão nesta situação o sistema hidráulico principal e o subsistema SD01. Já no subsistema SD02, o *statu quo* tem uma avaliação técnica global mediana, pelo que deverá ser considerado na decisão.

Relativamente às alternativas para cada área de análise, deverá ser seleccionada a que conduz uma melhor avaliação técnica global. No sistema hidráulico principal, a melhor alternativa é a segunda. No subsistema SD01, a primeira alternativa não tem uma avaliação aceitável, pelo que, nesta fase, deverá ser escolhida a alternativa SD01-2. No subsistema SD02 dever-se-á optar pela alternativa SD02-2 porque, apesar de ambas serem viáveis, esta tem uma avaliação técnica global melhor do que a alternativa SD02-1.

Em caso de igualdade, deverá prevalecer a que conduz a maior melhoria. No caso do subsistema SD03, deverá ser escolhida a alternativa SD03-2.

#### **6.7.5. Estabelecimento de prioridades de intervenção (Etapa 8)**

O estabelecimento de prioridades de intervenção resulta da conjugação entre os resultados da Etapa 7 e factores externos relevantes que não tenham sido tidos em consideração na avaliação técnica global (e.g., intervenções noutras infra-estruturas).

Mais uma vez, não existe uma metodologia única para realização desta etapa. Na sequência do exemplo apresentado na Etapa 7, o Quadro 6.20 ilustra uma possível via a adoptar. Atende à avaliação técnica global e à melhoria relativa da intervenção face ao *statu quo*, ao desempenho no horizonte do plano tático e ao nível de prioridade externa existente. O quadro contempla ainda o valor do investimento, de modo a permitir a fácil avaliação dos custos totais de investimento associados às intervenções de prioridade 1 e às de prioridade 2.

O estabelecimento das prioridades deverá ter em conta as seguintes recomendações:

- Se a situação de *statu quo* no ano horizonte do plano tiver desempenho inaceitável, a prioridade de intervenção é 1, independentemente da existência de prioridades externas.

São exemplos o sistema hidráulico principal, o subsistema SD01 e o subsistema SD04.

- Se a situação de *statu quo* no ano horizonte do plano tiver desempenho aceitável, se existir uma prioridade externa elevada (prioridade 1) e se a intervenção introduzir melhorias face ao *statu quo*, então a prioridade de intervenção é também 1.

O subsistema SD02 encontra-se nesta situação.

- Se a situação de *statu quo* no horizonte do plano e a longo prazo tiver desempenho bom e a intervenção não trazer melhorias significativas, a prioridade de intervenção é baixa (prioridade 3), mesmo que existam prioridades externas. Neste caso particular é importante analisar também o desempenho a longo prazo dadas as previsíveis restrições de intervenção posteriores.

O subsistema SD06 é um exemplo desta situação.

- Se a situação de *statu quo* for mediano, se a intervenção trazer melhorias medianas ou significativas e se a prioridade de intervenção externa for mediana, baixa ou inexistente, a prioridade de intervenção é 2.

O subsistema SD05, com igual avaliação técnica global ao subsistema SD02, tanto para o *statu quo* como para a alternativa, tem prioridade 2 por não existirem prioridades externas.

O subsistema SD03 tem prioridade de intervenção 2 porque, apesar da avaliação do *statu quo* ser boa, tem uma prioridade externa 2 e a intervenção introduz algumas melhorias.



**Quadro 6.20 – Exemplo de estabelecimento de prioridades de intervenção**

Área de análise	Alternativa	Avaliação técnica global da alternativa	Desempenho no horizonte do plano da situação de statu quo	Investimento (x1000 €)	Prioridade externa	Prioridade de intervenção
Sistema hidráulico principal	Alternativa SHP-2 – Remodelação da EE12 e construção de novo reservatório	● ↑	●	450	-	1
SD01	Alternativa SD01-2	● ↑	●	120	-	1
SD02	Alternativa SD02-2	● ↗	●	100	1 (repavimentação em zona histórica)	1
SD03	Alternativa SD03-2	● ↗	●*	50	2	2
SD04	Alternativa SD04-1	● ↑	●	80	-	1
SD05	Alternativa SD05-2	● ↗	●*	150	-	3
SD06	Alternativa SD06-1	● →	●	90	1	3
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
Investimento total para as intervenções de prioridade 1				...		
Investimento total para as intervenções de prioridade 2				...		

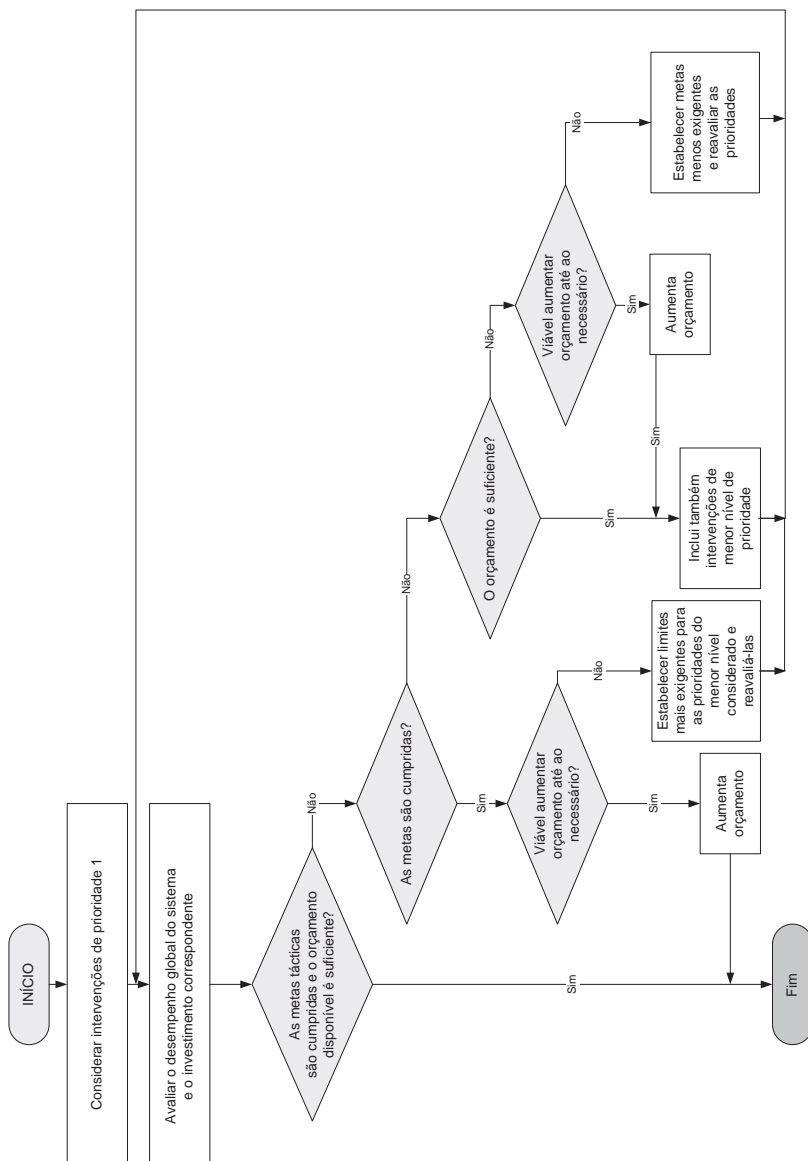
**Legenda:** Avaliação: ● Bom; ● Mediano; ● Violação do nível de aceitabilidade ou solução inaceitável.

Melhoria face à situação de *statu quo*: ↑ significativa; ↗ mediana; → irrelevante.

Prioridade de intervenção: 1 elevada; 2 mediana; 3 baixa; – sem prioridade.

\*Desempenho no horizonte do plano melhor do que o desempenho médio para o período de análise

Completada a identificação das intervenções de prioridade 1, 2 e 3 e os respectivos custos de investimento, é necessário seleccionar as intervenções necessárias e suficientes para cumprir as metas tácticas estabelecidas e poder estabelecer o plano de GPI com a dotação orçamental prevista para as intervenções na infra-estrutura. Recomenda-se a adopção de um procedimento iterativo como o apresentado na Figura 6.13.

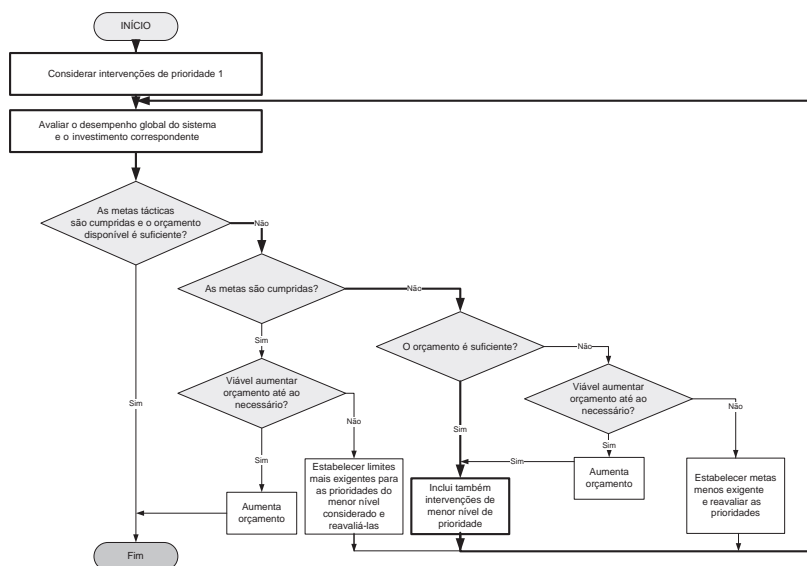


**Figura 6.13 – Processo de selecção de prioridades de forma a cumprir as metas táticas globais e o orçamento disponível**

Exemplifique-se a utilização deste fluxograma com o seguinte caso:

- o investimento total associado às intervenções de prioridade 1 é de 50 000 €;
- o investimento total associado às intervenções de prioridade 2 é de 100 000 €;
- o orçamento disponível é de 100 000 €, não sendo viável o seu aumento;
- o conjunto de intervenções de prioridade 1 não permite o cumprimento das metas tácticas;
- o conjunto de todas as intervenções de prioridade 1 e 2 permite cumprir as metas tácticas com folga.

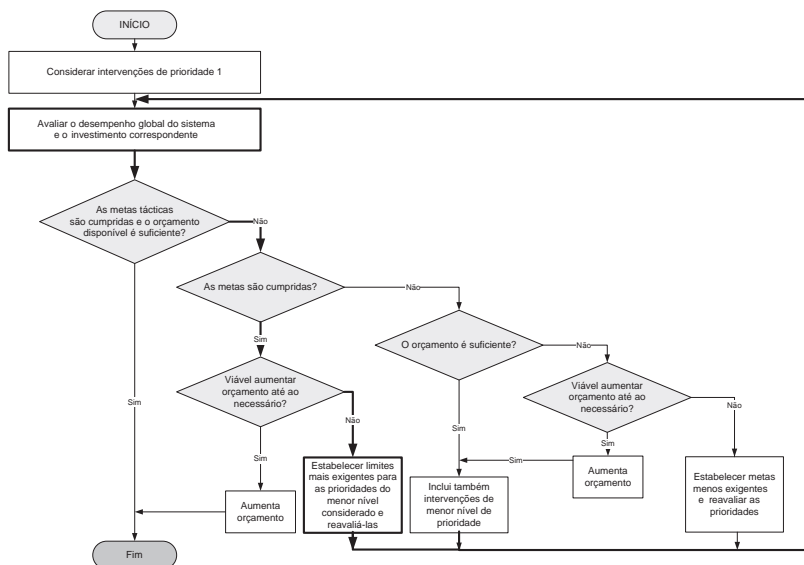
Numa primeira iteração, esquematizada na Figura 6.14, as intervenções de prioridade 1 não permitem cumprir as metas tácticas mas não excedem o orçamento disponível, pelo que é viável analisar a possibilidade de incluir também as intervenções de prioridade 2.



**Figura 6.14 – Exemplo de aplicação do processo de selecção de prioridades – 1.ª iteração**

Seguidamente, passa-se a uma segunda iteração (Figura 6.15), para a qual as intervenções de nível 1 e 2 permitem cumprir as metas com folga, mas excedem o orçamento. É assim necessário seleccionar

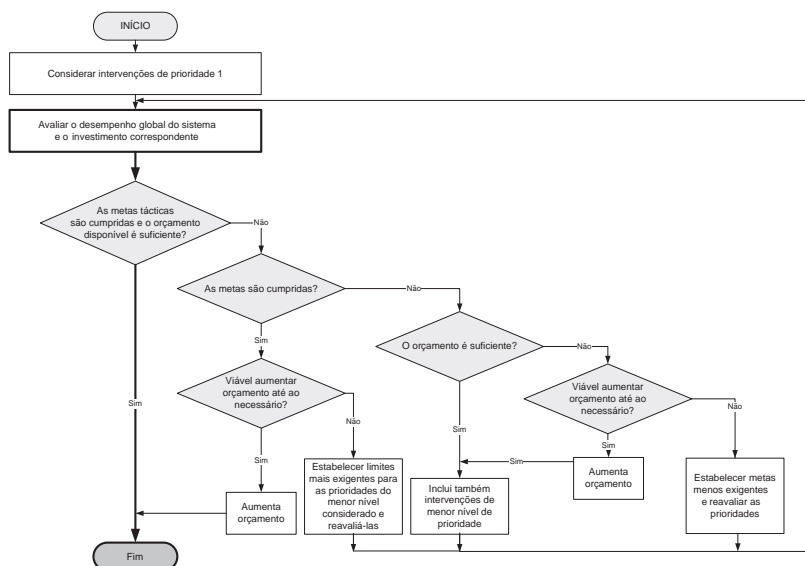
as intervenções mais prioritárias de entre as de prioridade 2. Para o efeito, dever-se-ão estabelecer limites mais exigentes para a atribuição de prioridades de nível 2, de modo a que algumas passem para o nível de prioridade 3, mas se cumpram as metas.



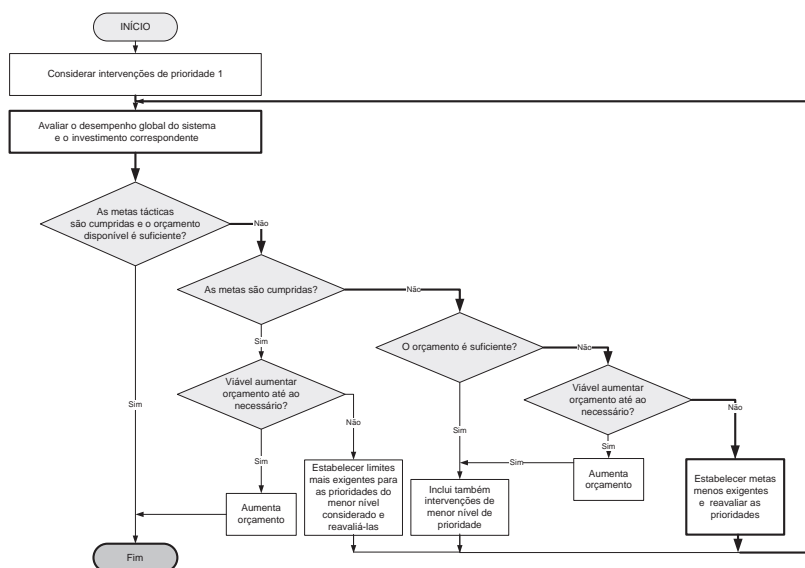
**Figura 6.15 – Exemplo de aplicação do processo de selecção de prioridades – 2.ª iteração**

O processo termina quando se verifica, em simultâneo, o cumprimento das metas, sem ultrapassar o orçamento disponível (Figura 6.16).

Em certos casos, pode acontecer que o conjunto de intervenções mínimo que permita cumprir as metas exceda o orçamento disponível. Neste caso é inevitável, ou proceder à alteração das metas inicialmente estabelecidas, tornando-as menos exigentes, ou reforçar o orçamento (e.g., Figura 6.17).



**Figura 6.17 – Exemplo de aplicação do processo de selecção de prioridades em que é necessário alterar as metas**



**Figura 6.16 – Exemplo de aplicação do processo de selecção de prioridades – fim do processo**

## 6.8. Formulação de táticas e produção do plano

### 6.8.1. Tipo de táticas

De forma geral, as organizações procedem ao planeamento tático específico de cada processo de gestão (ver Capítulo 3), mesmo que não produzam planos formais.

O planeamento tático no âmbito da GPI deverá produzir táticas de diferente natureza:

- **táticas infra-estruturais (TIF)**, que compreendem as obras de reabilitação na infra-estrutura (construção civil e equipamentos) seleccionadas nas Etapas 7 e 8, bem como eventuais intervenções de expansão; estas táticas deverão ser incorporadas no plano de intervenções infra-estruturais;
- **táticas de operação e manutenção (TOM)**, relativas a processos de operação e manutenção dos activos físicos, seleccionados nas Etapas 7 e 8, identificados como relevantes na fase de elaboração do diagnóstico ou ainda no planeamento de expansões; estas táticas deverão ser incorporadas no plano de operação e manutenção;
- **outras táticas não infra-estruturais (TNI)** que tenham sido identificadas como relevantes para a adequada gestão patrimonial da infra-estrutura, relativas a outros tipos de activo (e.g., activos financeiros, de recursos humanos, de informação); estas táticas não infra-estruturais deverão ser incorporadas e coerentes com os restantes planos táticos da organização (e.g., plano de gestão financeira, plano de gestão de informação, plano de gestão de recursos humanos).

### 6.8.2. Táticas infra-estruturais

As táticas infra-estruturais resultam directamente da selecção das alternativas de intervenção anteriormente feita e do planeamento das expansões. Recorde-se que as alternativas de intervenção incluem obras de reabilitação ou expansão, alterações ao modo de operação e manutenção e intervenções mistas infra-estruturais e de O&M. Nas táticas infra-estruturais dever-se-ão incluir as intervenções puramente físicas e os componentes de obra das intervenções mistas. Neste último caso dever-se-á especificar a relação de dependência com as táticas de O&M.

O Quadro 6.21 sugere uma forma possível de apresentação. A cada uma das táticas infra-estruturais (TIF) está associado

um valor do investimento, a sua relação de dependência com outras tácticas (incluindo a compatibilização com obras noutras infra-estruturas), a prioridade de intervenção e o ano em que se prevê que seja realizada.

**Quadro 6.21 – Exemplo de apresentação das tácticas infra-estruturais (TIF)**

Identificação	Intervenção	Descrição	Investimento (x1000 €)	Dependência	Prioridade de intervenção	Ano de intervenção
TIF.01	SHP-2	Remodelação da EE12 e construção de novo reservatório	450	Antes de todas as outras TIF	1	1
TIF.02	SD01-2	...	120	No ano ____, aquando da repavimentação	1	1
TIF.03	SD02-2	...	100		1	1
TIF.04	SD03-2	...	50		2	3
TIF.05	SD04-1	...	80	Depois de TIF.32	1	2
TIF.06	SD05-2	...	150		2	3
TIF.07	SD08-1	...	120		2	3
...	...	...	...		...	...

**Legenda:** Prioridade de intervenção: 1 elevada; 2 mediana; 3 baixa.

Na programação da intervenção é preciso atender à data previsível em que deverá estar operacional. Para o efeito, deverão ser consultadas as curvas de previsão de desempenho da situação de *statu quo*, para verificar a partir de quando é que este deixa de ser adequado. Deverão ser também tidos em conta, no estabelecimento da data de entrada em funcionamento, outros factores externos relevantes, tais como o acesso a fundos estruturais ou oportunidades de crédito favoráveis, ou compromissos legais e contratuais.

As entidades deverão refinar mais a informação do plano táctico para o primeiro ano, especificando mais em pormenor as acções a desenvolver, os cronogramas físicos e os cronogramas financeiros das obras. Por exemplo, para uma táctica definida como a substituição, no horizonte do plano, de todas as condutas de fibrocimento com mais 40 anos, poder-se-á especificar que “frentes de obra” vão ser executadas no primeiro ano.

Anualmente, esta programação deverá ser revista e actualizada, refinando a informação relativa ao ano seguinte.

### 6.8.3. Táticas de operação e manutenção

O estabelecimento de táticas de operação e manutenção tem por base:

- deficiências ou potenciais de melhoria de operação e manutenção detectadas na fase de diagnóstico (e.g., melhoria da eficiência energética por alteração dos modos de operação) identificadas na fase de diagnóstico (6.6);
- novas necessidades de operação e manutenção inerentes à implementação das táticas infra-estruturais (e.g., exploração e necessidades de manutenção diferentes decorrentes de substituição de grupos elevatórios) identificadas na fase de selecção das alternativas de intervenção (6.7).

As táticas de operação e manutenção podem corresponder a uma **intervenção pontual** sem carácter sistemático (e.g., implementação de ZMC e de ZGP; instalação de medidores de caudal ou verificação e correcção das condições de funcionamento dos existentes), a **intervenções com carácter permanente** (e.g., alteração do modo de controlo de estações elevatórias; operação de ZMC) e a **intervenções com carácter sistemático**, correspondentes a acções de manutenção preventiva periódica ou condicionada (e.g., inspecção e manutenção de válvulas; limpeza, inspecção e reparação de reservatórios).

Apresenta-se, no Quadro 6.22, exemplos de táticas de operação e manutenção destes três tipos.



**Quadro 6.22 – Exemplo de táticas de operação e manutenção (TOM)**

Identificação	Descrição	Intervenção pontual	Intervenção com carácter permanente	Intervenção com carácter sistemático	Dependência	Prioridade de intervenção
TOM.01	Instalação de medidores de caudal ou verificação e correcção das condições de funcionamento dos existentes	✓				2
TOM.02	Medição sistemática de caudal à entrada das áreas de análise e do sistema hidráulico principal.		✓		Depois de TOM.01	2
TOM.03	Definição de zonas de medição e controlo (ZMC) em todo o sistema e sua implementação nas áreas de análise reabilitadas.	✓				2
TOM.04	Exploração das ZMC		✓		Depois de TOM.03	2
TOM.05	Análise do potencial de redução de pressão em todo o sistema e implementação de zonas de gestão de pressão (ZGP) nas áreas de análise reabilitadas em que se justifique.	✓			Articular com TOM.03	3
TOM.06	Exploração das ZGP		✓		Depois de TOM.05	3
TOM.07	Estabelecimento de procedimentos para a reparação e para a substituição de condutas e órgãos de manobra e de controlo.	✓				2
TOM.08	Estabelecimento de procedimentos para a manutenção de equipamentos (grupos electro-bomba e órgãos de manobra e de controlo).	✓				2

**Legenda:** Prioridade de intervenção: 1 elevada; 2 mediana; 3 baixa.

**Quadro 6.22 – Exemplo de táticas de operação e manutenção (TOM)**  
(cont.)

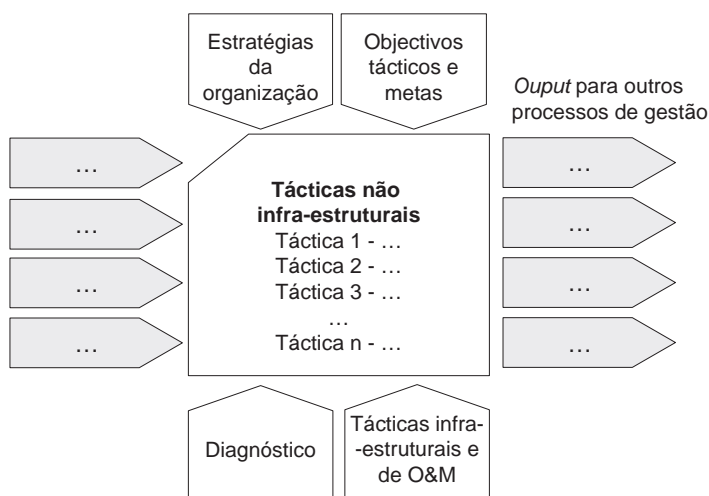
Identificação	Descrição	Intervenção pontual	Intervenção com carácter permanente	Intervenção com carácter sistemático	Dependência	Prioridade de intervenção
TOM.09	Implementação dos procedimentos de TOM.08			✓	Depois de TOM.08	2
TOM.10	Estabelecimento de procedimentos para a limpeza, inspecção e reparação de reservatórios.	✓				2
TOM.11	Implementação dos procedimentos de TOM.10			✓	Depois de TOM.10	2
TOM.12	Estabelecimento de procedimentos para a manutenção de equipamentos (grupos electrobomba e órgãos de manobra e de controlo).	✓				
TOM.13	Implementação dos procedimentos de TOM.12			✓	Depois de TOM.12	2
TOM.14	Estabelecimento de procedimentos para a limpeza, inspecção e reparação de reservatórios.	✓				
TOM.15	Implementação dos procedimentos de TOM.14			✓		2
TOM.16	Estabelecimento de procedimentos para a recolha de dados de operação e de manutenção (e.g., dados de ocorrências associados a ordens de trabalho) e do respectivo registo em base dados.	✓				1
TOM.17	Implementação dos procedimentos de TOM.16			✓		1
TOM.18	Operação da EE 12 e do reservatório RR 23 de modo a tirar partido do tarifário nocturno de energia eléctrica		✓		Após TIF.01	1
...	...					...

**Legenda:** Prioridade de intervenção: 1 elevada; 2 mediana; 3 baixa.

#### 6.8.4. Outras táticas não infra-estruturais

O estabelecimento de outras táticas não infra-estruturais deverá ter em conta o plano estratégico, os objectivos e metas táticas relativas à GPI, as restrições e oportunidades provenientes de outros processos de gestão e os resultados do diagnóstico e das táticas infra-estruturais e de operação e manutenção propostas. O processo de elaboração destas táticas não infra-estruturais e a sua relação com os outros processos de gestão é esquematizado na Figura 6.18. Este processo deverá atender a:

- estratégia da organização;
- objectivos táticos estabelecidos e respectivas metas;
- táticas estabelecidas no âmbito de outros processos de gestão que condicionem a GPI na forma de restrições ou de oportunidades (e.g., financeiras, de recursos humanos, tecnológicas);
- lacunas ou deficiências de informação detectadas na fase de diagnóstico (6.5 e 6.6);
- necessidades de recursos humanos em termos de dimensão das equipas, de formação de base e de formação específica, para cumprir os objectivos táticos estabelecidos;
- necessidades de recursos tecnológicos para cumprir os objectivos.



**Figura 6.18 – Processo para o estabelecimento de táticas não infra-estruturais**

Assim, as táticas não infra-estruturais deverão ser associadas aos processos de gestão da organização (Figura 6.19). Este procedimento tem a vantagem de facilitar a articulação entre os planos de intervenção infra-estrutural e de operação e manutenção e os restantes planos táticos, permitindo incorporar directamente as táticas não infra-estruturais nestes últimos. É, pois, esta a opção que se recomenda neste guia. É também esta a lógica adoptada no exemplo adiante apresentado.



**Figura 6.19 – Relação entre o plano de GPI e os processos de gestão e respectivos planos táticos**

No Quadro 6.23 é listado um conjunto alargado de táticas não infra-estruturais em que se identifica, para cada uma, os processos de gestão com os quais é necessário garantir articulação e coerência. Sem a pretensão de se ser exaustivo, fornece-se ao utilizador um leque alargado de sugestões, cuja relevância deverá, em cada caso, ser avaliada criticamente. As táticas seleccionadas deverão ser complementadas, identificadas com outras relevantes para o caso em análise. Todas as táticas a incluir deverão ser pertinentes para os objectivos, ser concretas, ser realistas e ser ponderadamente faseadas.

É também recomendável evidenciar as estratégias relacionadas com cada uma das táticas, de modo a verificar a consistência entre o plano estratégico e o tático e assegurar que este cobre todos os aspectos estratégicos relacionados com a GPI.

**Quadro 6.23 – Exemplo de táticas não infra-estruturais (TNI) e relevância para os diversos processos de gestão**

Tática	Prioridade de implementação	Gestão patrimonial de infra-estruturas	Gestão de informação	Gestão de actividades e de processos	Gestão de recursos financeiros	Gestão de recursos humanos	Gestão de recursos tecnológicos	Gestão ambiental	Gestão do risco
TNI.01 – Estabelecimento da equipa de elaboração e implementação do plano de GPI, incluindo a equipa técnica e operacional.	1	✓		✓		✓			
TNI.02 – Estabelecimento de procedimentos e responsabilidades de implementação, monitorização e revisão/actualização do plano.	2	✓		✓					
TNI.03 – Estabelecimento de procedimentos que assegurem a articulação e coerência entre o plano de GPI e os restantes planos.	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
TNI.04 – Formação de recursos humanos para assegurar o desenvolvimento e a implementação do plano de GPI.	2	✓				✓			
TNI.05 – Actualização e informatização do cadastro.	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
TNI.06 – Integração entre o sistema de clientes e o cadastro.	2	✓	✓	✓	✓		✓		
TNI.07 – Integração entre bases de dados de operação relevantes e o cadastro.	2	✓	✓	✓			✓		
TNI.08 – Integração entre os dados de caudal e de pressão ou outras variáveis operacionais e o cadastro.	3	✓	✓				✓		
TNI.09 – Integração entre os dados de qualidade da água e o cadastro.	3	✓	✓				✓		✓
TNI.10 – Desenvolvimento de procedimentos para a construção de modelos matemáticos	3	✓	✓	✓			✓		
TNI.11 – Estabelecimento de critérios para a selecção de materiais de condutas e acessórios.	2	✓		✓					
TNI.12 – Elaboração de caderno de encargos tipo para obras de renovação, substituição ou reforço de condutas	2	✓		✓					
...	...								...

**Legenda:** Prioridade de intervenção: 1 elevada; 2 mediana; 3 baixa.

Relevância da tática para o processo de gestão: ✓ muito relevante; ✓ relevante

A aplicação destas táticas a casos concretos deverá ser mais objectiva, especificando as acções a realizar. Por exemplo, as táticas relativas à actualização do cadastro dependem da situação de referência, quando o plano é elaborado (ou revisto). Em entidades com cadastros muito incompletos ou obsoletos, a prioridade será o levantamento da informação mínima necessária em falta (ver Secção 6.5.2). Para as entidades que já ultrapassaram esta fase e se deparam com o desafio de integrar o cadastro com o sistema de clientes, a prioridade poderá ser, por exemplo, o carregamento de todos os ramos no SIG, adoptando o mesmo código de ramal nos dois sistemas.

A elaboração de procedimentos normalizados para as principais intervenções infra-estruturais nas redes e de manutenção dos sistemas de abastecimento de água é muito importante para o controlo de qualidade dessas mesmas intervenções, e deverá merecer atenção particular. No Anexo I reproduz-se, a título de exemplo, o índice do caderno de encargos-tipo desenvolvido e adoptado pela EPAL para as obras de renovação e ampliação da rede de distribuição de água de Lisboa.

#### **6.8.5. Relação entre estratégias e táticas**

Como já foi referido, existe um alinhamento entre as estratégias e as táticas (Figura 6.6), dado que as táticas correspondem à definição da forma de implementação das estratégias. É importante tornar explícito este alinhamento especificando as relações existentes. O Quadro 6.24 ilustra, para algumas das estratégias apresentadas em 5.7, exemplos das respectivas táticas.

**Quadro 6.24 – Exemplos de táticas para diferentes estratégias**

Estratégias	Exemplos de táticas
E1 – Realizar intervenções de reabilitação faseadas	<p>TIF.01 – Remodelação da EE12 e construção de novo reservatório.  TIF.02, TIF.03, TIF.05 (ver Quadro 6.21)  TNI.05 – Actualização e informatização do cadastro.  TNI.06 – Integração entre o sistema de clientes e o cadastro.  TNI.07 – Integração entre bases de dados de operação relevantes para a GPI e o cadastro.  ...</p>
E2 – Promover o controlo de perdas de água	<p>TOM.01 – Instalação de medidores de caudal ou verificação e correcção das condições de funcionamento dos existentes.  TOM.02 – Medição sistemática de caudal à entrada das áreas de análise e do sistema hidráulico principal.  TOM.03 – Definição e implementação de ZMC.  TOM.04 – Exploração das ZMC.  TOM.05 – Definição e implementação de ZGP.  TOM.06 – Exploração das ZGP.  ...  TNI.05, TNI.06, TNI.07.  TNI.08 – Integração entre os dados de caudal e de pressão ou outras variáveis operacionais e o cadastro.  ...</p>
E5 – Ajustar a estrutura hierárquica e os modelos de decisão e definir a política de <i>outsourcing</i> da organização que permita gerir a infra-estrutura de modo sustentável.	<p>TNI.01 – Estabelecimento da equipa de elaboração e implementação do plano de GPI.  TNI.02 – Estabelecimento de procedimentos e responsabilidades de implementação, monitorização e revisão/actualização do plano de GPI.  TNI.03 – Estabelecimento de procedimentos que assegurem a articulação e coerência entre o plano de GPI e os restantes planos.  TNI.04 – Formação de recursos humanos para assegurar o desenvolvimento e a implementação do plano de GPI.  TNI.11 – Estabelecimento de critérios para a selecção de materiais de condutas e acessórios.  TNI.12 – Elaboração de caderno de encargos tipo para obras de renovação, substituição ou reforço de condutas.  ...</p>
...	...

### 6.8.6. Produção do plano

Percorridas todas as outras etapas do planeamento tático de GPI, resta apenas a produção do plano propriamente dito. Não existe um modelo único de plano a adoptar.

Recomenda-se que as entidades elaborem um **plano de GPI** global, que inclui o (sub)plano de intervenções infra-estruturais de reabilitação e de expansão, e o (sub)plano de operação e manutenção das infra-estruturas. Inclui-se ainda a especificação de outras táticas não infra-estruturais relevantes para a GPI, que podem eventualmente alimentar outros planos (*e.g.*, financeiro, de recursos humanos).

Tradicionalmente, as organizações tendem a desenvolver **planos directores** restritos às obras de reabilitação e de expansão a realizar e aos investimentos correspondentes. Em paralelo, algumas organizações definem também **planos de manutenção** (táticos ou operacionais). Esta opção, se bem implementada, já contribui significativamente para a racionalização dos investimentos e da manutenção. Porém, é mais redutora do que a anterior porque não contempla nem as táticas de operação nem as outras táticas não infra-estruturais. Por outro lado, conduz quase sempre à perda de uma visão integrada dos problemas e das soluções, uma vez que o plano director e o plano de manutenção são, em geral, elaborados de forma independente e sem coordenação explícita. É, por isso, recomendável evoluir desta via para um planeamento integrado de GPI.

O plano de GPI deverá ser um documento sintético, claro e bem estruturado, que contemple os seguintes aspectos:

- estratégias condicionantes da GPI;
- objectivos e metas táticas do plano;
- caracterização do desempenho actual do sistema;
- previsão do desempenho futuro do sistema existente, tendo em conta a evolução da procura, novas exigências legais, contratuais ou regulamentares e a degradação da condição física dos componentes;
- síntese do diagnóstico;
- (sub)plano de intervenções infra-estruturais, onde se explicam as principais alternativas analisadas e as opções adoptadas, bem como a síntese e calendarização das intervenções físicas (obras);



- (sub)plano de operação e manutenção, correspondente às táticas de O&M, que podem incluir a realização de pequenas obras;
- outras táticas não infra-estruturais e respectivas prioridades;
- contribuições para o plano de gestão financeira, que incluam o plano de investimentos em obras de reabilitação, os custos de O&M e os custos associados às outras táticas não infra-estruturais.

Deverá ser dada particular relevância aos aspectos de operação e manutenção. O diagnóstico realizado, por um lado, e as intervenções de reabilitação ou de expansão previstas, por outro, deverão conduzir à produção de linhas gerais que alimentem o (sub)plano de operação e manutenção (O&M). Este, por seu turno, deverá especificar as principais tarefas de O&M a realizar, os procedimentos de manutenção a adoptar e as respectivas condições de execução para os principais tipos de componente do sistema e as principais regras de operação a implementar para que a infra-estrutura tenha um desempenho optimizado.

Para todas as táticas, deverão ser identificados os **investimentos** (tipicamente associados às táticas infra-estruturais) ou os **custos correntes de implementação** (associados a táticas de O&M e outras não infra-estruturais) e os **custos correntes de exploração**. Alternativamente à indicação dos custos correntes pode optar-se por especificar no plano de GPI os recursos humanos, materiais e tecnológicos necessários, deixando para os planos sectoriais respectivos a sua orçamentação.

É indispensável garantir que os custos envolvidos têm cobertura através de proveitos. Assim, o plano de gestão financeira deverá analisar e especificar as formas de financiamento a adoptar.

Na Figura 6.20 apresenta-se um exemplo de estrutura e de conteúdos de um plano de GPI.

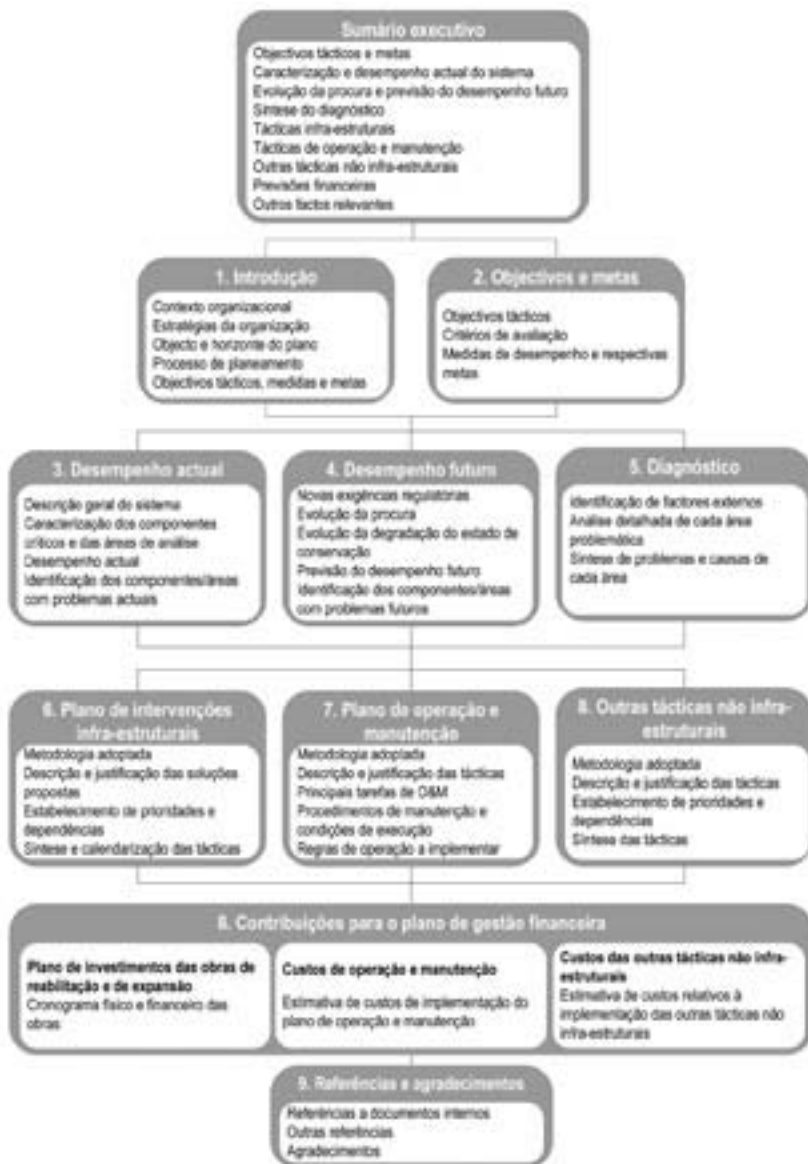


Figura 6.20 – Exemplo de índice de um plano de GPI

## **6.9. Implementação, monitorização e revisão do plano**

### **6.9.1. Implementação do plano**

O plano de GPI contempla, como referido anteriormente, tácticas infra-estruturais, tácticas de operação e manutenção e outras tácticas não infra-estruturais.

A implementação das tácticas infra-estruturais é materializada no desenvolvimento e concretização de planos operacionais de reabilitação e de expansão nas unidades operativas da organização que os vão pôr em prática (sector responsável pelas obras).

A implementação das tácticas de operação e manutenção é feita, de uma forma geral, através do desenvolvimento e concretização dos planos de O&M.

A implementação de outras tácticas não infra-estruturais pode ser concretizada por via directa do processo de GPI (e.g., actualização do cadastro) ou por via de outros processos de gestão (e.g., recrutamento de recursos humanos). No primeiro caso, é materializada através de planos operacionais ou através de acções concretas. No segundo caso, é indispensável estabelecer procedimentos que garantam que as tácticas em causa são implementadas como previsto.

### **6.9.2. Monitorização do plano**

A monitorização do plano deve contemplar duas vertentes complementares: a avaliação de desempenho e a avaliação do grau de implementação de cada uma das tácticas.

A avaliação de desempenho consiste no cálculo anual das medidas de desempenho, na comparação dos valores de desempenho com as metas correspondentes, na análise dos eventuais desvios e na identificação das respectivas causas.

Dado que algumas das tácticas programadas só se reflectem no desempenho depois de estarem concluídas, e muitas vezes apenas nos indicadores do ano seguinte à conclusão (e.g., entrada em funcionamento de obras intervencionadas), é importante que a monitorização inclua também a avaliação do grau de implementação de cada táctica, por forma a antecipar desvios face às metas estabelecidas (e.g., obra atrasada ou não realizada; conclusão antecipada da actualização do cadastro). A análise destes desvios e a identificação de causas permitirá, na fase de revisão do plano, introduzir medidas correctivas.

A monitorização deve incluir tanto as táticas controladas directamente pelo processo de reabilitação como as que são controladas por outros processos de gestão.

Os resultados da monitorização do plano tático podem também contribuir para a monitorização do plano estratégico, dado haver medidas de desempenho comuns.

### **6.9.3. Revisão do plano**

A revisão do plano deverá ser feita anualmente. O plano revisto tem como data de referência a data da revisão e como data final a correspondente ao horizonte temporal de 3 a 5 anos. Desta forma, a organização garante que dispõe sempre de um plano de médio prazo, mais pormenorizado para o primeiro ano, e sempre actualizado, conforme referido em 4.3 (Figura 4.3).

Deverá também tirar partido de nova informação de cadastro, operacional, contabilística ou de consumos eventualmente disponível (e.g., por implementação de táticas relativas à qualidade e disponibilidade de informação).

Deverá também ter em conta as evoluções observadas, substituindo as previsões de desempenho relativas à data em que se procede à revisão do plano pelos valores reais e actualizando a informação de base que enformou o plano (e.g., procura, condição física do sistema, alterações nos pressupostos de disponibilidade financeira, nova legislação não prevista e outros condicionalismos externos).

É indispensável ter em conta os desvios identificados na monitorização e as respectivas causas. Só assim é possível pôr em prática os princípios da abordagem de melhoria contínua PDCA (ver Subcapítulo 4.4).

A monitorização e revisão do plano tático deverá ser tida em conta na revisão dos objectivos estratégicos e das respectivas metas, bem como na revisão das estratégias propriamente ditas.

## 7. PLANEAMENTO OPERACIONAL

### 7.1. Objectivo e relevância do planeamento operacional

O planeamento operacional tem como **objectivo** a especificação, a programação e a implementação das acções a implementar na organização e na infra-estrutura existente, definidas nos planos tácticos (e.g., plano de GPI, plano de gestão da informação).

O presente capítulo incide no planeamento operacional das **intervenções infra-estruturais** relativas à reabilitação e à expansão dos sistemas de adução e de distribuição, dada a importância que têm no contexto da GPI. No entanto, o planeamento operacional de GPI, em sentido lato, engloba outras temáticas, tais com os procedimentos de operação e manutenção ou a operacionalização de outras tácticas não infra-estruturais.

Os planos operacionais têm, em geral, um **horizonte temporal** de um ano. Se a duração média das intervenções (desde o projecto até à recepção provisória da obra) tender a ser superior a um ano, pode ser preferível adoptar horizontes superiores (e.g., dois anos). Contudo, deverá ser assegurada a coerência entre o plano operacional e o orçamento aprovado, o que pode depender do modelo institucional da entidade gestora.

As entidades da administração pública regem-se por orçamentos aprovados anualmente, pelo que neste caso é adequado elaborar planos operacionais anuais. As restantes entidades, embora disponham de orçamentos anuais, têm mais flexibilidade para assumir compromissos plurianuais e, portanto, podem mais facilmente optar por horizontes do plano um pouco mais longos.

Os **planos operacionais** definem as acções de curto prazo a pôr em prática por cada unidade operativa. Definem, entre outros aspectos, os locais exactos de intervenção, a cronologia de intervenção, e as tecnologias e os recursos humanos e materiais a usar.

## 7.2. Processo de elaboração de um plano operacional de intervenções infra-estruturais

A elaboração de um plano operacional de intervenções infra-estruturais pode ser sistematizada nas fases apresentadas na Figura 7.1. Estas fases são desenvolvidas individualmente nas secções 7.3 a 7.7. No planeamento operacional, a fase de implementação é a que tem maior relevância e à qual é dada maior atenção neste guia.

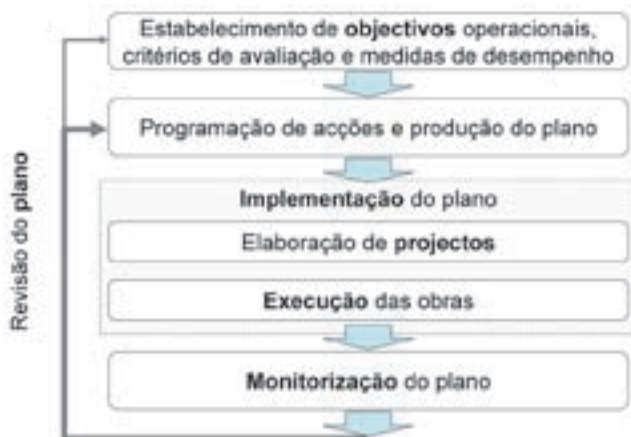


Figura 7.1 – Fases do processo de elaboração de um plano operacional

## 7.3. Objectivos operacionais, medidas e metas

À semelhança do que se passa na relação entre o planeamento estratégico e o planeamento tático, também deverá existir uma ligação directa entre as tácticas estabelecidas e os objectivos operacionais. Por exemplo, se a táctica for a “remodelação da estação elevatória EE12 e construção de novo reservatório RR23” de modo a que estas obras entrem em serviço no final do ano 1 do plano tático, o correspondente objectivo operacional deverá ser “garantir a realização do projecto e a execução da obra até ao mês 10, sem exceder um investimento de 0,45 M€ e cumprindo os requisitos de qualidade”.

No entanto, contrariamente aos outros níveis de planeamento, os objectivos e as metas operacionais não podem, em geral, ser expressas em termos de medidas de desempenho relativas à qualidade do serviço prestado ou à condição física da infra-estrutura, mas antes em termos de realização das obras (ou de fases das obras).

Os critérios deverão ser estabelecidos com vista a:

- finalização da obra (ou de fase da obra);
- cumprimento dos requisitos de qualidade de execução;
- cumprimento de prazos;
- cumprimento do orçamento previsto.

As medidas de desempenho podem ser expressas em termos de percentagem de cumprimento do critério ou desvio relativo do critério face à meta.

As metas deverão materializar os critérios, concretizando-os para cada obra (*i.e.*, fixação dos requisitos de qualidade, dos prazos e dos custos a cumprir em cada caso). Apresenta-se no Quadro 7.1 uma sugestão de medidas de desempenho e das respectivas metas para os critérios atrás apresentados.

**Quadro 7.1 – Relação entre objectivos, critérios, medidas e metas para o exemplo da obra SD.01**

Objectivos operacionais	Crítérios operacionais	Medidas de desempenho	Metas (%)
Garantir a realização do projecto e a execução da obra SD.01	Finalização da obra	<b>Grau de realização face ao previsto (%)</b> Custo previsto para a parcela da obra já realizada/custo total previsto respectivo x 100	100
	Cumprimento dos requisitos de qualidade de execução	<b>Grau de cumprimento de requisitos de qualidade (%)</b> Número de requisitos de qualidade cumpridos/número total de requisitos de qualidade x 100	100
	Cumprimento de prazos	<b>Desvio face à duração prevista (%)</b> Duração efectiva de realização da fase da obra / duração prevista para a fase da obra x 100	0
		<b>Desvio de cumprimento de prazo de conclusão (%)</b> (Data efectiva de conclusão da fase da obra – data prevista de conclusão da fase da obra)/(data prevista de conclusão da fase da obra – data prevista de início da 1.ª fase da obra) x 100	0
	Cumprimento do orçamento previsto	<b>Desvio de custos (%)</b> (Custo efectivo da fase da obra – custo previsto da fase da obra)/custo previsto da fase da obra x 100	0

## 7.4. Programação de acções e produção do plano

A programação de acções ao nível operacional requer a identificação das intervenções a realizar no horizonte do plano tendo por base o plano tático, a identificação das respectivas fases de implementação e o cronograma físico e financeiro respectivo.

O plano operacional de intervenções infra-estruturais deverá ser um documento sintético, claro e bem estruturado, que contemple os seguintes aspectos:

- objectivos e metas operacionais do plano;
- programação de intervenções e identificação das respectivas fases de implementação;
- cronograma físico e financeiro das intervenções e das respectivas fases;
- estabelecimento dos mecanismos de monitorização, de avaliação e de revisão do plano.

O plano operacional deverá especificar quem são os responsáveis (internos à organização) e os intervenientes (internos e externos) de cada uma das fases das obras.

## 7.5. Implementação do plano

### 7.5.1. Fases de implementação

As fases de implementação de cada intervenção dependem do tipo de intervenção. Numa obra complexa, poder-se-ão considerar as seguintes fases:

#### ***Fase de projecto***

- consulta e elaboração de estudo prévio (caso se justifique);
- consulta e elaboração de projecto de execução.

#### ***Fase de construção***

- abertura de concurso público da obra;
- avaliação de propostas e adjudicação da obra;
- contrato com empreiteiro e consignação da obra;
- execução da construção civil (eventualmente faseada; pode incluir a instalação de algum equipamento, tal como válvulas em condutas);



- instalação do equipamento (e.g., equipamento electro-mecânico em estações elevatórias).

### ***Fase de comissionamento e recepção***

- comissionamento da obra;
- recepção provisória da obra, imediatamente após a conclusão da obra;
- recepção definitiva da obra, após um período contratual de garantia da obra (e.g., 5 anos).

O comissionamento decorre em paralelo com as restantes fases. Consiste no processo de assegurar que a obra, no seu conjunto, e os seus componentes individuais sejam projectados, instalados e testados de acordo com as necessidades e requisitos de qualidade e de desempenho funcional. Compreende um conjunto de técnicas e procedimentos para verificar, inspeccionar e testar cada componente físico da obra, desde os individuais, como peças, instrumentos e equipamentos, até aos mais complexos, como módulos, subsistemas e sistemas. Inclui a fiscalização e a realização dos ensaios de recepção dos materiais e equipamentos em obra, dos ensaios de verificação da correcta construção ou instalação em obra (e.g., ensaios de controlo de qualidade de soldaduras; ensaios de estanquidade) e dos ensaios de recepção da obra (e.g., ensaios de funcionamento de equipamentos, componentes ou subsistemas).

Em obras mais simples, algumas destas fases podem não existir. Por exemplo, tanto o projecto como a obra podem ser executados internamente, o que elimina as fases de consulta, concurso e adjudicação. Outras obras podem envolver só a componente de construção civil ou apenas a de instalação de equipamento.

Nas secções seguintes referem-se aspectos a ter em conta em cada uma destas fases, tendo sido desenvolvidos com base em Baptista e Matos (2000), no Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto, em EPAL (EPAL, 2006), entre outras referências específicas.

### **7.5.2. Fase de projecto**

Como referido, a fase de projecto de intervenções infra-estruturais envolve a consulta e elaboração de estudo prévio (caso se justifique) e a consulta e elaboração de projecto de execução. Os estudos prévios realizados no âmbito do planeamento operacional justificam-se quando está em causa a selecção de soluções

alternativas que não tenham sido objecto de análise ao nível tático (e.g., escolha entre métodos ou processos de reabilitação).

Recomenda-se que a realização dos estudos prévios e dos projectos de execução cumpra os requisitos listados no Quadro 7.2 e que se apresentam no Anexo II-A.

**Quadro 7.2 – Lista de requisitos de projecto**

<b>Requisitos gerais</b>
Pr 1 – Existência de projecto
Pr 2 – Consideração de princípios gerais no projecto
Pr 3 – Adequação do conteúdo do projecto
Pr 4 – Autoria do projecto
Pr 5 – Aprovação do projecto
Pr 6 – Validade do projecto
<b>Requisitos específicos comuns à globalidade do sistema</b>
Pr 7 – Definição dos objectivos do projecto
Pr 8 – Recolha da informação necessária para o projecto
Pr 9 – Aspectos a considerar no projecto de execução
Pr 10 – Implantação dos componentes ao nível do projecto
Pr 11 – Dimensionamento dos componentes
Pr 12 – Consideração de aspectos de fiabilidade no projecto
Pr 13 – Consideração de aspectos de funcionalidade no projecto
Pr 14 – Consideração de aspectos de segurança no projecto
Pr 15 – Cumprimento de regulamentos e normas no projecto
<b>Requisitos hidráulico-sanitários</b>
Pr 16 – Consideração de aspectos hidráulicos no projecto
Pr 17 – Consideração de aspectos sanitários no projecto
Pr 18 – Critérios de cálculo hidráulico-sanitário
<b>Requisitos estruturais</b>
Pr 19 – Consideração de aspectos geotécnicos no projecto
Pr 20 – Dimensionamento de fundações no projecto
Pr 21 – Consideração de aspectos estruturais no projecto
Pr 22 – Consideração de aspectos sísmicos no projecto
<b>Requisitos relativos à construção civil</b>
Pr 23 – Selecção e especificação de materiais
Pr 24 – Controlo da qualidade dos materiais no projecto
Pr 25 – Selecção e especificação de coberturas dos edifícios
Pr 26 – Selecção e especificação de revestimentos de paredes e do piso
Pr 27 – Disposições construtivas relativas à mitigação dos efeitos da chuva
Pr 28 – Disposições construtivas relativas à reposição de pavimentos
<b>Requisitos relativos a tubagens e equipamentos</b>
Pr 29 – Selecção dos tubos e acessórios
Pr 30 – Assentamento de tubagens
Pr 31 – Dimensionamento de maciços de amarração
Pr 32 – Concepção e dimensionamento de câmaras de manobra
Pr 33 – Selecção, especificação e ensaio de equipamentos em geral
<b>Requisitos arquitectónicos e paisagísticos</b>
Pr 34 – Consideração de aspectos arquitectónicos no projecto
Pr 35 – Aproveitamento de estruturas existentes no projecto
Pr 36 – Integração urbana e paisagística do sistema no projecto
Pr 37 – Preservação paisagística no projecto

**Quadro 7.2 – Lista de requisitos de projecto (cont.)**

<b>Requisitos ambientais</b>
Pr 38 – Avaliação de impactes ambientais no projecto
Pr 39 – Avaliação ambiental dos componentes do sistema
Pr 40 – Utilização de tecnologias ambientalmente amigáveis
Pr 41 – Utilização de materiais ambientalmente adequados
<b>Requisitos sociais</b>
Pr 42 – Valorização de aspectos sociais e culturais no projecto
Pr 43 – Mitigação do impacto social no projecto

### 7.5.3. Fase de construção

Recomenda-se que a fase de construção cumpra os requisitos listados no Quadro 7.3 e que se apresentam no Anexo II-B.

**Quadro 7.3 – Lista de requisitos de construção**

<b>Requisitos gerais</b>
Co 1 – Consideração de princípios gerais de construção
Co 2 – Selecção do modelo de gestão da obra
Co 3 – Preparação da obra
Co 4 – Designação de um técnico responsável pela obra
Co 5 – Execução da obra
Co 6 – Minimização dos impactes ambientais na obra
Co 7 – Uso de tecnologias que protejam o ambiente
Co 8 – Comunicação com o público durante a construção
Co 9 – Cumprimento de regulamentos e normas na construção
Co 10 – Controlo da qualidade da execução da estrutura
Co 11 – Controlo da qualidade de execução de coberturas
Co 12 – Controlo da qualidade da execução de revestimentos de paredes e revestimentos de piso
<b>Requisitos relativos a construção civil</b>
Co 13 – Controlo da qualidade em termos geotécnicos
Co 14 – Armazenamento em obra de tubagens
Co 15 – Instalação em obra de tubagens
Co 16 – Mitigação dos efeitos da chuva na obra
<b>Requisitos relativos a equipamentos e a instalações especiais</b>
Co 17 – Montagem de grupos electrobomba
Co 18 – Montagem de válvulas
Co 19 – Montagem de medidores de caudal
Co 20 – Montagem de marcos e bocas-de-incêndio
Co 21 – Montagem de instalações eléctricas e equipamentos de potência
Co 22 – Montagem de canalizações eléctricas
Co 23 – Montagem de motores eléctricos e accionamentos
Co 24 – Montagem da infra-estrutura de automação
Co 25 – Montagem das instalações eléctricas de sinal
Co 26 – Montagem da instrumentação

## 7.6. Fase de comissionamento e recepção

Recomenda-se que a fase de construção cumpra os requisitos listados no Quadro 7.4 e que se apresentam no Anexo II-C.

**Quadro 7.4 – Lista de requisitos de comissionamento e recepção**

Requisitos gerais
CR 1 – Controlo da qualidade da execução em geral
CR 2 – Fiscalização da obra
CR 3 – Controlo da qualidade dos materiais e componentes
CR 4 – Recepção em obra de tubagens
CR 5 – Ensaios de recepção e comissionamento de grupos electrobomba
CR 6 – Verificação da montagem de válvulas
CR 7 – Verificação da montagem de medidores de caudal
CR 8 – Verificação da montagem de marcos e bocas-de-incêndio
CR 9 – Ensaio da infra-estrutura de automação
CR 10 – Ensaio de motores eléctricos e accionamentos
CR 11 – Ensaios de recepção e comissionamento da instrumentação
CR 12 – Ensaios de recepção e comissionamento de instalações especiais
CR 13 – Recepção e garantia dos trabalhos
CR 14 – Entrada em serviço do sistema
CR 15 – Verificação das telas finais e actualização do cadastro

## 7.7. Monitorização e revisão do plano

A monitorização do plano operacional envolve a avaliação, para cada obra, das medidas de desempenho seleccionadas e a comparação com as metas estabelecidas. A monitorização deverá ser feita regularmente ao longo do ano (em geral, com periodicidade mensal ou trimestral).

Anualmente, deverá ser elaborado um documento-síntese que apresente os resultados da monitorização. Este documento pode assumir a forma de uma tabela do tipo da que se exemplifica no Quadro 7.5.

A revisão do plano deverá ser feita trimestral ou semestralmente. Deverá ter em conta os resultados da monitorização de forma a corrigir eventuais desvios em termos dos diversos critérios estabelecidos.

**Quadro 7.5 – Exemplo de monitorização do plano operacional de intervenções infra-estruturais**

Intervenção	Grau de realização face ao previsto	Grau de cumprimento de requisitos de qualidade	Desvio face à duração prevista	Desvio de cumprimento de prazo de conclusão	Desvio de custos
<b>Remodelação da EE12</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>+24%</b>	<b>+30%</b>	
Fase 1 – Elaboração do projecto	100%	100%	0%		0%
Fase 2 – Construção civil	100%	100%	+25%		+15%
Fase 3 – Instalação do equipamento	100%	100%	-5%		+5%
Fase 4 – Comissionamento e recepção	100%	100%	+2%	30	0%
<b>Construção do reservatório RR23</b>					
Fase 1 – Elaboração do projecto	100%	100%	+10%		0%
Fase 2 – Fundações e estrutura	100%	80%	- 1%		+15%
Fase 3 – Acabamentos e equipamento	50%	-	(+20%)		(+10%)
Fase 4 – Comissionamento e recepção	0%		(+25%)		(0%)
<b>TOTAL</b>					

**Legenda:** x% - valor observado; (x%) - valor estimado



## 8. GUIA DE CONSULTA RÁPIDA

### 8.1. Nota introdutória

Este capítulo constitui um guia de consulta rápida. Destina-se sobretudo às entidades gestoras que pretendem começar a implementar uma abordagem estruturada de gestão patrimonial de infra-estruturas (GPI), mas que dispõem de dados, de recursos humanos e de recursos tecnológicos insuficientes para pôr em prática todos os procedimentos recomendados nos Capítulos 5, 6 e 7. Destina-se ainda aos técnicos que pretendam, de modo expedito, conhecer os princípios e procedimentos básicos envolvidos na implementação de uma abordagem de GPI. Está apresentado de modo muito sintético, privilegiando a apresentação na forma de quadros e de listas. Pode ser consultado autonomamente em relação aos restantes capítulos. Contudo, sempre que for relevante, explicitam-se os capítulos do guia onde cada tema é tratado com maior profundidade.

### 8.2. Níveis de planeamento

Independente da maior ou menor complexidade e grau de desenvolvimento das organizações e dos sistemas em causa, a gestão patrimonial das infra-estruturas de abastecimento de água oferece: uma visão macro, de conjunto, a **nível estratégico**, “olhar para a floresta”; uma visão intermédia, a um **nível tático**, um “olhar para a árvore”; e uma visão de pormenor, a **nível operacional**, um “olhar para a folha”.

- O **nível estratégico** tem em vista definir a **direcção** para onde a organização pretende ir a longo prazo, nos aspectos relevantes para a gestão patrimonial das infra-estruturas.
- O **nível tático** define o **caminho** a seguir a médio prazo, estabelecendo as prioridades de intervenção e as soluções a adoptar.
- O **nível operacional** corresponde a percorrer esse caminho, ou seja, à programação de curto prazo e à **execução** das acções previstas.

O Quadro 8.1 sintetiza as principais características de cada um destes três níveis de decisão.

**Quadro 8.1 – Características dos níveis de decisão**

Níveis	Estratégico	Tático	Operacional
Escala	Macro-escala 	Escala intermédia 	Pormenor 
Âmbito	Sistema global 	Subsistemas e componentes críticos 	Grupos de componentes 
Tipo de acção	Define a direcção 	Define o caminho 	Executa 
Respon-sável	Administrador da infra-estrutura	Gestor da infra-estrutura	Chefe da operação da infra-estrutura
Resultados	Estratégias	Tácticas	Programa de acções
Horizonte temporal	Longo prazo (10 a 20 anos) 	Médio prazo (3 a 5 anos) 	Curto prazo (1 a 2 anos) 



### 8.3. Processo integrado de planeamento

A Figura 8.1 sintetiza o planeamento integrado de GPI, indicando as principais relações entre os três níveis de planeamento atrás referidos.

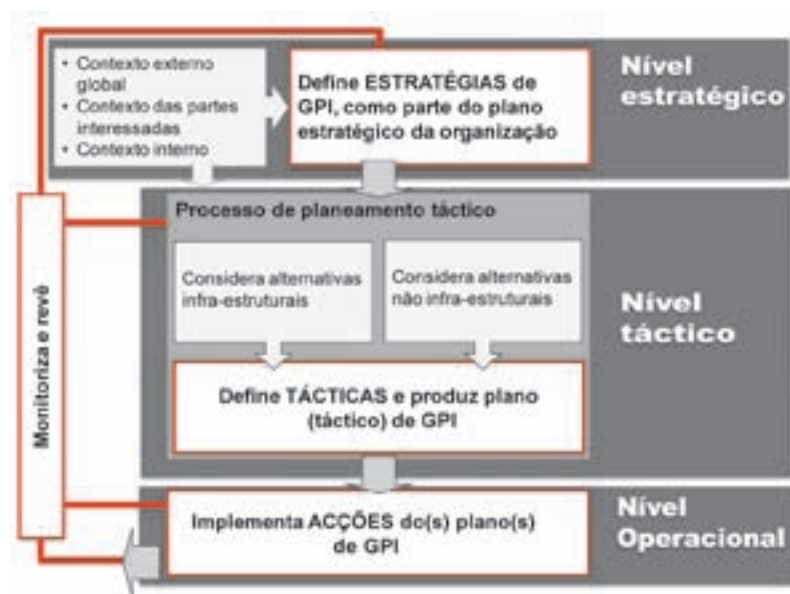


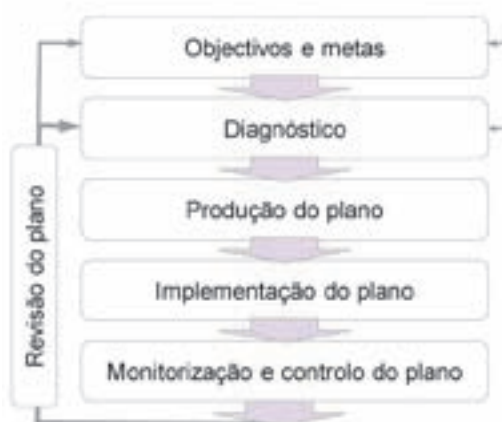
Figura 8.1 – Processo integrado de planeamento da reabilitação e interligações entre os diferentes níveis

O processo de planeamento, em qualquer dos três níveis apontados, assenta em seis fases principais (Figura 8.2):

estabelecimento de objectivos, de critérios de avaliação, de medidas de desempenho e de metas;

- elaboração de um diagnóstico;
- produção do plano;
- implementação do plano;
- monitorização do plano;
- revisão do plano.

No caso das pequenas e médias entidades gestoras, o “plano” pode ser um documento simples sintético, que resuma os principais objectivos, metas e, consoante o nível de planeamento, estratégias, táticas ou acções a implementar.



**Figura 8.2 – Fases do processo de planeamento a aplicar em cada um dos níveis**

O processo 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, adoptado também nas versões portuguesas das normas, corresponde a “Plan-Do-Check-Act”, o que equivale, em português, a Planear-Executar-Verificar-Actuar. A Figura 8.3 apresenta, esquematicamente, a abordagem de melhoria contínua PDCA.



**Figura 8.3 – Abordagem de melhoria contínua PDCA**

Nesta abordagem, o planeamento assume especial relevância e compreende três fases principais: (i) identificação do problema através da comparação do desempenho do sistema com os objectivos estabelecidos, (ii) estabelecimento de um diagnóstico com vista à investigação das causas e (iii) identificação de alternativas de resolução do problema e selecção da solução a adoptar.

É importante garantir que os planos se mantêm actualizados em qualquer um dos três níveis de decisão. Para o efeito, há que definir mecanismos de actualização periódica que garantam a existência de orientações claras para um período correspondente ao horizonte do respectivo plano, sendo necessário integrar, no plano revisto, um novo período igual ao tempo entre revisões (Figura 8.4). O tempo entre revisões, em geral, deverá ser da ordem de 1/5 a 1/3 da duração do respectivo plano, o que conduz a revisões mais espaçadas a nível estratégico do que ao nível operacional.



Figura 8.4 – Actualização periódica dos planos

Nas secções seguintes indicam-se as principais actividades a desenvolver em cada um dos níveis de planeamento.

## 8.4. Planeamento estratégico

### 8.4.1. Passos fundamentais

Os principais passos do planeamento estratégico são sintetizados de seguida:

### Passo 1 – Definição de objectivos, medidas e metas

Deverão ser definidos objectivos estratégicos globais para a organização que sejam relevantes para a GPI. Deverão ser ambiciosos, viáveis e compatíveis entre si. Deverão estar orientados para a melhoria da qualidade e da sustentabilidade do serviço prestado aos utilizadores. Recomenda-se a análise do conjunto de objectivos estabelecidos nas normas ISO 24510:2007(E) e 24512:2007(E), que podem ser ajustados ou complementados por cada entidade gestora (ver Subcapítulo 5.4):



**Objectivo 1: Protecção da saúde pública;**

**Objectivo 2: Satisfação das necessidades e expectativas dos utilizadores;**

**Objectivo 3: Fornecimento do serviço em condições normais e de emergência;**

**Objectivo 4: Sustentabilidade da entidade gestora;**

**Objectivo 5: Promover o desenvolvimento sustentável da comunidade;**

**Objectivo 6: Protecção do meio ambiente.**

Para cada objectivo, a entidade gestora deverá definir critérios de avaliação (*aspectos ou perspectivas a ter em conta em cada objectivo*), medidas de desempenho (*parâmetros de avaliação de cada critério*) e metas (*valores a atingir para cada medida de desempenho*). Um critério pode ser relevante para mais do que um objectivo; cada medida pode permitir avaliar mais do que um critério. Exemplos de critérios de avaliação relevantes, das respectivas medidas de desempenho e dos objectivos a que se aplicam, são:

- **Adequação da quantidade de água** (QS12-Continuidade do abastecimento) ..... Objectivos 1-5;
- **Avaliação do cumprimento dos requisitos de pressão** (QS10-Adequação da pressão de serviço; QS11- Adequação do abastecimento na adução) ..... Objectivos 2-5;
- **Avaliação do cumprimento das normas em matéria de saúde pública e de qualidade da água** (Qualidade da água fornecida) ..... Objectivos 1-5;
- **Sustentabilidade e integridade infra-estrutural** (Op16- Reabilitação de condutas; IVI-Índice de valor da Infra-estrutura; Op27-Perdas reais por ramal; Op28-Perdas reais por comprimento de conduta) ..... Objectivos 1-4.

Deverão ser definidas metas estratégicas de médio e de longo prazos, expressas para cada medida como valor absoluto ou variação relativa (e.g., reduzir 15%).

Para mais informação e definição dos indicadores de desempenho citados, ver os Subcapítulos 5.4 e 5.5, com destaque para os Quadros 5.1 e 5.2.

## Passo 2 – Diagnóstico

### Avaliação do desempenho actual

Deverá começar por se caracterizar a situação actual (de referência) calculando todas as medidas de desempenho seleccionadas e os respectivos desvios face às metas estabelecidas. Assim, é possível identificar os principais aspectos a melhorar. Os resultados deverão ser qualificados em, por exemplo, mau, aceitável, bom ou muito bom.



### Análise do contexto externo global

Deverão ser identificadas as restrições e oportunidades externas do ponto de vista legal, contratual, regulatório, de desenvolvimento demográfico e económico, relevantes para a GPI. Salienta-se por exemplo a existência de oportunidades de financiamento, alterações significativas do contexto legal ou relatório e alterações significativas das necessidades de serviço decorrentes da evolução populacional e desenvolvimento económico da região.

### Análise do contexto específico de cada entidade externa interveniente

Deverão ser identificados compromissos, necessidades e expectativas actuais e previsíveis a longo prazo das principais entidades externas intervenientes (e.g., clientes, comunidade, accionistas, administração nacional e regional, entidades reguladoras, entidades financiadoras).

### Análise do contexto interno

Deverão ser identificadas as restrições e oportunidades em termos da estrutura da organização, dos recursos infra-estruturais, dos recursos humanos, dos recursos tecnológicos e dos recursos financeiros. Salienta-se pela sua importância para a GPI a análise dos recursos infra-estruturais, que requer:

- caracterização geral da infra-estrutura (incluindo localização e principais características físicas das origens de água, dos principais sistemas, subsistemas e andares de pressão e dos componentes com maior relevância para o serviço);
- avaliação do estado de conservação dos componentes identificados no ponto anterior (e.g., idade, qualidade de construção e de intervenções de reparação, observações/inspecções);
- avaliação do desempenho funcional dos componentes identificados e dos sistemas no seu todo, dando mais relevância aos aspectos identificados como problemáticos.

### Análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)

Deverá ser efectuada uma análise SWOT, que consiste na sistematização das principais oportunidades e ameaças, e principais pontos fortes e fracos da entidade, de modo a sustentar o estabelecimento das estratégias de GPI.

Deverá proceder-se à verificação e a eventuais ajustes das metas estabelecidas. Para mais informação relativa ao diagnóstico ver secção 5.6 e em particular o exemplo apresentado na Secção 5.6.7.

### Passo 3 – Formulação de estratégias e produção do plano

Com base nos resultados dos Passos 1 e 2, deverão ser formuladas as estratégias. Possíveis estratégias são:

- E1 – Realizar intervenções de reabilitação faseadas
- E2 – Promover o controlo de perdas de água
- E5 – Ajustar a estrutura hierárquica e os modelos de decisão que permita gerir a infra-estrutura de modo sustentável.

A produção do plano consiste na redacção de um documento sintético que contenha:

- visão e missão da organização;
- objectivos estratégicos, critérios, medidas e metas a atingir;
- síntese do contexto externo e interno;
- oportunidades, ameaças, pontos fortes e pontos fortes (resultados da análise SWOT);
- estratégias;
- mecanismos de monitorização, avaliação e de revisão do plano.

Para mais informação ver o Subcapítulo 5.7.



### Passo 4 – Implementação, monitorização e revisão do plano

A implementação do plano estratégico consiste no desenvolvimento de planos táticos e operacionais com ele articulados e coerentes.

A monitorização requer a avaliação dos resultados efectivamente obtidos, expressos nas medidas de desempenho seleccionadas, a comparação com as respectivas metas e a identificação de eventuais desvios.

A revisão do plano envolve a interpretação das causas dos desvios, a identificação de medidas de melhoria e actualização de metas e de estratégias. Pode eventualmente requerer ajustes nos objectivos estratégicos.

Para mais informação ver o Subcapítulo 5.8.



## 8.4.2. Informação necessária

A informação necessária para realizar o plano estratégico inclui:

- visão e missão da organização;
- dados necessários ao cálculo das medidas de desempenho ao nível global do sistema;
- restrições e oportunidades externas do ponto de vista legal, contratual, regulatório, de desenvolvimento demográfico e económico-financeiro;
- compromissos, necessidades e expectativas actuais e previsíveis a longo prazo das diversas partes interessadas, em especial dos consumidores;
- restrições e oportunidades internas da organização relativas à estrutura e aos recursos humanos, tecnológicos e financeiros;
- macro-caracterização da infra-estrutura existente e da sua condição física e funcional.

## 8.5. Planeamento táctico

### 8.5.1. Passos fundamentais

A designação **plano de gestão patrimonial de infra-estruturas** (GPI) corresponde regra geral ao plano de nível táctico. Contém subplanos, nomeadamente o plano (táctico) de intervenções infra-estruturais, que se refere às intervenções físicas (obras) de reabilitação e de expansão, e o plano (táctico) de operação e manutenção. Deverá também contemplar os aspectos de gestão e de informação considerados relevantes.

É ao nível da reabilitação que se colocam dúvidas sobre o estabelecimento de prioridades e comparação de alternativas, uma vez que as expansões são obras de carácter imperativo, condicionadas por factores de desenvolvimento externo. Assim, os principais passos do planeamento táctico sintetizados a seguir centram-se na reabilitação:

### **Passo 0 – Estabelecimento da equipa e definição do âmbito geográfico e temporal do plano**

O processo de elaboração de um plano táctico requer a constituição de uma equipa, preferencialmente multidisciplinar, responsável não só pela elaboração do plano como também pelo envolvimento efectivo de toda a organização.

Dever-se-á definir claramente qual a infra-estrutura a que se refere o plano, a delimitação da área por ela servida e o horizonte temporal de planeamento que deverá ser entre três a cinco anos. O âmbito geográfico poderá ser mais limitado do que o do plano estratégico, ou seja, em organizações mais complexas pode haver mais do que um plano táctico de GPI de modo a cobrir toda a área servida.

### **Passo 1 – Definição de objectivos, medidas e metas**

Deverão ser definidos objectivos tácticos concretos, pragmáticos, compatíveis entre si, mensuráveis e coerentes com as estratégias da organização. Para garantir esta coerência, uma possível solução consiste na definição destes objectivos com base nos critérios de avaliação definidos a nível estratégico (ver Quadro 6.1).

Para cada objectivo táctico, deverão ser definidos critérios e medidas de avaliação de desempenho (ver Quadro 6.2). Sugere-se que estas medidas sejam as mesmas que as do nível estratégico, complementadas com outras que se afigurem relevantes para o caso concreto.

Uma vez definidas as medidas de desempenho, deve estabelecer-se metas, neste caso de médio prazo, que deverão ser coerentes com as definidas no nível estratégico. Podem eventualmente admitir-se metas mais permissivas ou exigentes para subsistemas individuais, desde que se garanta o cumprimento das metas globais para toda a organização. O estabelecimento das metas sectoriais pode e deverá atender às consequências de incumprimento das metas globais para o sector em análise.

Para mais informação, consultar os Subcapítulos 6.3 e 6.4.

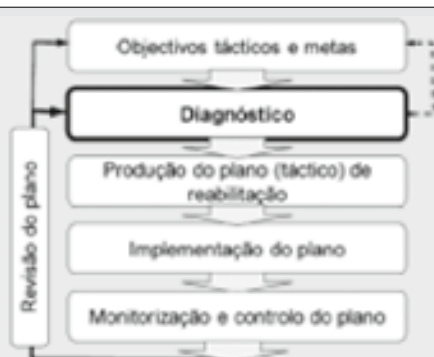




## Passo 2 – Diagnóstico

O diagnóstico tem como objectivo a identificação dos principais problemas existentes e das respectivas causas de modo a definir prioridades de actuação. Compreende:

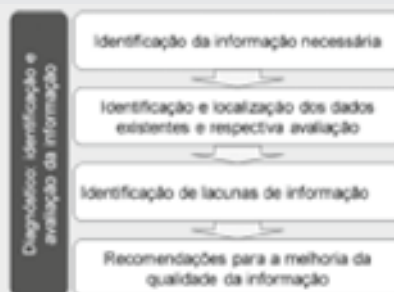
- Identificação e avaliação da informação;
- Recolha de informação e avaliação de desempenho.



### Passo 2.1 – Diagnóstico: identificação e avaliação da informação

Dever-se-á proceder à identificação e à avaliação dos dados necessários para:

- a caracterização do sistema;
- a identificação de anomalias;
- a previsão da evolução a médio e a longo prazo das solicitações de serviço e da degradação da condição física dos componentes.



#### Identificação da informação

A informação deverá ser a necessária e suficiente para suportar a avaliação de desempenho e fundamentar as tácticas. Os principais tipos de informação são:

- **características físicas dos componentes da infra-estrutura** (cadastro);
- **informação operacional sobre a infra-estrutura** (falhas, reparações, estado de conservação, registos de inspecções e de intervenções de manutenção);
- **informação sobre o modo de funcionamento do sistema** (condições de accionamento dos controlos existentes, registo do estado dos equipamentos, registo dos parâmetros hidráulicos e de qualidade da água);
- **informação sobre solicitações de consumo de água** (relativos à situação actual e às previsões de evolução);
- **dados contabilísticos** (relativos a investimentos, a intervenções de manutenção curativa e preventiva e a intervenções de reabilitação).

#### Identificação e localização dos dados existentes e respectiva avaliação

Dever-se-á localizar a origem da informação relevante e classificar a *fiabilidade* (grau de confiança) e *exactidão* (erro) desta informação. Os sistemas de indicadores de desempenho da IWA e da ERSAR apresentam recomendações para o estabelecimento de bandas de confiança, combinando as duas vertentes de fiabilidade e de exactidão dos dados: a fiabilidade pode ser classificada em três categorias (Quadro 6.11) e a exactidão em quatro classes (Quadro 6.12).

## **Passo 2.1 – Diagnóstico: identificação e avaliação da informação (cont.)**

### **Identificação de lacunas de informação**

Dever-se-á proceder à identificação da informação com bandas de confiança insuficientes e de lacunas de informação assim como das razões da existência das mesmas.

### **Recomendações para a melhoria da qualidade da informação**

Dever-se-ão especificar recomendações quanto à forma de proceder à recolha, ao arquivo e à actualização da informação existente e em falta. Os principais aspectos a contemplar na elaboração de recomendações são:

- a qualidade dos dados;
- a coerência entre fontes de informação;
- a facilidade de utilização;
- a integração das fontes de informação;
- o procedimento de actualização.

Para mais informação, consultar o Subcapítulo 6.5.

## **Passo 2.2 – Recolha de informação e avaliação de desempenho**

### **Identificação de componentes críticos e discretização em áreas de análise**

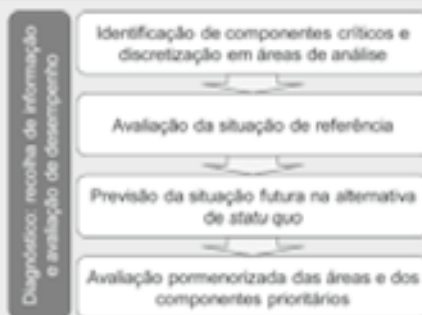
A identificação das zonas com maior prioridade de intervenção requer que a avaliação de desempenho seja efectuada por subconjuntos da globalidade da infra-estrutura, devendo começar-se por identificar os componentes críticos (que constituem o sistema hidráulico principal) e delimitar cada uma das áreas de análise.

### **Avaliação da situação referência**

Dever-se-á proceder à avaliação do desempenho actual do sistema e à identificação dos principais problemas existentes em cada área de análise e para o sistema hidráulico principal, com base nas medidas de desempenho estabelecidas.

### **Previsão da situação futura na alternativa de *statu quo***

Dever-se-á proceder à previsão do desempenho futuro de cada área de análise e do sistema hidráulico principal, face às novas solicitações e à degradação do estado de conservação da infra-estrutura para o caso de não serem realizadas intervenções de reabilitação e de se manterem as práticas de manutenção actuais. Esta previsão deverá ser efectuada para o horizonte do plano táctico e para o horizonte de longo prazo escolhido (e.g., 20 anos).



## Passo 2.2 – Recolha de informação e avaliação de desempenho (cont.)

### Avaliação pormenorizada das áreas e dos componentes prioritários

As duas etapas anteriores permitiram identificar os componentes críticos e as áreas de análise com prioridade de intervenção mais elevada do ponto de vista técnico. Esta etapa deverá incidir na análise em pormenor destes componentes e áreas de análise, assim como de outros que, embora apresentem um desempenho global aceitável, tenham problemas localizados a resolver, ou que sejam candidatos a reabilitação devido a factores externos ainda não tidos em conta (e.g., compatibilização com obras planeadas em outras infra-estruturas).

A viabilidade e o grau de sofisticação das análises realizadas dependem da disponibilidade de informação. Nos casos em que a informação disponível seja muito limitada, esta etapa pode não ser realizada, sendo preferível dar início à recolha da informação em falta e à reabilitação dos componentes onde os problemas sejam mais evidentes. A análise pormenorizada da situação actual e futura na alternativa de *statu quo* deverá consistir em:

- **identificação do tipo de problema existente** (ver Quadro 6.18);
- **estabelecimento do diagnóstico pormenorizado** (i.e., a identificação da causa do problema – ver Quadro 6.18 – e da sua localização mais exacta dentro da área em análise).

Para mais informação, consultar o Subcapítulo 6.6.

## Passo 3 – Produção do plano de GPI

A produção do plano táctico de GPI compreende:

- identificação e análise de alternativas de intervenção;
- formulação de táticas;
- redacção do plano.



### Passo 3.1 – Produção do plano: identificação e análise de alternativas de intervenção

#### Identificação de soluções alternativas de intervenção

Dever-se-á proceder à identificação, concepção e pré-dimensionamento de soluções alternativas de intervenção para os problemas e causas identificados em cada área de análise. As alternativas podem ser exclusivamente infra-estruturais (*i.e.*, obras de reabilitação), corresponder a alterações ao modo de operação e manutenção ou ser uma combinação destas duas.

#### Previsão do desempenho futuro de cada uma das soluções alternativas identificadas

Deverá ser avaliada a viabilidade técnica e económica de cada solução alternativa numa perspectiva de longo prazo. Esta análise deverá envolver, no mínimo, a avaliação do desempenho de cada área prioritária em termos qualitativos, empíricos, eventualmente feita de forma agregada para cada critério.

#### Seleção da melhor solução para cada área de análise

A selecção da melhor solução alternativa para cada área deverá procurar assegurar um equilíbrio entre o custo, o desempenho e o risco, tomando como base todo o período de análise. O balanço destas três dimensões é importante ainda que seja efectuada de uma forma simplificada e qualitativa.

#### Estabelecimento de prioridades de intervenção

Dever-se-ão estabelecer as prioridades de intervenção (*e.g.*, 1, 2 ou 3, sendo 1 a prioridade máxima) com base nos resultados anteriores e, em factores externos que não tenham ainda sido contemplados na avaliação técnica global (*e.g.*, intervenções noutras infra-estruturas), ter em conta as seguintes recomendações:

- Se a situação de *statu quo* no ano horizonte do plano tiver desempenho inaceitável, a prioridade de intervenção é 1, independentemente da existência de prioridades externas.
- Se a situação de *statu quo* no ano horizonte do plano tiver desempenho aceitável, se existir uma prioridade externa elevada (prioridade 1) e se a intervenção introduzir melhorias face ao *statu quo*, então a prioridade de intervenção é também 1.
- Se a situação de *statu quo* no horizonte do plano e a longo prazo tiver desempenho bom e a intervenção não trazer melhorias significativas, a prioridade de intervenção é baixa (prioridade 3), mesmo que existam prioridades externas. Neste caso particular é importante analisar também o desempenho a longo prazo dadas as previsíveis restrições de intervenção posteriores.
- Se a situação de *statu quo* for mediano, se a intervenção trazer melhorias medianas ou significativas e se a prioridade de intervenção externa for mediana, baixa ou inexistente, a prioridade de intervenção é 2.

Completada a identificação das intervenções de prioridade 1, 2 e 3 e os respectivos custos de investimento, é necessário seleccionar as intervenções a ser implementadas com base nas metas estabelecidas e no orçamento disponível. Para o efeito, recomenda-se a adopção de um procedimento iterativo como o apresentado na Figura 6.13.

Para mais informação, consultar o Subcapítulo 6.7.



### Passo 3.2 – Produção do plano: formulação de táticas e redacção do plano

#### Formulação de táticas

O processo de planeamento de GPI pode produzir táticas de diferente natureza que deverão ser coerentes com as estratégias:

- **táticas infra-estruturais**, que incluem as intervenções puramente físicas (*i.e.*, obras de construção civil e equipamentos) e constituem o cerne do plano de intervenções infra-estruturais;
- **táticas de operação e manutenção**, que se referem a processos de operação e manutenção dos activos físicos e deverão ser incorporadas no plano de O&M; estas táticas podem corresponder a:
  - *intervenções com carácter permanente* (*e.g.*, alteração do modo de controlo de estações elevatórias; operação de ZMC);
  - *intervenções com carácter sistemático*, correspondentes a acções de manutenção preventiva periódica ou condicionada (*e.g.*, inspecção e manutenção de válvulas; limpeza, inspecção e reparação de reservatórios);
  - *intervenções pontuais sem carácter sistemático* (*e.g.*, implementação de ZMC e de ZGP; instalação de medidores de caudal ou verificação e correcção das condições de funcionamento dos existentes);
- **outras táticas não infra-estruturais**, que sejam relevantes para a adequada gestão patrimonial da infra-estrutura, relativas a outros tipos de activos (*e.g.*, activos financeiros, de recursos humanos, de informação), e que deverão ser incorporadas e coerentes com os restantes planos táticos da organização (*e.g.*, plano de gestão financeira, plano de gestão de informação, plano de gestão de recursos humanos) (ver exemplos no Quadro 6.23).

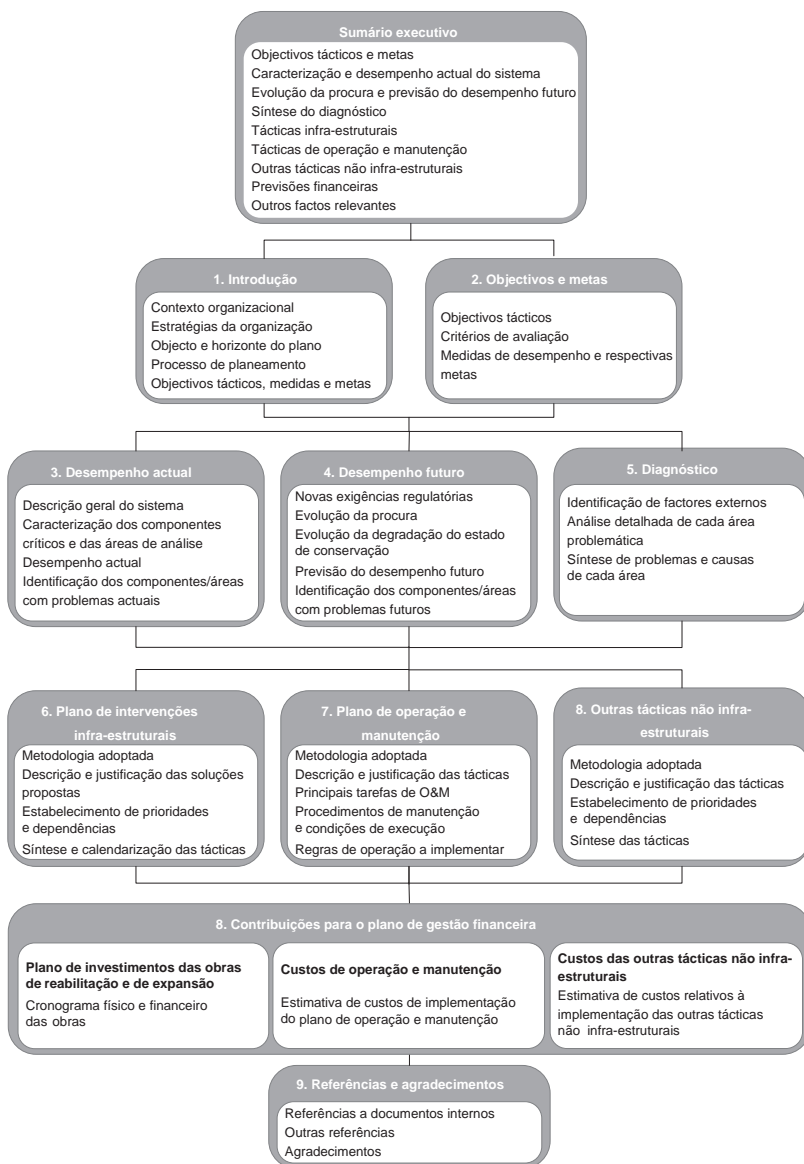


#### Produção do plano

O plano tático deverá ser um documento sintético, claro e bem estruturado, que contemple os seguintes aspectos relativos à GPI:

- **estratégias** condicionantes da GPI;
- **objectivos e metas táticas** do plano;
- **caracterização do desempenho actual** do sistema;
- **previsão do desempenho futuro**, atendendo à evolução da procura, a novas exigências legais, contratuais ou regulatórias e à degradação da condição física dos componentes;
- síntese do **diagnóstico**;
- **plano de intervenções infra-estruturais**, onde se explicam as principais alternativas analisadas e adoptadas, e a síntese e calendarização das intervenções;
- **plano de operação e manutenção**, onde se especificam as principais tarefas de O&M, os procedimentos de manutenção e as respectivas condições de execução para os principais tipos de componente do sistema e as principais regras de operação a implementar;
- **outras táticas não infra-estruturais** e respectivas prioridades;
- **contribuições para o plano de gestão financeira**, que incluam o plano de investimentos, os custos de O&M e os custos associados às outras táticas não infra-estruturais.

Na Figura 8.5 apresenta-se um exemplo de estrutura e conteúdos dum plano de GPI. Para mais informação, consultar o Subcapítulo 6.8.



**Figura 8.5 – Exemplo de índice de um plano de GPI**

## Passos 4, 5 e 6 – Implementação, monitorização e revisão do plano

### Implementação do plano

A implementação das táticas infra-estruturais é materializada no desenvolvimento e concretização de planos operacionais.

A implementação das táticas de operação e manutenção é feita através do desenvolvimento e concretização dos planos de O&M.

A implementação de outras táticas não infra-estruturais pode ser concretizada por via directa do processo de GPI (materializada através de planos operacionais ou de acções concretas) ou por via de outros processos de gestão (e.g., recrutamento de recursos humanos).



### Monitorização do plano

A monitorização do plano deverá contemplar duas vertentes complementares:

- **avaliação de desempenho** que consiste no cálculo anual das medidas de desempenho, na comparação dos valores de desempenho com as metas correspondentes, na análise dos eventuais desvios e na identificação das respectivas causas;
- **avaliação do grau de implementação de cada uma das táticas** por forma a antecipar desvios face às metas estabelecidas (e.g., obra atrasada ou não realizada; conclusão antecipada da actualização do cadastro); a análise destes desvios e a identificação de causas permitirá, na fase de revisão do plano, introduzir medidas correctivas.

### Revisão do plano

A revisão do plano deverá ser feita anualmente. O plano revisto tem como data de referência a data da revisão e, como data final, a correspondente ao horizonte temporal de 3 a 5 anos, de forma a garantir que a organização disponha sempre de um plano de médio prazo actualizado, mais pormenorizado para o primeiro ano.

A revisão deverá ter em conta as evoluções observadas, substituindo as previsões de desempenho relativas à data em que se procede à revisão do plano pelos valores reais e actualizando a informação de base (e.g., procura, condição física do sistema, alterações nos pressupostos e outros condicionalismos).

É indispensável ter em conta os desvios identificados na monitorização e as respectivas causas, numa prática de melhoria contínua.

A **monitorização** e a **revisão** do plano tático deverão ser tidas em conta na revisão dos objectivos estratégicos e das respectivas metas, bem como na revisão das estratégias propriamente ditas.

Para mais informação, consultar o Subcapítulo 6.9..

### **8.5.2. Informação mínima necessária**

A informação mínima necessária para realizar o plano tático inclui:

- as estratégias da organização;
- dados necessários ao cálculo das medidas de desempenho ao nível global do sistema;
- informação de cadastro (localização, comprimento, diâmetro e material de condutas; localização de ramais; localização, capacidade, número de células e cota de soleira de reservatórios; localização e número de grupos electrobomba de estações elevatórias e as características principais de cada grupo; tipo, localização e diâmetro dos principais órgãos de manobra; tipo e localização de equipamento de monitorização) (ver Quadro 6.3);
- informação operacional sobre a infra-estrutura (informação qualitativa sobre o estado de conservação dos componentes) (ver Quadro 6.5);
- informação sobre solicitações de consumo de água (volumes de água facturados aos clientes; volumes de água fornecidos aos sistemas de adução e de distribuição ou de água exportada para outros sistemas; previsões de evolução de consumo decorrentes de planos de desenvolvimento);
- dados contabilísticos (custos totais ou custos unitários médios relativos a investimentos e a intervenções de manutenção curativa e preventiva e de reabilitação) (ver Quadro 6.8).

## **8.6. Planeamento operacional**

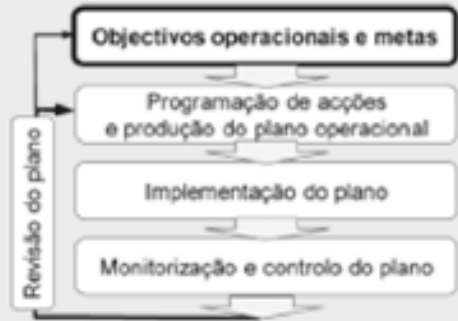
### **8.6.1. Passos fundamentais**

Os principais passos do planeamento operacional são sintetizados de seguida.



**Passo 1 – Objectivos operacionais, medidas e metas**

Deverá existir uma ligação directa entre as táticas estabelecidas e os **objectivos operacionais**. No entanto, contrariamente aos outros níveis de planeamento, os objectivos e as metas operacionais não podem, em geral, ser expressas em termos de medidas de desempenho relativas à qualidade do serviço prestado ou à condição física da infra-estrutura, mas antes em termos de realização das obras (ou de fases das obras).



Os **critérios** deverão ser estabelecidos com vista à finalização da obra (ou de fase da obra) e ao cumprimento dos requisitos de qualidade de execução, de prazos e do orçamento previsto. As **medidas de desempenho** podem ser expressas em termos de percentagem de cumprimento do critério ou desvio relativo do critério face à meta. As **metas** deverão materializar os critérios, concretizando-os para cada obra. Exemplos de critérios de avaliação relevantes e das respectivas medidas de desempenho e metas são:

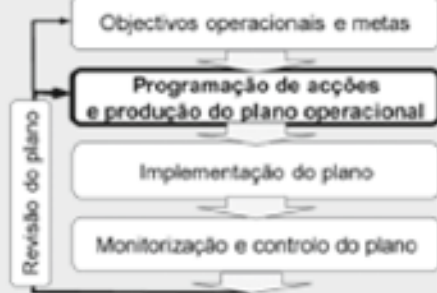
Critério	Medidas	Metas
Finalização da obra	Grau de realização face ao previsto (%)	100%
Cumprimento dos requisitos de qualidade de execução	Grau de cumprimento de requisitos de qualidade (%)	100%
Cumprimento de prazos	Desvio face à duração prevista (%) Desvio de cumprimento de prazo de conclusão (%)	0% 0%
Cumprimento do orçamento previsto	Desvio de custos (%)	0%

Para mais informação, consultar o Subcapítulo 7.3.

### Passo 2 – Programação de acções e produção do plano operacional

A programação de acções ao nível operacional requer:

- a identificação das intervenções a realizar no horizonte do plano, tendo por base o plano tático;
- a identificação das respectivas fases de implementação;
- o cronograma físico e financeiro.



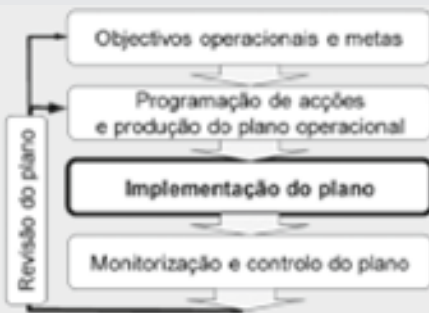
O plano operacional de intervenções infra-estruturais deverá ser sintético, claro e bem estruturado e contemplar os seguintes aspectos:

- objectivos e metas operacionais do plano;
- programação de intervenções e identificação das respectivas fases de implementação;
- cronograma físico e financeiro das intervenções e das respectivas fases;
- estabelecimento dos mecanismos de monitorização, de avaliação e de revisão do plano.

O plano operacional deverá especificar quem são os responsáveis (internos à organização) e os intervenientes (internos e externos) de cada uma das fases das obras.

### Passo 3 – Implementação do plano

A implementação do plano operacional engloba as fases de projecto, de construção e de comissionamento e recepção. Em obras mais simples, algumas destas fases podem não existir (e.g., quando o projecto e a obra são executados internamente, as fases de consulta, concurso e adjudicação não existem).



### **Passo 3 – Implementação do plano (cont.)**

#### **Fase de projecto**

Esta fase envolve:

- consulta e elaboração de estudo prévio (caso se justifique);
- consulta e elaboração de projecto de execução.

Recomenda-se que a realização dos estudos prévios e dos projectos de execução cumpra os requisitos listados no Quadro 7.2 e apresentados no Anexo II-A.

#### **Fase de construção**

Esta fase envolve:

- abertura de concurso público da obra;
- avaliação de propostas e adjudicação da obra;
- contrato com empreiteiro e consignação da obra;
- execução da construção civil (eventualmente faseada; pode incluir a instalação de algum equipamento, tal como válvulas em condutas);
- instalação do equipamento (e.g., equipamento electromecânico em estações elevatórias).

Recomenda-se que a fase de construção cumpra os requisitos listados no Quadro 7.3 e que se apresentem no Anexo II-B.

#### **Fase de comissionamento e recepção**

Esta fase envolve:

- comissionamento da obra;
- recepção provisória da obra, imediatamente após a conclusão da obra;
- recepção definitiva da obra, após um período contratual de garantia da obra (e.g., 5 anos).

O comissionamento decorre em paralelo com as restantes fases. Consiste no processo de assegurar que a obra, no seu conjunto, e os seus componentes individuais sejam projectados, instalados e testados de acordo com as necessidades e requisitos de qualidade e de desempenho funcional.

Recomenda-se que a fase de construção cumpra os requisitos listados no Quadro 7.4 e que se apresentem no Anexo II-C.

Para mais informação, consultar o Subcapítulo 7.5.

#### Passo 4 – Monitorização, controlo e revisão do plano

##### Monitorização e controlo do plano

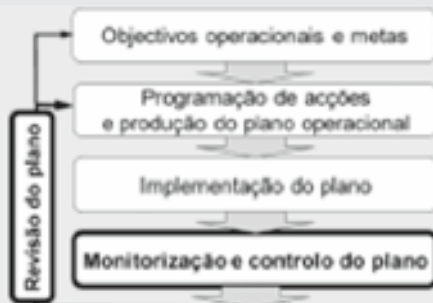
A monitorização do plano operacional envolve a avaliação, para cada obra, das medidas de desempenho seleccionadas e a comparação com as metas estabelecidas.

A monitorização deverá ser feita regularmente ao longo do ano (em geral, com periodicidade mensal ou trimestral).

Anualmente deverá ser elaborado um documento-síntese que apresente os resultados da monitorização.

##### Revisão do plano

A revisão do plano deverá ser feita trimestral ou semestralmente. Deverá ter em conta os resultados da monitorização, de forma a corrigir eventuais desvios em termos dos diversos critérios estabelecidos.



#### 8.6.2. Informação mínima necessária

A informação mínima necessária para a realização destes planos consiste nas táticas infra-estruturais estabelecidas no nível de planeamento anterior e nos dados requeridos para a elaboração de estudos prévios e de projectos de execução.

#### 8.7. Conteúdo mínimo de um plano de gestão patrimonial de infra-estruturas

Numa situação de transição onde não seja possível ter, de uma forma estruturada, planos para cada um dos três níveis de planeamento referidos, recomenda-se que a entidade gestora do serviço promova a realização, o cumprimento a actualização de um plano com o seguinte conteúdo mínimo:

- i Análise do contexto e dos objectivos estratégicos.
- ii Caracterização do estado actual das infra-estruturas existentes, incluindo o cadastro actualizado e a avaliação do estado funcional e de conservação das infra-estruturas.
- iii Avaliação do valor dos activos (ver Subcapítulo 9.9).

- iv Identificação dos componentes mais críticos do sistema para assegurar o desempenho requerido, de modo sustentável, e estabelecimento de medidas mitigadoras do risco.
- v Estimativa das solicitações de serviço no horizonte temporal do plano e de longo prazo, incluindo a previsão da evolução populacional.
- vi Pormenorização dos objectivos estratégicos no curto e no médio prazo, com identificação dos indicadores para a avaliação do respectivo cumprimento.
- vii Obras e acções necessárias para atingir os objectivos, nomeadamente intervenções de reabilitação a realizar nos sistemas existentes e obras de expansão.
- viii Programa de operação e manutenção do sistema, incluindo as principais tarefas a realizar, a metodologia e a periodicidade para os principais tipos de componente do sistema.
- ix Programa de segurança do sistema.
- x Plano de investimentos, que inclua o cronograma físico e financeiro das obras e a especificação de formas de financiamento.

Os elementos referidos nas alíneas ii e vii deverão ser desenvolvidos com um grau de profundidade equivalente ao de um estudo prévio.

Este plano deverá ser actualizado sempre que necessário e com uma periodicidade máxima de 5 anos, excepto no que respeita aos objectivos e programa de acções de curto prazo, que deverão ser objecto de actualização anual.



## **PARTE III – INSTRUMENTOS E TÉCNICAS DE APOIO**

---





## **9. INSTRUMENTOS E METODOLOGIAS DE APOIO**

### **9.1. Nota introdutória**

A aplicação da abordagem de GPI apresentada neste guia tem por base a recolha de dados e gestão da informação assim como a aplicação de instrumentos e metodologias. Neste capítulo são identificados os principais instrumentos e metodologias de apoio à GPI em geral e para a reabilitação em particular, para efectuar tarefas como:

- recolha de dados;
- armazenamento e gestão da informação;
- processamento e análise de consumos de água;
- modelação matemática dos sistemas;
- avaliação de desempenho;
- avaliação de perdas de água;
- análise e previsão de falhas em condutas;
- análise de custos;
- apoio à decisão no âmbito específico da reabilitação.

No presente capítulo sistematizam-se as principais características e funcionalidades de cada um destes grupos de instrumentos e metodologias.

### **9.2. Instrumentos e metodologias para a recolha de dados**

#### **9.2.1. Tarefas típicas para recolha de dados**

A abordagem proposta neste guia para a GPI baseia-se em dados e em informação sobre os sistemas, subsistemas ou componentes, uma vez de forma agregada, outras com pormenor. Uma boa qualidade dos dados é essencial, sendo importante avaliar a sua exactidão, a sua consistência e actualização, e, se possível, avaliar, de uma forma qualitativa, os níveis de fiabilidade dos dados existentes. Actualmente, com os avanços tecnológicos e a disponibilidade da tecnologia necessária, a georreferenciação

dos dados deverá fazer parte da prática corrente das entidades gestoras.

Nesta secção abordam-se as tarefas habitualmente efectuadas sobre os sistemas ou nos seus componentes com a finalidade de recolher directamente os dados. Destacam-se duas tarefas principais:

- a **inspecção** com carácter pontual ou sistemático para o levantamento da condição estrutural e funcional de componentes do sistema;
- a **medição** pontual, periódica ou contínua de grandezas (e.g., caudal, pressão e nível) para caracterização do estado funcional em termos hidráulicos e de qualidade da água.

Outras tarefas, incluindo os levantamentos topográficos e levantamento de cadastro, por serem utilizadas correntemente, não são aqui desenvolvidas.

### 9.2.2. Inspecção

#### ***O procedimento, a frequência e o tipo de inspecção***

A inspecção inclui o conjunto de actividades com o objectivo de determinar e, posteriormente, avaliar a condição estrutural e funcional de componentes ou de partes dos mesmos (condutas, reservatórios e equipamentos) relativa ao momento da inspecção. Regra geral, consiste na implementação de um procedimento de observação, em regra escrito, cujos resultados ficam registados de forma a permitir à entidade gestora avaliar a operacionalidade dos componentes da infra-estrutura e tomar medidas correctivas apropriadas. Pode também avaliar as condições para instalação de equipamentos diversos e de medição.

O planeamento das actividades de inspecção deverá ser parte integrante do plano de operação e manutenção da entidade gestora (ver Secção 6.8.3). De uma forma geral, as inspecções tendem a estar associadas a operações de manutenção. De entre os diversos tipos de manutenção, é a *manutenção preventiva condicionada* (ver Secção 2.3.8) a que tipicamente requer a adopção de técnicas mais sofisticadas de inspecção e de avaliação da condição física, dado que a decisão de proceder a uma intervenção depende do resultado da avaliação. No entanto, no âmbito do desenvolvimento de um plano de GPI, pode ser necessário efectuar inspecções adicionais ou alterar a metodologia de estabelecimento das frequências de inspecção, no respectivo plano, de modo a obter a informação necessária para o planeamento da GPI.

Crítérios a ter em consideração na definição da frequência de inspecção incluem o tipo de componente (*e.g.*, reservatório, válvula, estação elevatória), o tipo de inspecção (*e.g.*, operacional ou estrutural), a condição estrutural, a localização e a relevância funcional do componente ou a data da última inspecção.

As técnicas de inspecção, de monitorização e de avaliação da condição física variam com o tipo de componente da infra-estrutura. Não é indiferente tratar-se de: construção civil ou equipamento; abastecimento de água ou drenagem e tratamento de águas residuais; elevação e transporte ou tratamento; ou de componentes facilmente acessíveis ou enterradas e não visitáveis.

A inspecção pode envolver observações *directas* (visuais, por meio de câmara de vídeo, sonar associado ou não a um sistema de vídeo, ou radar com o registo das anomalias detectadas). As infra-estruturas enterradas colocam problemas de ordem prática decorrentes da dificuldade de acesso. Nos casos dos sistemas de distribuição de água, o acesso é mais condicionado porque não existem câmaras de visita, os diâmetros são menores e o escoamento é tipicamente em pressão. Por estas razões não é vulgar proceder a inspecções com câmara de vídeo, a não ser quando associadas a intervenções de reabilitação.

A inspecção pode também recorrer a meios *indirectos* de detecção de anomalias. As técnicas mais correntes de avaliação da condição física são o uso de indicadores de desempenho (*e.g.*, frequência de roturas em condutas e ramais; perdas reais), a inspecção acústica para localização de fugas e a observação sistemática de trechos de condutas e acessórios sempre que ocorrem roturas/ /reparações. Este tipo de técnicas é também usado no caso das águas residuais.

A evolução tecnológica tem-se traduzido em termos de: desenvolvimento, normalização e uso métodos de inspecção (*e.g.*, Fenner, 2000, Kleiner e Rajani, 2002, Newton e Vanier, 2004, Shahin e Burkharter, 2000); equipamentos de geo-radar, de CCTV, de detecção de fugas, de detecção da condição física dos materiais das tubagens e dos equipamentos (existem sobretudo referências comerciais nestas temáticas); desenvolvimento de técnicas de manutenção e dos sistemas de informação para apoio à gestão da manutenção.

### ***Inspecção da condição estrutural de condutas***

A aplicação das técnicas de reabilitação e, muitas vezes, o processo de selecção da técnica a adoptar em projecto, requerem uma

inspecção prévia do componente da infra-estrutura a reabilitar que compreende:

- a determinação da localização da conduta existente, através de informação de cadastro ou da inspecção à superfície do terreno por meio de geo-radar;
- a determinação das dimensões da conduta (e.g., comprimento, diâmetro, espessura e localização de acessórios) através de informação de cadastro ou de inspecção interna com dispositivos de vídeo;
- a avaliação da condição física e hidráulica da conduta (e.g., material, condição estrutural, ramais, deformações, fugas, corrosão, incrustação) através da inspecção com dispositivos de vídeo ou com tecnologias de ressonância acústica;
- a avaliação da necessidade de garantir abastecimento alternativo e análise das respectivas soluções (e.g., construção de ramais provisórios);
- a inspecção visual da zona circundante à conduta à procura de evidências de anomalias (e.g., fugas) (Figura 9.1).



**Figura 9.1 – Inspecção visual na zona circundante à conduta (à esquerda) e a válvula de seccionamento alojadas em caixa (à direita)**

O geo-radar é um dos equipamentos mais correntemente utilizados para detecção da localização exacta da conduta que se encontra enterrada e muitas vezes sob pavimentos betuminosos dos arruamentos. Na Figura 9.2 mostra-se uma inspecção efectuada com geo-radar para a determinação do traçado da rede numa área a reabilitar, onde não se podia abrir vala devido à sobreposição da rede de águas com outras infra-estruturas e à impossibilidade de

cortar o trânsito automóvel, por se tratar de uma rua principal de acesso a uma estação de comboios.

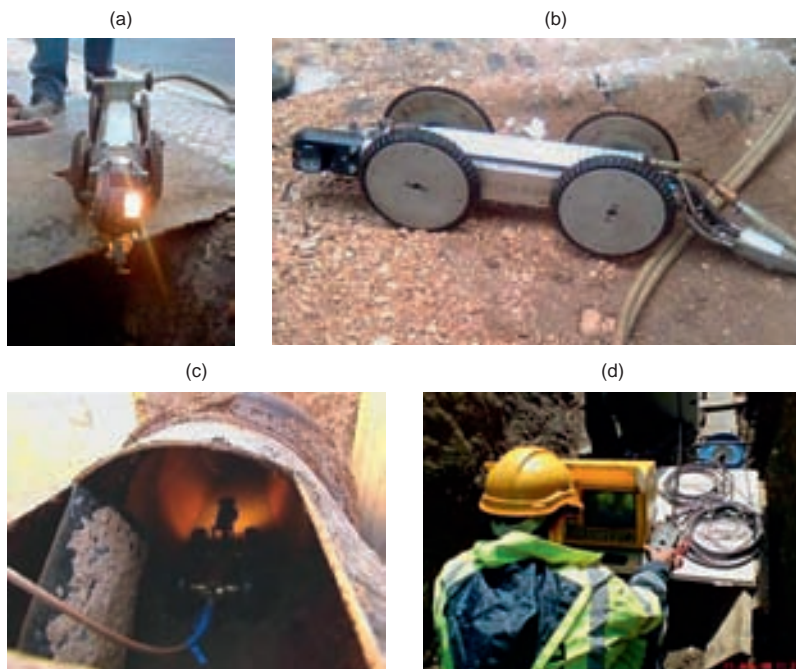


**Figura 9.2 – Inspecção com geo-radar para identificar a localização de condutas enterradas**

A inspecção por CCTV (*closed circuit television*) (Figura 9.3) é utilizada em especial quando se tratam de condutas de grande diâmetro e permite a avaliação e documentação de todas as anomalias nas condutas de acordo com a posição, o tipo e a dimensão (Figura 9.4). Adicionalmente, podem ser determinadas outras características da conduta como sejam o diâmetro, o material, a profundidade. Esta inspecção deverá ser efectuada por pessoal especializado.

Os resultados da inspecção permitem ter uma boa base, não só para o estabelecimento de prioridades de intervenção, como para o estabelecimento da sequência mais adequada de acções necessárias para a aplicação da técnica de reabilitação, não só em termos técnicos e económicos, mas também de forma a minimizar os impactes ambientais e perturbações para a sociedade.

Em condutas de menor diâmetro, a inspecção por CCTV é muitas vezes efectuada após intervenção para a verificação e o controlo da qualidade da execução dos trabalhos.



**Figura 9.3 – Inspeção de condutas por CCTV: (a),(b) o equipamento, (c) inserção da CCTV numa conduta; (d) ecrã de visualização**



**Figura 9.4 – Exemplo de imagens de inspeção por CCTV**

A empresa norueguesa *Breivoll Inspection Technologies* (BIT) desenvolveu um método baseado na tecnologia de ressonância acústica para a determinação da espessura da conduta (Vangdal *et al.*, 2009). Este método permite estimar não só a espessura da conduta como indicar a existência de corrosão interna ou externa nas condutas. O dispositivo de inspeção (*pipescanner*) está equipado com 64 transdutores ultrasónicos que cobrem a totalidade do perímetro da parede da conduta (Figura 9.5). O dispositivo é

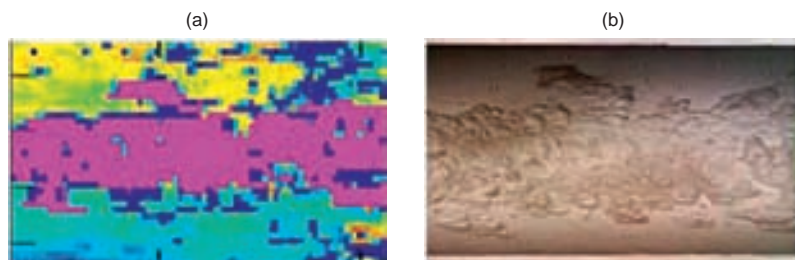
inserido no interior da conduta e é puxado ao longo de toda a extensão da conduta utilizando um cabo que permite a alimentação de corrente eléctrica e a transferência de dados para a unidade de inspecção externa. Os dados de inspecção são armazenados e são analisados *a posteriori* para a realização do diagnóstico.



Comprimento: 1.7 m; Peso = 30kg

**Figura 9.5 – Dispositivo de inspecção (*pipescanner*) baseado na tecnologia de ressonância acústica**

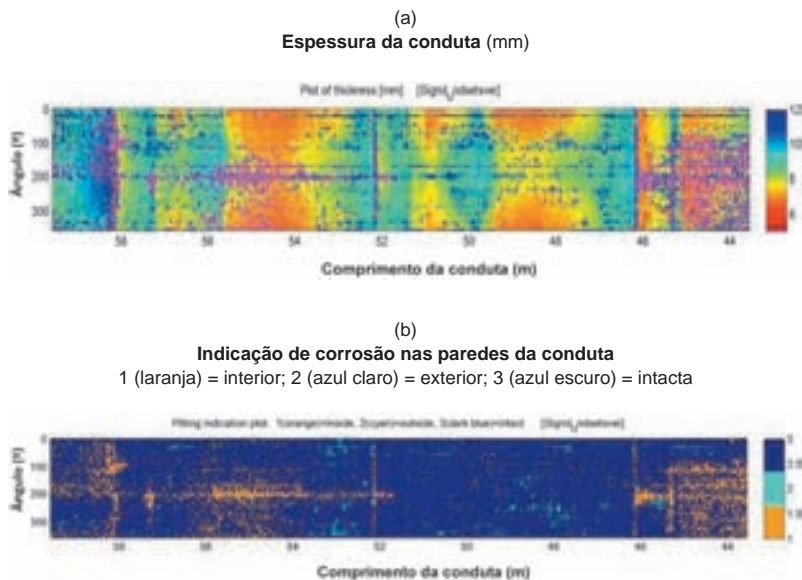
As imagens apresentadas na Figura 9.6 mostram os resultados de um teste realizado numa conduta com base nesta tecnologia e a respectiva imagem fotográfica (após a escavação da conduta e a limpeza da corrosão).



**Figura 9.6 – Conduta corroída: (a) imagem obtida decorrente da aplicação da tecnologia BIT indicando para corrosão na zona central, a rosa; (b) fotografia da conduta após a escavação e reabilitação**

A Figura 9.7 apresenta as imagens obtidas por aplicação da tecnologia BIT a uma conduta corroída. Na Figura 9.7a está ilustrada a espessura estimada da parede da conduta ao longo de toda a secção transversal (0-360°) e do comprimento da mesma. Na Figura 9.7b é apresentada a indicação da existência ou não de corrosão nas paredes interna e externa.





**Figura 9.7 – Imagens de uma conduta corroída obtidas por aplicação da tecnologia BIT ao longo dos 360° da secção e do desenvolvimento da conduta: (a) espessura da conduta; (b) indicação de corrosão**

### ***Campanhas de detecção de fugas em condutas***

No início do Século XX, os técnicos das entidades gestoras realizavam inspecções regulares casa a casa à procura de evidências de fugas, baseando-se na escuta directa com uma vareta de madeira, que, em contacto com a conduta ou acessórios, permitia ouvir as vibrações emitidas pelas fugas. Esta técnica, pouco eficiente, exigia muito tempo e detectava falsas fugas. O desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos (e.g., microfones de solo, sensores acústicos, correladores acústicos, injeção de gás traçador) permitiu a modernização do processo de controlo activo de fugas, tornando-se cada vez mais eficiente e eficaz na redução de perdas reais.

O controlo activo de fugas é uma estratégia de controlo de perdas, de natureza periódica ou contínua, através da qual se procede à monitorização da rede, permitindo a detecção e a reparação de eventuais fugas e roturas não reportadas (Alegre *et al.*, 2005). Este procedimento não inclui as reparações de roturas reportadas, ou sejam, aquelas comunicadas ao sector competente da entidade gestora, quer pelo próprio pessoal, quer por terceiros, resultando da observação visual da fuga ou de reclamações de consumi-



dores. Um sistema integrado de controlo activo de fugas deverá ser constituído por sectorização e monitorização da rede, e realização de campanhas periódicas de detecção de fugas.

A sectorização e monitorização da rede trata-se de uma forma indirecta de detecção de anomalias no sistema. Consiste na divisão do sistema em sectores de menor dimensão com fronteiras conhecidas e bem delimitadas, onde se controlam todas as entradas e saídas de caudal e na realização de campanhas periódicas ou contínuas de medição de caudal e pressão com vista à avaliação de perdas. Estes sectores designam-se por Zonas de Medição e Controlo (ZMC) (Alegre *et al.*, 2005), que podem ter dimensões muito variadas dependendo da topologia da rede, densidade populacional e densidade de ramais, contendo entre 500 a 5000 ramais.

As campanhas de detecção de fugas são uma forma de inspecção directa do estado de conservação e funcional das infra-estruturas e equipamentos. As campanhas são, em geral, aplicadas a ZMC ou a subsectores de ZMC onde foi identificado um elevado consumo nocturno ou um elevado volume de consumo não autorizado. Em geral, a ZMC é isolada através do fechamento de válvulas na periferia e é deixada uma única entrada de caudal. Nessa entrada é instalado um medidor de caudal e, muitas vezes, também um transdutor de pressão e ligados a um *datalogger* (Figura 9.8). As medições podem ser efectuadas com diferentes intervalos de tempo (*e.g.*, 2, 5, 10 ou 15 min). Os caudais mínimos nocturnos são monitorizados de forma a avaliar a redução das perdas durante a campanha. Na Figura 9.9 apresenta-se um registo de caudal e de pressão durante uma semana de campanha.

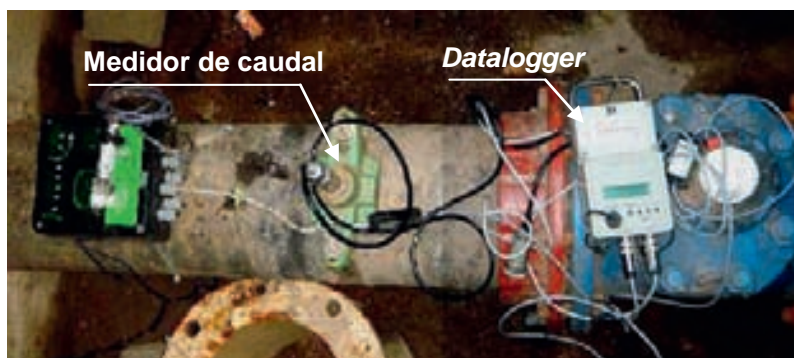
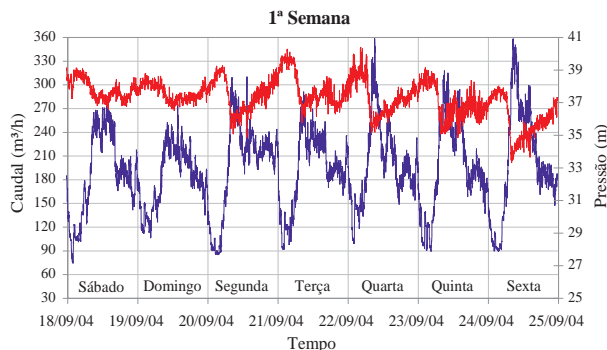


Figura 9.8 – Equipamento de medição de caudal à entrada duma ZMC



**Figura 9.9 – Registo de caudal e de pressão à entrada de uma ZMC**  
 (“linha azul” – caudal e “linha vermelha” – pressão)

Tipicamente, as campanhas são constituídas por três fases:

- fase de identificação da localização aproximada das fugas ou roturas;
- fase de localização das fugas ou roturas;
- fase de reparação das fugas ou roturas detectadas.

A primeira fase consiste na identificação da localização aproximada das fugas ou roturas existentes. Para este efeito pode recorrer-se a diferentes métodos. Refira-se, por exemplo, o fechamento sequencial de válvulas e medição do caudal à entrada do sector durante o período nocturno (*step testing*) de forma que qualquer alteração do caudal entrado decorrente do fechamento da válvula indica a presença de uma fuga nesse no trecho de conduta isolado.

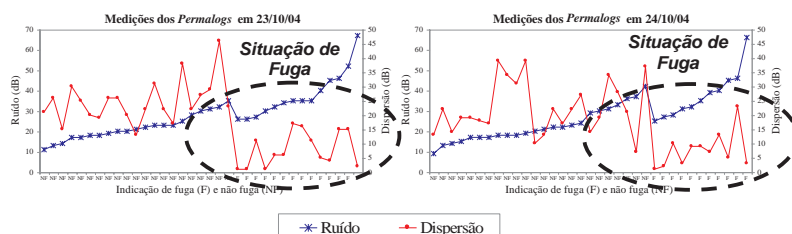
Mais recentemente recorre-se à instalação de sensores acústicos com medição do ruído mínimo nocturno. Os sensores acústicos são instalados em hidrantes, acessórios metálicos ou caixas de válvulas (Figura 9.11a,c). Este sensores registam os níveis mínimos de ruído que ocorrem durante o período nocturno (em termos de amplitude e frequência) estando tipicamente associados à presença de fugas. A equipa de detecção efectua a leitura destes níveis num equipamento de leitura: o patrulhador (Figura 9.11b). O patrulhador interpreta o sinal, associando a presença de fuga a elevadas amplitudes (>20 dB) e reduzidas dispersões (<25 dB) de ruído (Figura 9.10). Os sensores acústicos podem ser utilizados em qualquer tipo de conduta, embora o ruído seja atenuado mais rapidamente em condutas de plástico, pelo que os sensores deverão ser colocados com afastamentos máximos

de 100 m em condutas em metal, e de 50 m em condutas de plástico.



Fonte: JACOB, 2006

**Figura 9.10 – Sensores acústicos de detecção de fugas: (a) sensores; (b) patrulhador; (c) instalação de sensor num acessório**



Fonte: JACOB, 2006

**Figura 9.11 – Resultados dos 35 sensores acústicos**

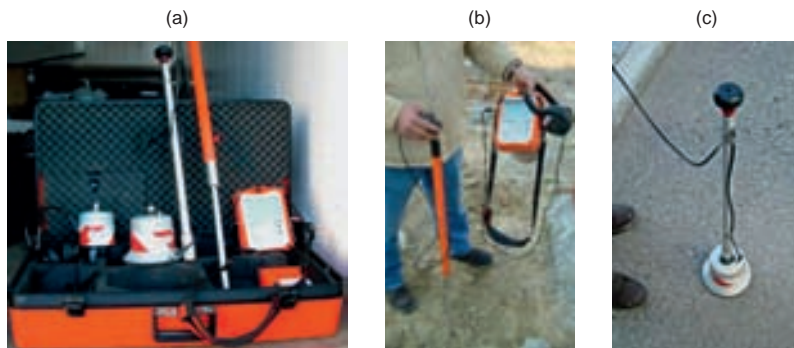
A segunda fase consiste na utilização de equipamentos que permitam a determinação da localização o mais exacta possível da fuga. É tipicamente aplicada ao nível do arruamento. Um dos equipamentos mais utilizados é o correlador acústico. O correlador acústico tradicional é constituído por dois transmissores (com sensores acústicos) e por um receptor-correlador. A sua utilização envolve a instalação de sensores em cada uma das extremidades da conduta com suspeita de fuga em contacto directo com a água via hidrantes ou acessórios metálicos, e na medição do instante de chegada do sinal acústico associado à fuga a cada sensores. Mediante a especificação da distância entre sensores ( $L$ ), da velocidade de propagação do som ( $a$ ) e do cálculo da diferença de tempos de chegada de duas frequências iguais ( $\Delta t$ ), é determinada a posição da fuga:  $X=(L-a\Delta t)/2$ . É uma técnica bastante eficaz. A sua maior incerteza é a estimativa da velocidade de propagação do som, que depende das características do fluido, da conduta

e do grau de compactação do solo. Para ultrapassar esta dificuldade, recorre-se ao tricolorrelador acústico e a informação fornecida pelo terceiro transmissor é utilizada para estimar a velocidade de propagação do som (Figura 9.12).



**Figura 9.12 – Equipamento de correlação acústica:**  
(a) componentes do tricolorrelador acústico;  
(b), (c) resultados da tricolorrelação

Complementarmente podem ser utilizados outros equipamentos acústicos com sejam o estetoscópio acústico, aparelhos de escuta directa e o microfone de solo (Figura 9.13).



**Figura 9.13 – Equipamento acústico: (a) conjunto de equipamento; (b) vareta acústica; (c) microfone de solo**

Na fase final procede-se à reparação das fugas ou roturas detetadas, que estão muitas vezes localizadas em válvulas, acessórios, juntas de ligação ou marcos de incêndio. Nesta fase faz-se de novo um diagnóstico do caudal entrado no sector durante o período nocturno.

### 9.2.3. Medição

No contexto da GPI, a medição tem como objectivo a recolha de dados para a realização do diagnóstico do sistema. No caso de desenvolvimento de trabalhos de reabilitação, as tarefas de medição mais relevantes referem-se à medição de variáveis que permitem caracterizar o desempenho dos sistemas, nomeadamente:

- medição de variáveis hidráulicas que permitam avaliar o desempenho funcional dos sistemas que incluem o caudal e a pressão em secções do sistema, volumes de água consumidos, o nível da água em reservatórios;
- medição de parâmetros de qualidade da água que pode ser efectuada com equipamentos instalados no local ou através da recolha de amostra e realização de análises laboratoriais;
- medições específicas das características físicas para a localização ou a avaliação da condição da infra-estrutura (e.g., diâmetro interno, espessura, grau de corrosão, permeabilidade do betão, localização de armaduras);
- levantamentos para complemento da informação cadastral (e.g., cotas topográficas, dimensões dos componentes).

Nesta secção do guia focam-se apenas aspectos da medição de algumas variáveis hidráulicas (i.e., caudal, pressão) e de alguns

parâmetros de qualidade da água mais relevantes para a reabilitação (*i.e.*, turvação).

Em geral, a medição ou monitorização são actividades de operação dos sistemas. Situações típicas de utilização de sistemas de medição no âmbito da reabilitação são, por exemplo, para a avaliação de perdas de água ou para a modelação matemática do comportamento hidráulico e de qualidade da água dos sistemas.

Existindo um sistema de medição permanente nos sistemas, dependendo das suas características, poderá ser necessário apenas proceder a algumas medições complementares para efeitos de diagnóstico no âmbito da reabilitação. Na realidade, em muitos sistemas, os medidores existentes são pouco fiáveis ou mesmo inexistentes, pelo que é necessário recorrer a campanhas de medição de curta duração.

Naturalmente que os períodos de medição deverão ser estabelecidos de forma a assegurar a obtenção de cenários diferenciados relativos a diferentes períodos do ano (Verão e Inverno), da semana (dias úteis, Sábados, e Domingos e feriados) e do dia (período nocturno e diferentes períodos diurnos).

Os objectivos da medição deverão ser definidos claramente, em função dos problemas específicos em análise, e os locais escolhidos criteriosamente, em função dos objectivos e das condições locais. Os métodos e os equipamentos a utilizar dependem também dos objectivos e condições locais, sendo determinantes para a qualidade dos resultados da medição e sua utilidade.

O Guia Técnico n.º 9 do IRAR, intitulado “Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas” (Henriques *et al.*, 2007), desenvolve os seguintes pontos:

- localização típica de caudalímetros em sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais urbanas;
- princípios físicos de transdução adoptados sobretudo nas soluções modernas e expeditas de medição contínua de caudal nos referidos sistemas;
- potencialidades e limitações das soluções técnicas mais relevantes;
- requisitos especiais de energia eléctrica, de instrumentação, de automação e de comunicações para sistemas de medição de caudal, com enfoque na perspectiva do seu enquadramento nas infra-estruturas de telegestão;

- caracterização metrológica das diversas soluções, abrangendo todos os elementos das cadeias de medição, sensibilizando para a sua importância;
- critérios de dimensionamento e selecção, bem como de boas práticas de projecto, execução, instalação, colocação em serviço e manutenção (incluindo a metrológica);
- aspectos a considerar para a elaboração de cadernos de encargos.

Uma vez definido o enquadramento da medição, a definição de um programa deverá considerar, no mínimo, as seguintes tarefas:

- i. definição de critérios gerais para o estabelecimento dos locais de medição;
- ii. selecção criteriosa dos locais;
- iii. selecção do equipamento adequado às características dos locais;
- iv. instalação de acordo com as boas práticas e recomendações do fabricante do equipamento, incluindo o registo pormenorizado da instalação;
- v. definição de programa de recolha de dados e de manutenção do equipamento;
- vi. recolha de dados, manutenção, processamento de dados e controlo da qualidade da medição.

### ***Medição de caudal***

O medidor de caudal ou caudalímetro permite medir o caudal instantâneo, e, regra geral, fazer a integração temporal dos valores medidos dessa grandeza e, por conseguinte, medir também o volume de líquido escoado (função que é vulgarmente designada por contagem). O mesmo não sucede com um contador mecânico, que mede apenas o volume do líquido que nele se escoou (Henriques *et al.*, 2007) (Figuras 9.14 e 9.15).

A instalação dos caudalímetros nos sistemas de adução advém da necessidade de: controlo operacional dos sistemas; realização do balanço hídrico; avaliação e controlo de perdas de água; contabilização de transacções de água bruta ou de água tratada com outros sistemas de abastecimento; cálculo de indicadores de desempenho associados a volumes e a perdas de água.

Os medidores de caudal são equipamentos tipicamente dispendiosos, que obrigam a um planeamento cuidadoso da sua locali-



zação. A sua instalação pode obrigar a cortes do abastecimento ou alterações temporárias na rede, devendo procurar-se minimizar as perturbações aos consumidores e ao normal funcionamento da rede. Os locais onde, tipicamente, são instalados caudalímetros em sistemas de abastecimento de água são: à saída da captação; à entrada de água bruta importada; em saída(s) de água bruta exportada; à entrada e à saída da estação de tratamento de água; à saída(s) de água tratada exportada; à saída de cada estação elevatória; saída de cada reservatório (Figuras 9.14 e 9.16a); em todos os pontos de entrega de água a utilizadores (Figura 9.15); em diversos pontos da(s) rede(s) de distribuição, criteriosamente seleccionados, que permitam melhorar o controlo operacional do sistema (e.g., à entrada de ZMC ou de ZGP) (Figura 9.16b).



**Figura 9.14 – Contador mecânico (também designado por medidor de caudal volumétrico) instalado à saída de reservatório**



Fonte: Loureiro, 2010

**Figura 9.15 – Bateria de contadores domiciliários**

Os tipos de medidores de caudal mais frequentemente utilizados em escoamentos sob pressão são: electromagnéticos, ultrassónicos e deprimogéneos (Henriques *et al.*, 2007).

- Um **caudalímetro electromagnético** é constituído por um elemento primário (ou transdutor de caudal) e um elemento



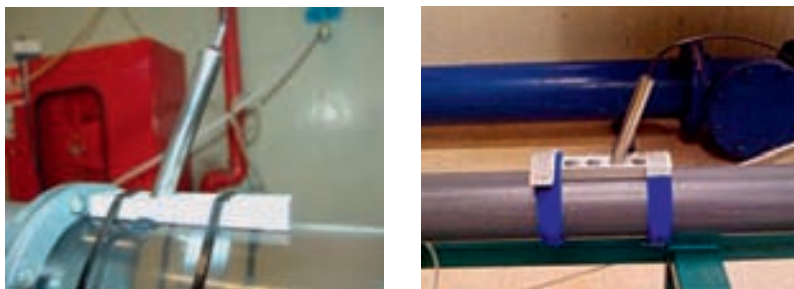
secundário (ou condicionador de sinal), que extrai o sinal de tensão, amplificando-o, processando-o e convertendo-o num sinal de saída normalizado. Existem dois tipos denominados de acordo com o respectivo tipo de primário: tubular ou de inserção no escoamento. O caudalímetro electromagnético tubular é o mais utilizado em sistemas de abastecimento, sendo designado apenas por caudalímetro electromagnético (Figura 9.16).

- Um **caudalímetro ultrassónico** emite ondas ultrassónicas (contínuas ou pulsadas) que se propagam através do líquido, recebendo-as depois de terem sofrido a influência do escoamento e usa o resultado dessa influência para medir o caudal. É constituído pelos transdutores ultrassónicos, um tubo de medição, onde o par de transdutores ultrassónicos está montado, e um condicionador de sinal (ou elemento secundário). Existem vários tipos em função do tipo de primário e do modo de transmissão das ondas acústicas (e.g., caudalímetro ultrassónico tubular, caudalímetro com um par de transdutores ou caudalímetro Doppler – Figura 9.17).
- Um **caudalímetro deprímo-géneo**, também denominado caudalímetro de pressão diferencial. É constituído por um primário, que é inserido na conduta de instalação, o qual introduz um estreitamento no escoamento, e um **secundário**, que é basicamente um manómetro diferencial dotado de meios de cálculo do caudal. Existem três tipos de acordo com o tipo de primário: diafragma, bocal ou tubo Venturi.

Henriques *et al.* (2007) apresenta um método expedito de selecção do tipo mais adequado de caudalímetro para cada caso concreto.



**Figura 9.16 – Caudalímetros electromagnéticos instalados  
(a) à saída de reservatório e (b) à entrada de ZMC**



**Figura 9.17 – Caudalímetro ultrassónico Doppler**

### ***Medição de pressão***

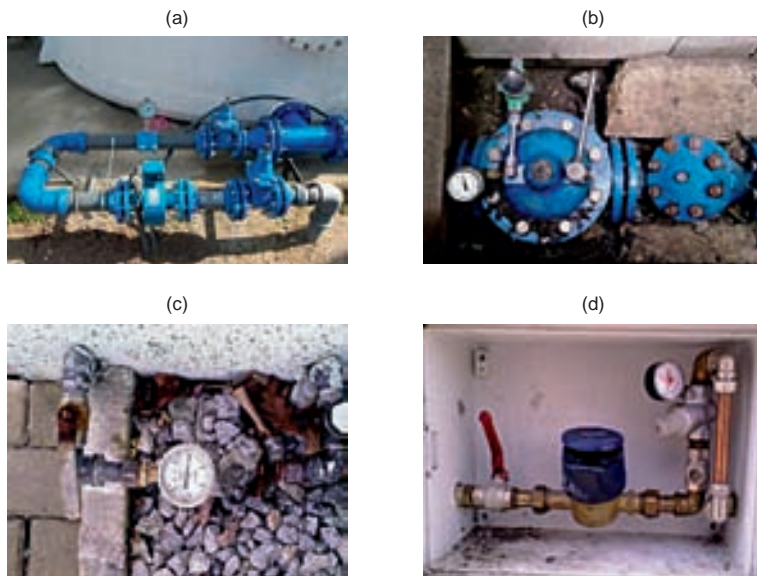
Os medidores de pressão podem ser mais ou menos sofisticados – transdutores de pressão (Figura 9.18b) ou manómetros (Figuras 9.18a e 9.19), podem ser portáteis ou fixos.

A medição de pressão tem por principal objectivo permitir a operação do sistema de modo a assegurar a satisfação de pressões de serviço adequadas nos pontos de consumo. Em particular, a medição de pressão é utilizada para: controlo de grupos elevatórios e da abertura e fechamento de válvulas de operação de reservatórios; regulação de válvulas redutoras de pressão; monitorização de ZMC/ZGP; e recolha informação para a utilização e a calibração de modelos de simulação.

Neste contexto, os medidores de pressão podem ser instalados (Figura 9.19): a jusante de estações elevatórias, a montante e a jusante de válvulas redutoras de pressão; à entrada de zonas de medição e controlo; ou em zonas pontuais de rede. Podem igualmente ser instaladas à saída de reservatórios com o objectivo de medir nível da água no interior dos mesmos.



**Figura 9.18 – Medidores de pressão: (a) manómetro e (b) transdutor**



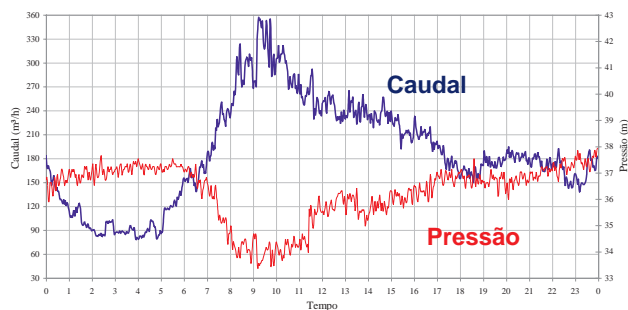
**Figura 9.19 – Medidores de pressão instalados (a) à saída de reservatório, (b) a montante e jusante de VRP, (c),(d) em secções pontuais da rede**

Quer os medidores de caudal, quer os de pressão podem ser de com leitura instantânea ou com a capacidade de registo através de *datalogger*. Os equipamentos fixos podem estar ou não ligados a sistemas de telemedição ou a *dataloggers*. Muitos equipamentos portáteis são capazes de transmitir dados à distância através de transmissores rádio ou GSM.



**Figura 9.20 – Dataloggers portáteis**

Na Figura 9.21 apresentam-se exemplos de registos de caudal e de pressão efectuados ao nível da rede de distribuição. De salientar a forma como o caudal e a pressão variam inversamente: no período de consumo mínimo, a pressão é máxima e durante o período de ponta a pressão é mínima.



**Figura 9.21 – Registos de caudal e de caudal**

### ***Medição de turvação***

A turvação da água transportada em redes de distribuição resulta de elevados níveis de partículas em suspensão no seio do fluido. A turvação decorre da ocorrência de variações bruscas de caudal no sistema, com sejam a rotura de condutas ou a abertura de hidrantes, que provocam tensões de arrastamento elevadas nas paredes das condutas, e conseqüentemente, levam à ressuspensão das partículas depositadas. O balanço de massa realizado numa rede, ou num sector de rede, pode ser utilizado para analisar as diferentes fontes e processos de acumulação de sedimentos.

A avaliação da turvação é particularmente relevante para estabelecer prioridades de intervenção, tendo em conta aspectos de qualidade da água, ou para estabelecer planos de limpeza dos sistemas através de descargas periódicas (Vreeburg *et al.*, 2004).

Existem diferentes métodos para a avaliação da turvação na água; refira-se, por exemplo, a monitorização contínua da turvação, o método de avaliação do potencial de sedimentação das partículas (*Mass Settling Potential Method*) e método de avaliação do potencial de ressuspensão das partículas (*Resuspension Potential Method*, RPM) (Vreeburg *et al.*, 2004, Kjellberg *et al.*, 2009). Na Figura 9.22 apresenta-se o equipamento para a realização de um teste RPM e, na Figura 9.23, a realização deste mesmo teste para medição da turvação.



Figura 9.22 – Equipamento para a realização do teste RPM



Figura 9.23 – Realização do teste RPM para medição da turvação

### 9.3. Instrumentos e tecnologias para o armazenamento e gestão da informação

A gestão de informação constitui um dos processos-chave da actividade de abastecimento de água (ver Subcapítulo 3.6). A eficiência e a eficácia de implementação de uma abordagem de

GPI dependem não só da qualidade dos dados armazenados, mas também da forma como a informação é gerida. O caminho crítico passa pela qualidade dos sistemas de informação estratégicos, onde a informação é armazenada e disponibilizada aos utilizadores, e pela eficácia de como os diversos sistemas de informação se interligam, de modo a viabilizar o cruzamento de dados oriundos de sistemas de informação diferentes.

Entende-se por **sistemas de informação estratégicos** os sistemas informáticos, a qualquer nível da organização, que contenham a informação de suporte relativa à modificação de objectivos, de operações, de produtos, de serviços ou de relações de ambiente, permitindo à organização ganhos de produtividade ou vantagens competitivas. Não deverão ser confundidos com sistemas de informação destinados a apoiar as decisões de nível estratégico, da administração da organização (Synnott, 1987).

Nas entidades gestoras de abastecimento de água e gestão de águas residuais, os sistemas de informação estratégicos mais comuns são (Alegre, 2007, Coelho *et al.*, 2006b):

- sistemas de informação geográfica (SIG);
- sistemas ERP (“Enterprise Resource Planning”);
- sistemas de gestão de clientes;
- sistemas de apoio à contabilidade;
- sistemas de telemedicina e de telegestão (SCADA).

Outros sistemas de informação que têm sido progressivamente mais utilizados são:

- sistemas de informação para manutenção;
- sistemas de gestão da informação laboratorial (LIMS);
- sistemas de informação para apoio à GPI.

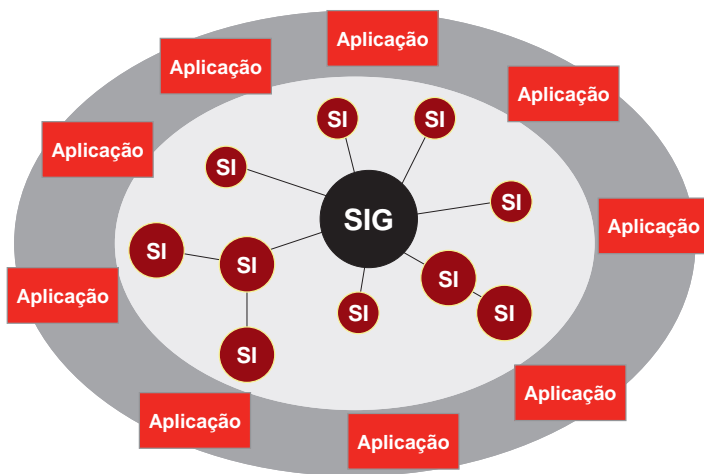
Os sistemas ERP podem eventualmente incluir módulos de outros sistemas de informação acima listados (e.g., sistemas de gestão de clientes, sistemas de contabilidade).

Qualquer um deste tipo de sistemas tem relevância para a GPI, dado que todos eles contêm dados que contribuem para o conhecimento das características físicas e estado de conservação da infra-estrutura, da qualidade do serviço que presta, das solicitações a que é sujeita (pelos utilizadores) e dos custos de construção, de operação e de manutenção.



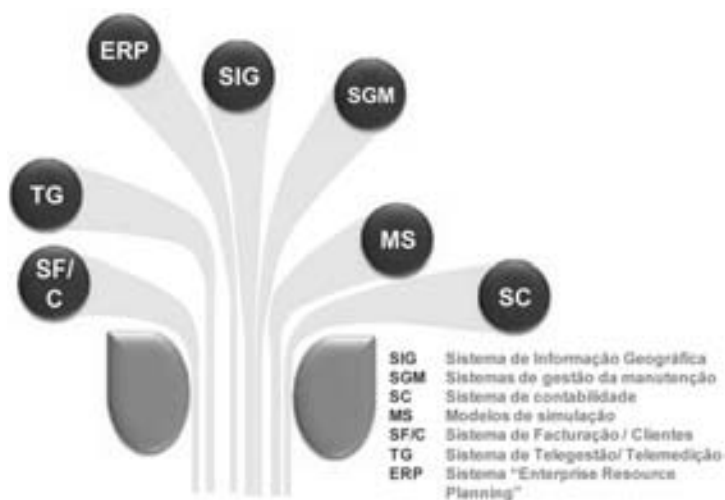
Todos estes sistemas oferecem capacidades de arquivo, de consulta e de visualização dos dados. Estão por vezes ainda associados a capacidades de análise (e.g., sistemas ERP) ou a outras funções (e.g., funções de medição, de automação e de transmissão nos sistemas de telemedição e de telegestão).

Os diversos sistemas de informação são complementares entre si, pelo que o seu planeamento e o seu desenvolvimento deverão ser coordenados, carecendo de boa articulação entre si, de modo a permitirem o cruzamento entre informações. Frequentemente é o sistema de informação geográfica que constitui a plataforma integradora (Figura 9.24). É o SIG que contém a informação sobre a localização (*i.e.*, georreferenciação) das características geométricas dos componentes da infra-estrutura, potenciando a ligação com quaisquer outros dados susceptíveis de serem geoferrenciados (e.g., dados sobre falhas em condutas, intervenções de reparação, licenciamentos de novas ligações, dados de inspecção, dados de qualidade da água, dados de medição variáveis hidráulicas). A interligação pode ser feita incluindo estes dados directamente no SIG, ou estabelecendo códigos de identificação comuns (e.g., associando a cada cliente do sistema de informação de cliente um código de ramal que conste também do SIG).



**Figura 9.24 – Integração dos sistemas de informação**

No entanto, esta não é necessariamente a melhor solução. O relevante é que os dados arquivados em cada sistema de informação sejam sujeitos a um processo de normalização que os torne compatíveis entre si (Figura 9.25).



**Figura 9.25 – Processo de normalização dos dados para integração da informação**

A Figura 9.26 ilustra ainda ligações entre pessoas. A efectiva integração da informação passa tanto ou mais pela articulação entre equipas e pela definição dos procedimentos de introdução, arquivo, actualização e manipulação dos dados do que pelas capacidades das aplicações computacionais.



**Figura 9.26 – Estrutura de informação da organização relevante no contexto da GPI**



A Figura 9.24 pretende ilustrar que, hoje em dia, cada vez há menos ficheiros de dados inerentes a uma dada aplicação, sendo normal que as aplicações vão buscar dados a diversos sistemas de informação existentes na organização, recorrendo ao SIG como interface.

Uma boa articulação entre sistemas de informação e respectiva integração requer:

- compatibilidade de *hardware* e de *software*;
- bom conhecimento dos fluxos de informação e adopção de modelos de dados robustos;
- adopção de referências comuns entre sistemas de informação, para que um dado objecto seja reconhecido de forma simples por todos os SI que têm dados sobre ele;
- estabelecimento de redes de sistemas de informação, às quais as aplicações podem ir buscar informação, maximizando a eficiência de utilização dos recursos e eliminando duplicações e incoerências de informação;
- procedimentos integrados de carregamento e de manutenção;
- afectação de recursos humanos adequada à gestão integrada dos sistemas de informação.

Uma estrutura de informação para armazenamento e gestão da informação destinada a apoiar as decisões no âmbito da GPI, ou, de modo mais abrangente, da gestão patrimonial de infra-estruturas (GPI), é definida como «uma combinação de processos, de dados, de *software* e de *hardware* capaz de fornecer os *outputs* essenciais para uma GPI eficaz, conducente a riscos reduzidos e à optimização do investimento» (IIMM, 2002).

A um nível básico de implementação de uma abordagem de GPI, as funcionalidades desta estrutura de informação deverão contemplar:

- inventário de activos, incluindo pelo menos os atributos básicos (tipo, material, dimensões, quantidade, data de construção/instalação e localização);
- informação sobre o estado de conservação;
- registo do grau de importância do activo para o funcionamento do sistema;
- informação relativa à gestão da manutenção.

Se o nível de implementação for mais avançado, as funcionalidades desta estrutura de informação deverão evoluir de modo a incorporar ferramentas de apoio à decisão no âmbito de matérias tais como:

- modelação e previsão;
- avaliação e previsão do desempenho;
- gestão do risco;
- avaliação de custos no ciclo de vida;
- comparação de soluções alternativas de intervenção;
- gestão financeira e optimização dos investimentos.

O planeamento e a implementação de uma estrutura de informação que corresponda aos objectivos pretendidos deverá ser feito de acordo com um conjunto de fases que incluem o estabelecimento dos requisitos gerais a cumprir, a identificação e avaliação de soluções existentes no mercado, a concepção da solução concreta para o caso em análise e a implementação e entrada em funcionamento. Dada a importância que uma boa estrutura de informação tem para a GPI, desenvolvem-se, no Anexo IV, as tarefas e os principais cuidados a ter no planeamento e implementação de uma estrutura de informação para apoio à GPI.

## **9.4. Instrumentos e metodologias de processamento e análise de consumos de água**

### **9.4.1. Objectivos da análise de consumos de água**

Como foi demonstrado em capítulos anteriores, a reabilitação e a alteração das práticas de operação e manutenção podem ser motivadas por deficiente desempenho hidráulico dos sistemas e as intervenções de reabilitação, mesmo que motivadas por outros factores, deverão ser projectadas de modo a não prejudicar um bom desempenho hidráulico futuro. Sendo este condicionado pelas solicitações de consumo de água, é indispensável usar instrumentos e metodologias de análise de consumo na implementação de qualquer abordagem de GPI. O objectivo da análise de consumos de água é:

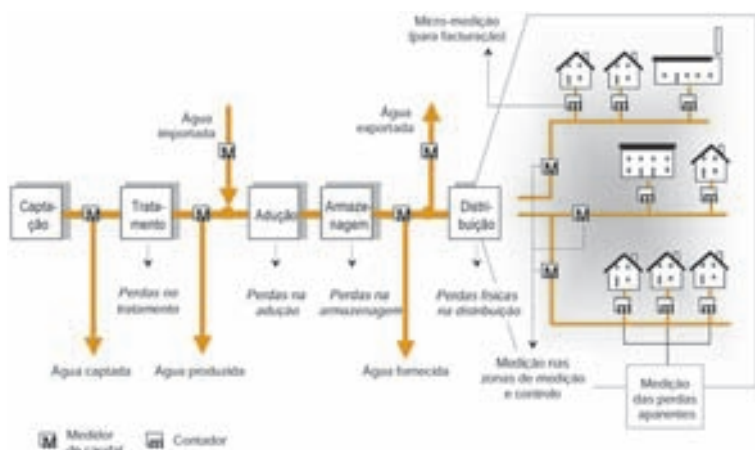
- a caracterização estatística dos consumos actuais e dos caudais nos principais pontos de controlo do sistema (Figura 9.27);
- a previsão dos consumos ao longo do período de observação.

A análise pode ter um carácter descritivo ou de inferência.

A descrição estatística destina-se a sintetizar os dados históricos de consumo disponíveis na forma de informação relevante para o planeamento. As principais fontes são os registos do sistema de clientes, dos volumes de água fornecidos aos sistemas de adução e de distribuição e dos fluxos medidos nas redes (ver Secção 6.5.2). Os resultados da análise deverão contemplar, no mínimo, uma boa caracterização dos valores médios e de ponta diários, semanais, mensais e anuais.

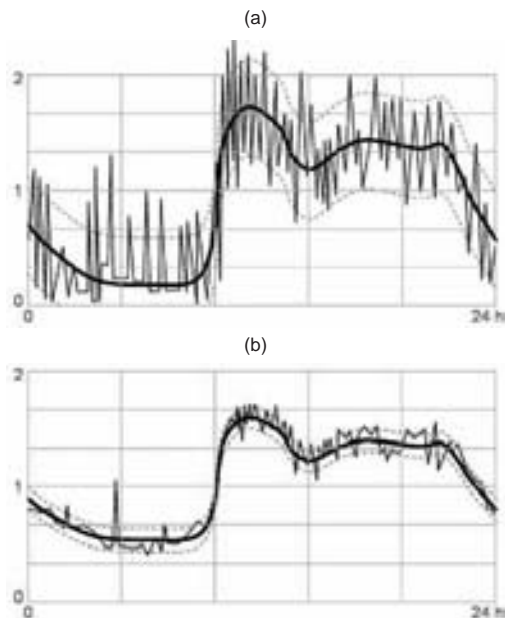
A inferência estatística permite adaptar funções de distribuição que podem depois ser utilizadas para fins diversificados, tais como a produção de padrões de consumo normalizados, associados a bandas de confiança (Figura 9.28).

As previsões de consumo ao longo do período de observação deverão atender ao conhecimento da situação passada e presente, bem como às previsões de evolução constantes em planos de desenvolvimento que permitam antecipar alterações das solicitações futuras.



Fonte: Alegre *et al.*, 2006a

**Figura 9.27 – Principais elementos dos sistemas de abastecimento de água, com os componentes do balanço hídrico e localização dos pontos de medição de caudal**



Fonte: Coelho *et al.*, 2006b

**Figura 9.28 – Diagrama adimensional médio de consumo, com bandas de confiança a 90% (tracejado), e representação do consumo real registado num dia específico, para (a) a totalidade de uma rede; (b) um sector de extremidade**

#### **9.4.2. Etapas principais do processo de análise de consumos de água**

A análise estatística de dados de consumo de água pode seguir um procedimento variável em função do objectivo em vista, mas que deve, em qualquer caso, contemplar as seguintes etapas:

- recolha de dados;
- tratamento preliminar dos dados;
- análise preliminar do consumo;
- identificação de consumos anómalos;
- processamento dos consumos anómalos e preenchimento de falhas;
- normalização dos dados;
- produção de estatísticas descritivas;
- modelação estatística do consumo de água.

## ***Recolha de dados***

Por recolha de dados entende-se o processo de recolha propriamente dita, de transmissão e de registo, e o método varia com o tipo de dado e a solução tecnológica adoptada.

Na maioria dos casos, os dados de consumo são recolhidos através de medições (e.g., contadores de clientes e medidores de caudal inseridos no sistema de telemetria ou em sistemas de controlo de perdas de água). Pode haver ainda consumos obtidos por estimativa.

A análise desta informação requer frequentemente a recolha de dados complementares sobre os clientes, sobre as características sócio-demográficas da área, ou sobre as características físicas ou de operação e manutenção do sistema.

A recolha de dados medidos inclui o processo de medição propriamente dito, a transmissão e o registo.

Os técnicos responsáveis pelas fases seguintes da análise deverão conhecer bem os processos de recolha de modo estarem sensibilizados para:

- a fiabilidade dos dados;
- os principais tipos e causas de falha que ocorrem no processo.

## ***Tratamento preliminar dos dados***

Por vezes os dados de consumo que se pretende analisar não são obtidos directamente, mas com base em cálculos analíticos a partir de outros dados (e.g., consumo abastecido por um reservatório calculado a partir da água entrada no reservatório somado à diferença de volume armazenado; consumo de um subsistema calculado pela soma das medições nos pontos de entrada respectivos).

O tratamento preliminar dos dados consiste na elaboração sistemática deste tipo de cálculos, que se reduzem, em geral, a conversões de unidades e a operações algébricas simples.

## ***Análise preliminar do consumo***

É indispensável que qualquer análise estatística seja precedida pela observação directa dos registos, preferencialmente na forma gráfica. É muito frequente ocorrerem nos dados situações anómalas que não foram previstas inicialmente, que não são detectáveis de forma automática e que, se não forem identificadas e devidamente

tidas em conta, podem distorcer os resultados do processo de análise sem que o utilizador se aperceba. Este processo de observação directa pode ser moroso por ser guia, mas não deverá ser descurado.

A análise preliminar dos dados de consumo pode, em geral, ser progressivamente automatizada pela introdução de mecanismos de comparação com valores ou padrões de referência, de detecção de incongruências, de sequências anómalas de valores nulos.

A automatização deverá ser acompanhada de mecanismos manuais de controlo de qualidade.

É necessário ter particular cuidado na eventual automatização das acções a tomar em caso de detecção de problemas, por haver risco significativo de se poderem cometer erros grosseiros.

### ***Identificação de consumos anómalos***

Os registos de consumo podem conter registos anómalos provenientes de:

- ***falhas no processo de recolha*** (*i.e.*, na medição, na transmissão ou no registo);
- situações de ***funcionamento do sistema fora do padrão normal*** (*e.g.*, ocorrência de uma rotura; ocorrência de uma solicitação de consumo extraordinária).

Estas ocorrências deverão ser todas devidamente identificadas e classificadas, dado que o modo de tratamento subsequente pode ter de ser diferenciado.

Importa distinguir os conceitos de falha de registo e de caudal zero no tratamento de dados. Uma falha de registos ocorre quando não existe registo num determinado instante ou intervalo de tempo, enquanto que um valor zero do caudal é, para todos os efeitos, um valor de caudal.

### ***Processamento dos consumos anómalos e preenchimento de falhas***

No que diz respeito às ***falhas no processo de recolha***, e para efeitos de planeamento da GPI, dever-se-ão:

- eliminar os registos anómalos relativos ao processo de recolha;

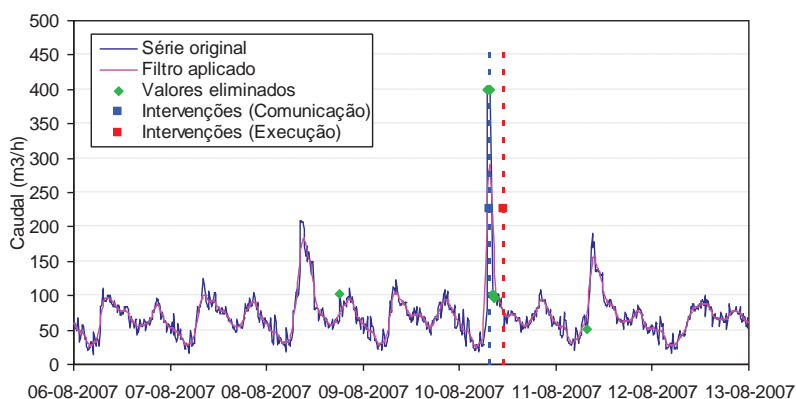
Note-se que, para efeitos de gestão do sistema, não se deverá perder esta informação, relevante para analisar a fiabilidade e a necessidade de introduzir melhorias no processo.

- preencher por interpolação as falhas correspondentes nos registos validados, como seguidamente se explica.

No que diz respeito às situações de **funcionamento do sistema fora do padrão normal**, e para efeitos de planeamento da GPI, dever-se-ão:

- eliminar os registos anómalos relativos a ocorrência de roturas;  
Note-se que, para efeitos de gestão do sistema, é não se deverá perder esta informação, relevante conhecer as alterações de consumo causadas por roturas e a frequência com que estas situações ocorrem.
- decidir, caso a caso, se deverão ou não ser incluídos na análise estatística os registos de solicitações excepcionais;
- preencher por interpolação as falhas correspondentes nos registos validados, como seguidamente se explica.

As falhas de registo decorrentes de interrupções nas medições ou da eliminação de registos anómalos podem, com vantagens para a análise subsequente, ser preenchidas por interpolação, desde que sejam cumpridos alguns requisitos.



Fonte: Loureiro, 2010

**Figura 9.29 – Ocorrência de registos anómalos e respectivo tratamento**

O processo de preenchimento de falhas que se recomenda é o seguinte:

- Verificação da regularidade do passo de tempo entre os registos de caudal; o passo de tempo pode ser regular (e.g., 1 minuto, 15 minutos, 1 hora) ou irregular (e.g., o registo do caudal depende do tempo que demorou a ocorrer um impulso de caudal,

o qual por sua vez depende da resolução dos sensores);

- Pré-definição de uma duração máxima para a falha que irá ser preenchida:
  - No caso da série de caudal ser regular pode predefinir-se a duração máxima em função do passo de tempo entre registos. Como recomendação, para séries com passo de tempo não superior a 5 minutos, a duração máxima é de 30 minutos, e para séries com passo de tempo superior a 5 minutos, a duração máxima é de 1 hora;
  - No caso da série de caudal ser irregular, o facto de não se saber quando é que ocorre o próximo registo pode dificultar a identificação de uma falha. Recomenda-se uma análise cuidada da série, de forma a identificar o intervalo de tempo entre registos, a partir do qual se considera ocorrer falha;
  - Falhas com duração superiores não serão interpoladas, pois o não conhecimento sobre a verdadeira distribuição do caudal ao longo do tempo pode levar a erros significativos, particularmente importantes na estimativa das perdas de água e na realização de balanços hídricos.
- Interpolação linear entre registos e identificação dos dias com elevada percentagem de registos com falhas, pois nestes dias o valor médio de caudal é pouco fiável.

### ***Normalização dos dados***

A normalização dos dados consiste no processo de conversão dos registos validados num formato pré-definido adequado aos usos pretendidos. Tem em vista reduzir o volume de dados a arquivar e facilitar a análise subsequente. Requer:

- definição da unidade de caudal;
- definição da dimensão de um intervalo para o qual se passam a guardar os consumos médios respectivos (e.g., 15 minutos, referentes aos períodos entre os 0-15 min; 15-30 min; 30-45; e 45-60 min. de cada hora);
- conversão dos registos iniciais em valores médios para os intervalos estabelecidos;
- registo do valores normalizados num formato pré-estabelecido, para posterior consulta.



De uma forma geral, a normalização dos registos de telemetria e de outras medições de consumo de elevada frequência pode ser convertida, em média, em intervalos de 15 minutos. A dimensão dos intervalos a adoptar para normalizar registos dos contadores é maior e depende da frequência com que é feita a leitura. Pode ser diária, mensal, bimestral ou semestral.

### ***Produção de estatísticas descritivas***

A produção de estatísticas descritivas contempla:

- fase exploratória;
- cálculo das estatísticas.

A fase exploratória destina-se a identificar períodos com consumos estatisticamente diferentes, que reflectam, por exemplo, variações sazonais, variações entre meses do ano, semanas do mês, dias da semana ou horas do dia. Em geral, o mais relevante é a identificação de períodos sazonais, de dias da semana com comportamento diferenciado (e.g., dias úteis, sábados e domingos) e de períodos do dia onde tendam a ocorrer os consumos máximos, os médios e os mínimos.

O cálculo de estatísticas contempla, no mínimo, os valores médios e os desvios-padrão para cada um dos períodos identificados na fase exploratória. Muitas vezes justifica-se o cálculo de medianas (que são menos afectadas pelo ocorrência de valores esporádicos excepcionalmente altos ou excepcionalmente baixos), bem como o cálculo dos outros quartis (0, 25, 75 e 100) e de estatísticas que traduzam a eventual assimetria de valores em torno da média (e.g., coeficiente de assimetria).

### ***Modelação estatística do consumo de água***

A modelação estatística do consumo de água para efeitos de apoio ao planeamento da GPI pode atingir um grau de sofisticação muito variado (Loureiro, 2010), limitando-se esta secção aos processos mais básicos, que contemplam:

- ajustamento de distribuições estatísticas aos registos de consumo com comportamento aleatório;
- cálculo de padrões normalizados de consumo;
- análise de tendências para efeitos de previsão.

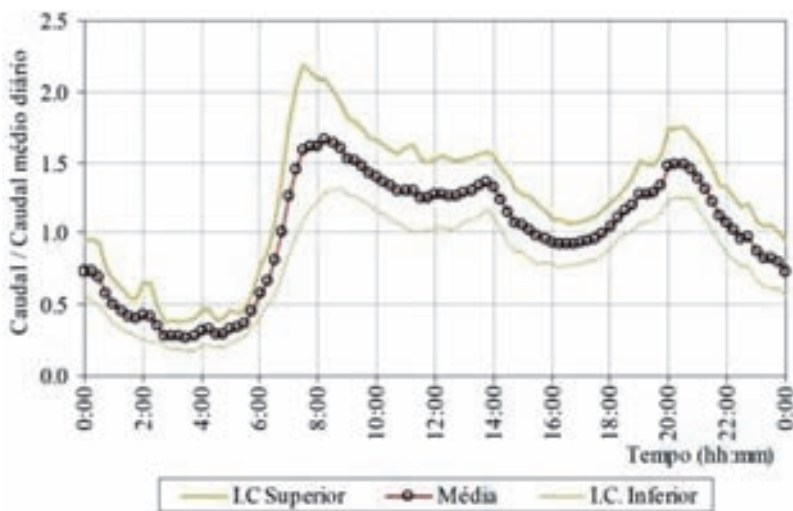
É importante salientar que o ajustamento de distribuições estatísticas não é válido quando os registos de consumo em análise

são interdependentes, ou provêm de populações estatisticamente diferentes. Exemplificando, não é válido tentar ajustar uma distribuição ao conjunto de dados de consumo horário de um dado mês, quando se sabe que, tipicamente, os consumos variam com a hora do dia e com o dia da semana (*i.e.*, a população estatística não é a mesma para todos os dados); acresce que são interdependentes, visto que o consumo numa dada hora depende do consumo na hora anterior. Já é válido fazê-lo, por exemplo, para todos os valores de caudal médio verificado a uma dada hora (*e.g.*, 10:00-11:00), nos dias úteis de um período do ano com comportamento aproximadamente uniforme (*e.g.*, inverno).

O cálculo de padrões normalizados de consumo tem como objectivo conhecer os comportamentos médios para cada período do dia, da semana ou do ano. Esta informação é muito importante para o diagnóstico do funcionamento hidráulico dos sistemas e para o dimensionamento e análise de intervenções de reabilitação.

A Figura 9.30 apresenta um padrão diário de consumo estimado de acordo com a abordagem apresentada por Coelho (1988) e desenvolvida por Loureiro (2010). De acordo com esta abordagem, cada instante do padrão pode ser caracterizado por estatísticas (*e.g.*, média, percentis, intervalos de predição) que sintetizam o comportamento de uma amostra transversal de consumo durante um determinado período de tempo. A figura apresenta um exemplo de um padrão diário de consumo adimensional, cujo passo de tempo é de 15 minutos e onde cada instante é representado pela média e pelo respectivo intervalo de predição a 95% (Loureiro, 2010).

Um intervalo de predição fornece uma estimativa do intervalo ao qual futuras observações de consumo deverão pertencer, dada uma amostra observada. Os intervalos de predição distinguem-se dos intervalos de confiança, uma vez que prevêm a distribuição de novos valores de consumo e não de estatísticas com a média da população. Um intervalo de predição a 95% significa que, em média, 95 de entre 100 novas observações de consumo estão compreendidas dentro dos intervalos construídos.



Fonte: Loureiro, 2010

**Figura 9.30 – Padrão diário adimensional de consumo para dia útil**

As análises de tendência para efeitos de previsão podem ser elaboradas com base em técnicas muito variadas. Podem ir desde técnicas simples do ponto de vista matemático, baseadas em representações gráficas e extrapolação visual de tendências de evolução, a técnicas estatísticas tradicionais, tais como modelos autoregressivos, de média volante (*moving average*) e ARIMA (*autoregressive integrated moving average*) (Coelho, 1988), ou a técnicas mais modernas, baseadas em algoritmos de inteligência artificial (Ghiassi *et al.*, 2008, Adamowski, 2008, Zhang *et al.*, 2006, Jain *et al.*, 2001).

Seja qual for o tipo de técnica, o mais importante é proceder a projecções de necessidades de consumo com base na situação de referência e nas previsões de desenvolvimento em termos de população, habitação, emprego, comércio e indústria (abastecida pelo sistema de abastecimento público), bem como dos correspondentes consumos e usos de água não domésticos. Um dos aspectos com alguma complexidade decorre da dificuldade de prever os efeitos no consumo de medidas de uso eficiente da água (Walski, 2003, Cesario, 1995, Coelho *et al.*, 2006b).

## 9.5. Instrumentos e metodologias para a modelação

### 9.5.1. Objectivos da modelação

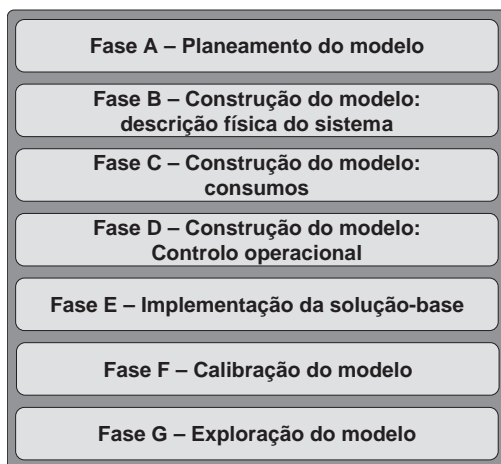
Os modelos de simulação são instrumentos indispensáveis para pôr em prática uma abordagem de GPI de sistemas de adução e distribuição de água (Coelho *et al.*, 2006b). De entre as utilizações mais comuns poderão destacar-se as relativas ao planeamento de intervenções de GPI:

- o dimensionamento das alterações ao sistema, através da procura das melhores topologias, da escolha de diâmetros e materiais para as condutas, e do dimensionamento de reservatórios e de instalações elevatórias;
- o apoio à elaboração de planos de desenvolvimento estratégico, com recurso à simulação das grandes opções, em escala não pormenorizada, mas com projecções no tempo, sobretudo das solicitações (consumos);
- a análise de sensibilidade do sistema a alterações que possam vir a ocorrer no futuro (*e.g.*, consumos, rugosidade, perdas);
- a previsão do funcionamento do sistema em situações excepcionais (*e.g.*, ocorrência de situações de emergência como falhas em componentes críticos ou combate a incêndios);
- o apoio à programação das intervenções de reabilitação de modo a optimizar a oportunidade dos investimentos e a minimizar o impacto negativo das obras no consumidor.

### 9.5.2. Metodologia de construção e utilização de modelos de simulação

O desenvolvimento de modelos de simulação deverá ser abordado de uma forma estruturada e sistemática, que permita garantir o melhor aproveitamento possível do esforço e recursos investidos, tanto na geração da solução inicial como na manutenção do modelo ao longo da sua vida útil.

A Figura 9.31 esquematiza o faseamento recomendado no Guia Técnico do IRAR/ERSAR Coelho *et al.* (2006b) para o desenvolvimento de um modelo.



**Figura 9.31 – Faseamento do desenvolvimento de um modelo**

Sintetizam-se seguidamente os principais objectivos e os resultados esperados de cada fase do processo de desenvolvimento, no seio de entidades gestoras, de modelos para apoio à GPI (Coelho *et al.*, 2006b). No caso de modelos destinados a simular situações futuras ou hipotéticas, a fase de calibração deverá ser substituída pela verificação de valores de parâmetros físicos e de consumos (incluindo padrões adimensionais de comportamento) a partir de sistemas contíguos, já existentes, de características semelhantes.

Fase A – Planeamento do desenvolvimento do modelo
<b>Principais objectivos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ definição do sistema a estudar, do âmbito e dos objectivos de cada projecto de modelação;</li> <li>▪ estabelecimento dos usos preferenciais e prioritários do modelo;</li> <li>▪ levantamento preliminar de disponibilidade de dados de cadastro, de facturação e operacionais;</li> <li>▪ identificação de necessidades prioritárias de dados complementares, incluindo quando necessário a apresentação de propostas de alteração de procedimentos de recolha de dados;</li> <li>▪ definição das convenções a adoptar na modelação;</li> <li>▪ definição das opções básicas de modelação;</li> <li>▪ definição da equipa de projecto na EG, incluindo o Gestor de Modelo.</li> </ul>
<b>Principais resultados:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ especificação do objecto do estudo, dos usos prioritários do modelo, do sistema de convenções adoptado, das opções básicas de modelação e da equipa envolvida.</li> </ul>

<b>Fase B – Construção do modelo – descrição da infra-estrutura física</b>
<b>Principais objectivos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ recolha de elementos necessários para a descrição física do sistema – cadastro das redes, de reservatórios, de instalações elevatórias, de válvulas utilizadas para operação e outros elementos físicos;</li> <li>▪ geração dos dados prioritários eventualmente em falta;</li> <li>▪ estruturação dos dados físicos para carregamento no modelo.</li> </ul>
<b>Principais resultados:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ficheiro computacional de modelo contendo a descrição física completa do sistema (condutas, nós, reservatórios, válvulas, estações elevatórias e outros dispositivos físicos);</li> <li>▪ relatório conciso descrevendo a forma como foram obtidos e processados os dados físicos inseridos no ficheiro computacional do modelo – se possível no formato de Fichas Técnicas de modelação.</li> </ul>

<b>Fase C – Construção do modelo – Descrição de consumos e caudais</b>
<b>Principais objectivos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ recolha e formatação de dados de medição de caudal na rede;</li> <li>▪ identificação dos dados prioritários em falta e sua geração através de campanhas de medição na rede;</li> <li>▪ análise estatística de dados de caudal, produção de padrões de consumo e tipificação de cenários;</li> <li>▪ recolha de elementos relativos à distribuição espacial de consumos na rede;</li> <li>▪ estimativa e afectação de consumos nos nós da rede;</li> <li>▪ processamento dos dados de consumo para carregamento no modelo.</li> </ul>
<b>Principais resultados:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ introdução de consumos nos nós e de padrões temporais de consumo no ficheiro computacional do modelo previamente criado – no caso de se pretender criar vários cenários de modelação, existirá pelo menos um ficheiro de modelo por cenário;</li> <li>▪ relatório conciso descrevendo os resultados da modelação de consumos, nomeadamente as características dos dados utilizados, a análise estatística e geração de padrões adimensionais, a tipificação de cenários de consumo e a estimativa e afectação de consumos aos nós da rede. O relatório deverá ainda documentar eventuais alterações relevantes a introduzir ao modo de obtenção deste tipo de informação na EG.</li> </ul>

<b>Fase D – Construção do modelo – Controlo operacional</b>
<b>Principais objectivos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ levantamento das regras de operação do sistema, nomeadamente níveis de operação de reservatórios, consignas de caudal, regulações de válvulas e bombas, e modos de operação do sistema de telegestão (caso exista);</li> <li>▪ refinamento da tipificação de cenários, baseado na nova informação recolhida;</li> <li>▪ introdução dos elementos nas Fichas Técnicas do modelo;</li> <li>▪ processamento dos dados para carregamento no modelo.</li> </ul>
<b>Principais resultados:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ introdução, nos ficheiros computacionais de modelo, dos elementos descritivos das regras operacionais de controlo, níveis de operação de reservatórios, consignas de caudal e regulações de válvulas e bombas;</li> </ul>

#### **Fase D – Construção do modelo – Controlo operacional**

##### **Principais resultados:**

- relatório conciso descrevendo as regras operacionais de controlo, níveis de operação de reservatórios, consignas de caudal e regulações de válvulas e bombas. Deverão ser devidamente documentadas as várias configurações físicas e as soluções de modelação adoptadas para as reproduzir.

#### **Fase E – Implementação da solução-base**

##### **Principais objectivos:**

- compilação dos ficheiros completos correspondentes aos cenários modelados, e estabelecimento das respectivas soluções-base (não calibradas) de modelação;
- eliminação dos erros detectáveis e afinação de opções de modelação;
- exploração das capacidades de simulação oferecidas, e primeira abordagem aos objectivos de modelação para ganho de sensibilidade ao modelo;
- desenvolvimento de um manual do modelo, por compilação e adaptação dos relatórios parcelares anteriores e das Fichas Técnicas desenvolvidas.

##### **Principais resultados:**

- versões de base plenamente funcionais do modelo, de acordo com os cenários seleccionados previamente;
- primeira versão do manual do modelo;
- relatório conciso descrevendo as versões de base do modelo e os aspectos mais relevantes da fase de eliminação dos erros detectáveis e afinação de opções de modelação.

#### **Fase F – Calibração do modelo**

##### **Principais objectivos:**

- identificação das necessidades de calibração e planificação dos trabalhos a executar;
- realização de campanhas de medição de rede (caudais e pressões) e de ensaios de perda de carga;
- calibração iterativa do modelo por comparação com os resultados de campo.

##### **Principais resultados:**

- versões calibradas e plenamente funcionais do modelo, de acordo com os cenários seleccionados previamente;
- actualização do manual do modelo;
- relatório conciso descrevendo os ensaios de perda de carga e as medições de rede efectuadas, bem como o processo de calibração do modelo.

#### **Fase G – Exploração do modelo e planeamento da gestão futura**

##### **Principais objectivos:**

- reavaliação dos objectivos prioritários para o modelo, inicialmente determinados na Fase A;
- estabelecimento do modelo em ambiente de utilização final, nos vários departamentos interessados, e exploração com vista à satisfação dos objectivos prioritários;
- estabelecimento de procedimentos de utilização do modelo;

Fase G – Exploração do modelo e planeamento da gestão futura
<b>Principais objectivos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ planeamento do desenvolvimento continuado do modelo;</li> <li>▪ estabelecimento de procedimentos de actualização do modelo;</li> <li>▪ estabelecimento de uma estratégia de formação interna;</li> <li>▪ interligação com os sistemas de informação da EG;</li> <li>▪ escolha de uma estratégia futura de <i>software</i>.</li> </ul>
<b>Principais resultados:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ versões calibradas, funcionais e actualizadas do modelo, de acordo com os cenários seleccionados previamente e com as utilizações finais decididas;</li> <li>▪ manual completo e actualizado do modelo;</li> <li>▪ estrutura interna de gestão do modelo, sob a direcção do Gestor do Modelo;</li> <li>▪ relatório final de desenvolvimento do modelo.</li> </ul>

### 9.5.3. Principais dados necessários e resultados produzidos

Os dados necessários para a construção e calibração de um modelo de simulação são:

- dados que descrevem as características dos componentes físicos do sistema, tais como condutas, reservatórios, válvulas e bombas, incluindo a referenciação de coordenadas e cotas dos nós que os definem, e o traçado da rede daí resultante;
- dados de consumo e de caudal, que reproduzem o melhor possível a distribuição espacial e o comportamento temporal das solicitações ao sistema, para os cenários a analisar; e
- dados sobre o funcionamento operacional do sistema, que reflectem o modo como os seus componentes controláveis (e.g., válvulas e grupos elevatórios) são operados para os vários cenários de funcionamento.

Qualquer destes tipos de dados se encontra pormenorizadamente descritos nos Capítulos 4 e 5 de Coelho *et al.*(2006b).

Os principais resultados de um modelo de simulação são:

- variáveis hidráulicas do escoamento nos trechos de conduta, tais como velocidades, caudais e perdas de carga totais e unitárias;
- variáveis hidráulicas em pontos discretos (e.g., intercepções de trechos de conduta, reservatórios, bombas elevatórias órgãos de controlo), tais como cotas piezométricas e pressões;
- resultados sobre o funcionamento operacional do sistema, que traduzem os pontos de funcionamento dos diversos compo-



nentes controláveis em qualquer instante simulado (e.g., estado de abertura ou fecho de válvulas, funcionamento de bombas elevatórias);

- resultados relevantes para o controlo de qualidade da água, tais como tempos de percurso, percentagem de mistura de água de cada origem de água em qualquer ponto do sistema, ou concentrações de cloro residual;

As actuais aplicações computacionais permitem apresentar os resultados sob a forma de gráficos (Figura 9.32), de tabelas (Figura 9.33), ou de representações georreferenciadas (Figura 9.34).

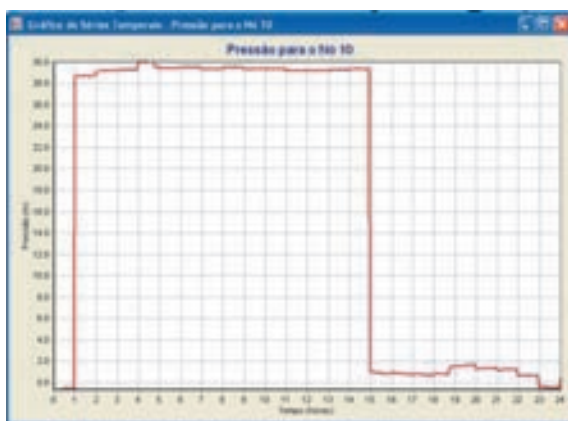


Figura 9.32 – Exemplo de resultados de modelação na forma gráfica

Id. de Nó	Classe (m)	Concentração (LPS)	Concentração (LPS)	Concentração (LPS)	Pressão (m)
Nó 10	44.0	0	0.00	34.10	38.00
Nó 15	0.0	0	0.00	41.00	38.40
Nó 20	39.0	0	0.00	41.00	38.40
Nó 25	3.0	0	100.00	40.00	42.00
Nó 30	40.0	0	0.00	40.00	42.00
Nó 35	20.0	0	0.00	41.00	38.40
Nó 40	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 45	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 50	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 55	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 60	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 65	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 70	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 75	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 80	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 85	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 90	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 95	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 100	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 105	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 110	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 115	0.0	0	0.00	38.00	38.00
Nó 120	0.0	0	0.00	38.00	38.00

Figura 9.33 – Exemplo de resultados de modelação na forma de tabela



Figura 9.34 – Exemplo de resultados de modelação na forma de representação espacial

#### 9.5.4. Principais aplicações computacionais disponíveis

Actualmente existe uma grande acessibilidade ao *hardware* e *software* de base para o desenvolvimento deste tipo de modelos. De facto, qualquer computador pessoal dos nossos dias tem capacidade para acomodar um modelo de uma rede de dimensões e complexidade consideráveis. Por outro lado, a par do *software* comercial, existe *software* de desenvolvimento de modelos que tem grande qualidade e está disponível gratuitamente, também em português. É o caso do programa EPANET, na versão elaborada e disponibilizada pelo LNEC, cujo manual de utilizador se encontra também publicado na série Guias Técnicos do IRAR/ERSAR. Este programa, desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency* (USEPA), constitui hoje em dia um *standard* mundial e a versão portuguesa está largamente difundida no meio nacional.

O uso deste programa é recomendado nos Guias Técnicos do IRAR/ERSAR pelas razões seguintes (Coelho *et al.*, 2006b):

- adequa-se bem às necessidades actuais de simulação dos sistemas de adução e distribuição de água e está traduzido para português;
- é fiável, bem documentado e beneficia de recursos de consulta importantes, como um *newsgroup* muito participado pelos melhores especialistas mundiais;
- é de utilização livre e gratuita, não havendo quaisquer restrições ao seu uso;
- dispõe, em particular, de boas capacidades para simulação da qualidade da água na rede, com algoritmos publicados e bem documentados;

- é um *standard* mundial cujo formato de dados é lido por muitos dos principais simuladores do mercado – os modelos desenvolvidos neste *software* podem eventualmente vir a ser transferidos com facilidade para outro *software*, se for opção da entidade gestora vir a adquirir, numa fase posterior, um simulador diferente.

A opção pelo EPANET permite uma abordagem simples e imediatamente disponível ao desenvolvimento dos modelos, sem custos de aquisição, potenciando toda a fase de aprendizagem e formação do *know-how* interno da entidade gestora, sem prejuízo de mais tarde ser tomada uma decisão de cariz mais definitivo, que poderá indicar a manutenção do mesmo *software* ou a opção por outro, em função da evolução dos principais sistema de informação da entidade gestora (e.g., sistema de telegestão, sistema de informação geográfica, sistema de clientes) e da oferta de alternativas existente no mercado.

A experiência adquirida com o desenvolvimento e utilização em ambiente operacional é fundamental para a procura das melhores soluções tecnológicas. A escolha do *software* de simulação deverá ser sempre objecto de revisão periódica a cada 3 a 5 anos, em função dos aspectos acima referidos e do desempenho obtido. A escolha deverá atender às necessidades e ao contexto específico da entidade, mas não deverá deixar de ter em conta os seguintes aspectos:

- o ambiente de modelação (e.g., facilidade de construção de cenários, controlo de versões do modelo, facilidade de criar relatórios à medida, capacidade de partilha de entre utilizadores);
- motor do simulador hidráulico (e.g., fiabilidade e robustez do método de resolução de equações, fiabilidade e robustez do código respectivo, velocidade de cálculo);
- capacidades básicas do simulador hidráulico (e.g., simulação estática, simulação em período alargado, capacidade de acomodar consumos dependentes da pressão);
- capacidades complementares do simulador (e.g., afectação de consumos aos nós, apoio à calibração, análise de consumos de incêndio, optimização de bombagens, simplificação das redes (*network skeletonisation*), gestão de pressões, dimensionamento de componentes, análise de regimes transitórios, optimização de pontos de amostragem de qualidade da água);

- compatibilidade com sistemas de informação geográficos (e.g., capacidade de importação e de exportação; capacidade de utilização integrada com SIG, marcas e versões de SIG para as quais essas capacidades existem);
- facilidade de ligação a outros sistemas de informação (e.g., SCADA/ bases de dados de telemedição, sistemas de manutenção, bases de dados de qualidade da água/LIMS, sistemas de clientes);
- manutenção do *software* (e.g., provas dadas de utilizações anteriores, garantia de apoio, novas versões);
- compatibilidade do simulador com outros simuladores, para facilidade de migração ao longo do tempo, bem como de comunicação com consultores e projectistas (e.g., capacidade de importação e de exportação de dados físicos, de solicitações e de controlos operacionais de/para outros simuladores, em particular o EPANET);
- preço de aquisição, de manutenção e de actualização com novas versões.

### **Outras aplicações**

Existe no mercado uma oferta alargada de programas, tais como, por exemplo:

- **InfoWater** (ArcGIS), **H<sub>2</sub>OMap Water** (Solutions Geospatial), **H<sub>2</sub>Onet** (Solutions AutoCAD); **H<sub>2</sub>OView Water** e **InfoView Water** (solução web) (MWHSOft)
- **MikeUrban** (DHI Software)
- **InfoWorks™ WS** (Wallingford Software)
- **SynerGEE Water®** (Advantica/Stoner Software)
- **WaterGEMS**, **WaterCAD**, **HAMMER**, **SCADACONnect**, **Darwin Calibrator**, **Darwin Designer** e **Skelebrator** (Bentley /Haestad Methods)
- **OptiDesigner**, **OptiGA**, **OptiUnits 1.0**, **FireFlow 2** (OptiWater)
- **Wadiso SA** (GLS Software Consulting)
- **AQUIS Operation** (7-Technologies A/S)
- **InfraSIG** (ESRI Portugal)
- **Eraclito** (PROTEO S.p.A.)
- **Stanet** (Fischer-Uhrig Engineering)

Esta lista está longe de ser exaustiva e não deverá, em circunstância alguma, ser interpretada como uma recomendação.

As características destes programas variam significativamente de caso para caso. Por se tratar de um mercado em permanente evolução, onde os fornecedores oferecem com frequência novas versões, com potencialidades diferentes, é indispensável proceder, caso a caso, a uma consulta alargada e a uma comparação cuidadosa.

## **9.6. Instrumentos e metodologias de avaliação de desempenho**

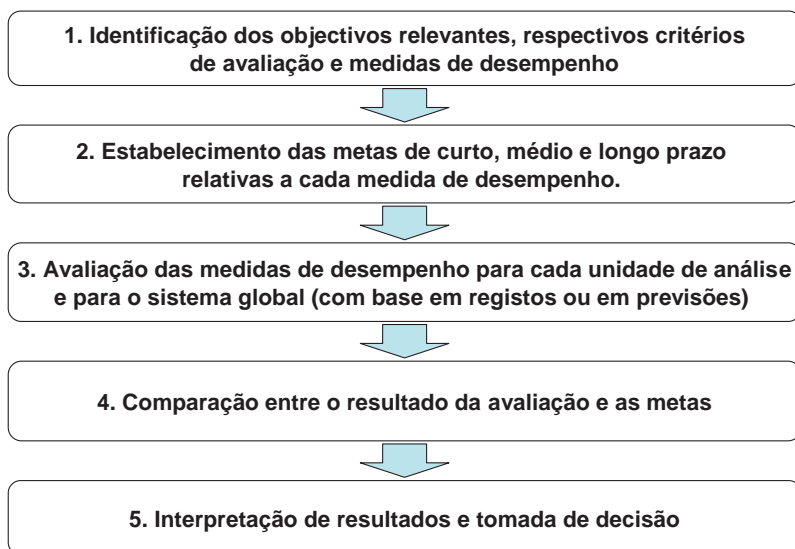
### **9.6.1. Objectivos da avaliação de desempenho**

A avaliação de desempenho dos sistemas de adução e distribuição constitui um dos pilares de uma abordagem de GPI em múltiplas fases do processo, em qualquer dos três níveis de planeamento:

- as medidas de desempenho permitem explicitar de modo claro quais são os objectivos e metas a atingir;
- a avaliação do desempenho actual e a previsão do desempenho futuro dos sistemas permite estabelecer diagnósticos dos problemas existentes e antecipar problemas;
- a previsão do desempenho correspondente a medidas alternativas de intervenção permite fundamentar a selecção das soluções a implementar;
- a monitorização dos planos estratégicos, táticos e operacionais deverá também ser feita recorrendo à avaliação real do desempenho e da sua comparação com as metas estabelecidas, de modo a identificar desvios e identificar e implementar medidas de melhoria.

### **9.6.2. Estabelecimento e implementação de um sistema de avaliação de desempenho para apoio à GPI**

A metodologia geral para estabelecimento e implementação de um sistema de avaliação de desempenho para apoio à GPI são os que se resumem na Figura A4.1. Esta metodologia é, nos seus princípios gerais, comum a qualquer dos três níveis de planeamento e a qualquer das utilizações pretendidas, e aplica-se a qualquer dos três tipos de medidas de desempenho: indicadores, índices e níveis (ver Figura 9.35).



**Figura 9.35 – Etapas de implementação do sistema de avaliação de desempenho dos componentes de uma infra-estrutura**

**Etapas 1:** Parte-se dos objectivos estabelecidos e dos respectivos critérios de avaliação para escolher as medidas de avaliação de desempenho a adoptar. Os indicadores de desempenho (ID) constituem o principal tipo de medida, em particular para efeitos de estabelecimento de um diagnóstico dos problemas actuais e monitorização da implementação dos planos de GPI. De entre os diversos sistemas de indicadores publicados, destacam-se os da International Water Association (IWA), por conterem um leque muito alargado de opções, estarem definidos com clareza e constituírem uma referência internacional que permite futuras comparações com outros sistemas e entidades (Alegre *et al.*, 2006a). O sistema de avaliação da qualidade de serviço implementado pelo IRAR/ERSAR baseia-se no sistema da IWA. Os utilizadores poderão ainda adaptar ou complementar os indicadores da IWA de modo a adaptá-lo da melhor maneira às suas necessidades. As fases do processo de GPI que requerem a previsão do desempenho futuro e a previsão do desempenho relativo a diferentes alternativas de intervenção envolvem também o cálculo de índices, para avaliação do desempenho técnico. Os sistemas de avaliação de desempenho podem ser estruturados de várias formas. Os indicadores dos sistemas da IWA estão estruturados em grupos independentes dos objectivos para que são usados e das características específicas da organização onde são adoptados: indicadores naturais,

humanos, operacionais, infra-estruturais, de qualidade de serviço e económico-financeiros (Alegre *et al.*, 2006a). Esta estrutura foi adoptada de modo a conferir universalidade e flexibilidade de uso. Cabe aos utilizadores estruturarem as medidas de desempenho seleccionadas de acordo com os respectivos objectivos. O sistema de avaliação de desempenho deverá ser criteriosamente estabelecido e testado de modo a garantir-se robustez e perenidade. As metas poderão ser diferentes de ano para ano, mas o modo de avaliar o desempenho deverá ser tão estável quanto possível para que o registo histórico a criar seja coerente.

**Etapla 2:** A fixação de metas deve, em primeira instância, ter em conta os requisitos legais, contratuais ou regulatórios existentes. Depois, deverá ter em conta o desempenho na situação de partida, valores de referência de outros casos comparáveis e a capacidade real de intervir, em termos dos recursos disponíveis ou disponibilizáveis. As metas deverão ser exigentes, mas realistas. Por esta razão, a fixação de metas é por natureza um processo iterativo. Os resultados da monitorização são indispensáveis para aferir a capacidade de cumprimento das metas e, se necessários, para as ajustar.

**Etapla 3:** Nesta etapa recolhe-se a informação necessária e procede-se ao cálculo das medidas de desempenho seleccionadas na Etapa 2. Os resultados obtidos deverão ser integrados no registo histórico dos sistemas, áreas de análise ou componentes a que se referem e ser calculados com a periodicidade que for considerada como a mais adequada.

A forma de avaliação das medidas de desempenho depende da natureza da medida e de se tratar de um cálculo baseado em registos ou em previsões.

O cálculo de indicadores de desempenho com base em **registos** requer a recolha de dados, a avaliação da respectiva fiabilidade e exactidão e a aplicação da expressão de cálculo do indicador.

O cálculo de índices ou de indicadores com base em **previsões** requer, em geral, o uso de instrumentos e metodologias complementares, tais como o recurso à modelação e à previsão de falhas.

É importante **normalizar** e **automatizar**, tanto quanto possível, o processo de avaliação do desempenho, de modo a minimizar o tempo de recolha e processamento de dados e cálculo das medidas. Os **procedimentos** de recolha de informação e cálculo

das medidas de desempenho deverão estar claramente definidos, preferencialmente de forma escrita. Estes procedimentos deverão incluir a atribuição de responsabilidades sobre quem executa cada tarefa.

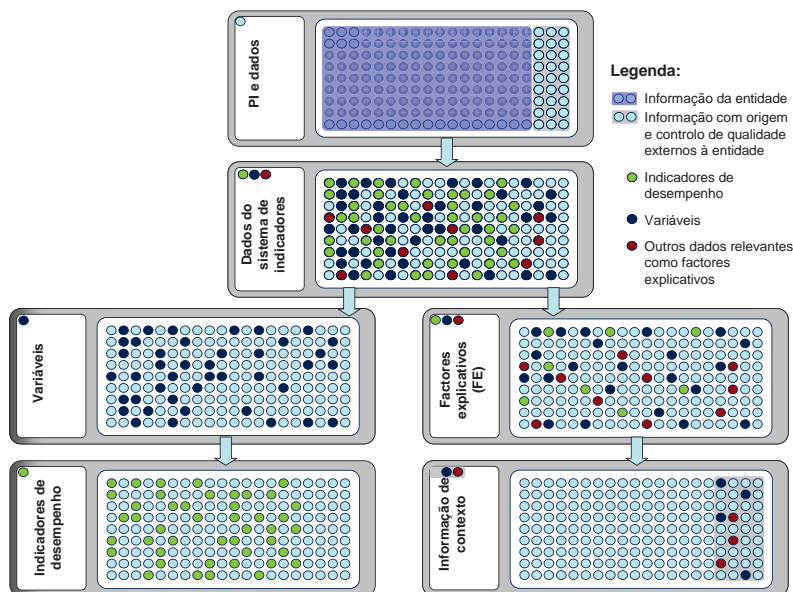
**Etapas 4 e 5:** É a comparação entre os resultados da avaliação e as metas estabelecidas que irá permitir identificar problemas, desvios e oportunidades de melhoria. A interpretação dos resultados, devidamente contextualizada com outros factores de decisão eventualmente existentes (*e.g.*, de ordem política), permite tomar as decisões de intervenção de modo sustentado. Nos Capítulos 5, 6 e 7, exemplifica-se como estas etapas podem ser realizadas.

### 9.6.3. Indicadores de desempenho

Qualquer que seja o sistema de indicadores de desempenho a adoptar pela entidade gestora, e em particular para apoio à GPI, deverá cumprir as recomendações preconizados pela IWA (Alegre *et al.*, 2006a), cujos princípios gerais foram adoptados nas normas ISO 24510: “Guidelines for the improvement and for the assessment of the service to users” (ISO 24510, 2007) e ISO 24512: “Guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services” (ISO 24512, 2007) e constituem também a base dos sistemas de indicadores de desempenho da ERSAR (Baptista *et al.*, 2009).

Segundo Alegre *et al.* (2006a), os sistemas de indicadores de desempenho deverão ser constituídos por indicadores de desempenho, por variáveis (*i.e.*, dados usados no cálculo dos indicadores), por informação de contexto (*i.e.*, informação sobre os aspectos que podem condicionar o valor dos indicadores utilizados, mas que não dependem de acções de gestão de curto prazo) e por factores explicativos (*i.e.*, indicadores, variáveis ou outros dados que ajudem a interpretar os valores dos indicadores e a identificar medidas de melhoria). A Figura 9.36 apresenta esquematicamente os componentes do sistema de indicadores de desempenho da IWA e os fluxos de dados que ocorrem.





Fonte: Alegre, 2007

**Figura 9.36 – Sistema de indicadores de desempenho da IWA**

A selecção dos indicadores deverá cumprir um conjunto de requisitos relativos a cada indicador, individualmente, e relativos ao conjunto de indicadores.

Individualmente, cada indicador requer:

- definição rigorosa, com atribuição de significado conciso e interpretação inequívoca;
- possibilidade de cálculo pela globalidade das entidades gestoras sem esforço adicional significativo;
- possibilidade de verificação por entidades independentes, o que assume especial importância se se destinarem à utilização por entidades reguladoras, que poderão requerer a realização de auditorias externas;
- simplicidade e facilidade de interpretação;
- medição quantificada, objectiva e imparcial sob um aspecto específico do desempenho da entidades gestora, de modo a evitar julgamentos subjectivos ou distorcidos.

Colectivamente, os indicadores deverão ser definidos de forma a garantir os seguintes requisitos:

- adequação à representação dos principais aspectos relevantes do desempenho da entidade gestora, permitindo uma representação global;
- ausência de sobreposição em significado ou em objectivos entre indicadores;
- referência ao mesmo período de tempo (um ano é o período de avaliação recomendado);
- referência à mesma zona geográfica, que deverá estar bem delimitada e coincidir com a área de intervenção da entidade gestora relativa ao serviço em análise;
- referência a um determinado período de tempo (um ano é o período de avaliação recomendado, embora em certos casos outras unidades temporais possam ser mais adequadas);
- aplicabilidade a entidades gestoras com características e graus de desenvolvimento diversos.

Cada indicador e cada variável deverão ser claramente definidos. A Figura 9.37 ilustra uma forma de apresentação de um indicador, na forma de uma ficha onde consta o código, a designação, uma descrição, a expressão de cálculo, as unidades e informação adicional relativa a definições ou a aspectos a ter em conta na interpretação.

Op16 – Reabilitação de condutas (%/ano)
(Comprimento das condutas de adução e distribuição reabilitadas durante o período de referência x 365 / duração do período de referência) / comprimento de condutas x 100
$Op16 = (D20 \times 365 / H1) / C8 \times 100$ or
$Op16 = Op17 + Op18$
C8 – Comprimento de condutas (km)
D20 – Reabilitação de condutas (km)
H1 – Duração do período de referência (dia)
Recomenda-se que este indicador não seja utilizado para períodos inferiores a um ano porque os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação. Preferencialmente, deverão ser analisados valores anuais em conjuntos de vários anos. Se por algum motivo o período de referência utilizado for inferior ao ano, as comparações internas deverão ser feitas com prudência e deverão ser evitadas comparações externas.
N.T.: Este indicador integra o sistema de avaliação desempenho da ERSAR.

**Figura 9.37 – Exemplo de ficha de definição de um indicador de desempenho**

Os sistemas de indicadores de desempenho da IWA constituem um bom ponto de partida para selecção de indicadores de apoio à GPI, dado que, para além de cumprirem estes requisitos, contêm

diversos indicadores relevantes para a avaliação do desempenho das infra-estruturas, em especial nos grupos “ID de indicadores de qualidade de serviço”, “ID operacionais” e “ID infra-estruturais”.

O sistema CARE-W (ver Secção 9.10.3) recomenda um sistema de indicadores de desempenho para apoio à reabilitação de redes de distribuição de água que adopta um subconjunto dos indicadores da IWA, complementando-o com outros considerados relevantes. O Anexo III reproduz a lista de indicadores de desempenho do sistema CARE-W.

#### **9.6.4. Utilização de índices para avaliação do desempenho técnico**

O sistema de indicadores de desempenho pode ser complementado com o uso de níveis de desempenho técnico. O objectivo da abordagem de avaliação do desempenho técnico é permitir a adopção de um procedimento normalizado para medir o desempenho presente ou passado e prever o futuro de um sistema ou dos seus elementos, sob pontos de vista considerados relevantes e condições de funcionamento ou de configuração diferentes. Destina-se a apoiar os decisores no processo de estabelecimento de diagnósticos ou de previsão do comportamento dos sistemas face a cenários de projecto e de operação diversificados, de curto ou de longo prazo. Permite que os processos de tomada de decisão assentem em informações mais estruturadas e sintéticas do que tradicionalmente.

A metodologia de avaliação de desempenho técnico consiste na selecção, definição, cálculo, representação gráfica e interpretação de índices de desempenho técnico.

O potencial da avaliação do desempenho técnico no contexto da GPI é grande, já que permite quantificar o desempenho previsível dos sistemas ao longo do ciclo de vida dos seus componentes.

Os índices de desempenho técnico avaliam o comportamento de cada elemento do sistema em análise comparando-o com valores de referência, para cada um dos pontos de vista seleccionados, relacionados com aspectos hidráulicos, de fiabilidade, de consumo energético, de qualidade da água, ou outros. Para cada ponto de vista escolhido é necessário definir objectivos precisos e critérios de avaliação, expressos em termos de variáveis de estado representativas.

Para cada elemento do sistema (*i.e.*, nó ou trecho de conduta ou colector), calculam-se os valores das variáveis de estado esco-

lhidas com base em ferramentas tais como modelos de simulação hidráulica e de qualidade, de análise de fiabilidade, de análise de falhas, de análise de consumo de energia. Funções de penalidade, adaptáveis pelos utilizadores, permitem converter o valor da variável de estado num valor de desempenho, a variar, por exemplo, entre um valor mínimo, correspondente a ausência de serviço ou a interrupção de serviço, e um valor máximo, correspondente a um desempenho óptimo<sup>7</sup>.

A metodologia de avaliação de desempenho técnico, tal como actualmente conhecida, foi originalmente estabelecida no LNEC, no domínio dos sistemas de distribuição de água. Os fundamentos foram criados e utilizados por Alegre (1992) e a metodologia posteriormente desenvolvida e formalizada por Coelho (1997) e por Coelho e Alegre (1999). Estes autores definiram os princípios e o enquadramento geral, e exploraram em particular o desempenho hidráulico, de qualidade da água e de fiabilidade topológica das redes.

Coelho (1997) explorou o uso das seguintes variáveis de estado, adoptando uma curva de penalidade e uma função generalizadora para cada uma:

- pressão nos nós;
- flutuação diária de pressão nos nós;
- velocidade nas condutas;
- tempo de percurso da água;
- concentração de cloro residual;
- entropia (como medida da fiabilidade hidráulica).

A Figura 9.38 mostra as curvas de penalidade propostas por Alegre (1992) e por Coelho (1997) para as variáveis de estado “pressão”, “flutuação de pressão” e “velocidade”.

---

<sup>7</sup> Nos trabalhos publicados têm vindo a usadas escalas diversas: 1 a 4, 0-100% ou 0-300.

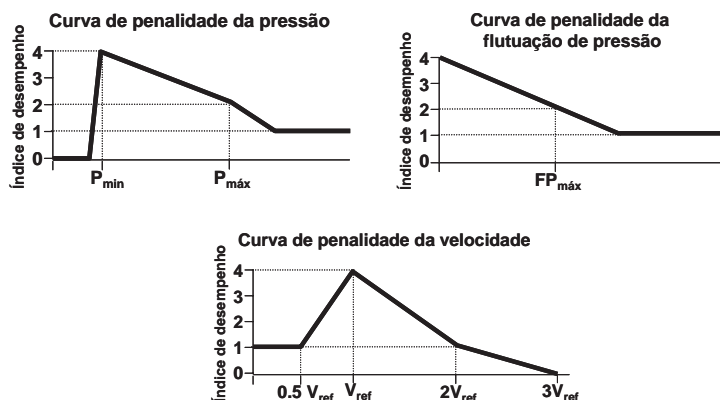


Figura 9.38 – Exemplos de curvas de penalidade

A curva de penalidade da pressão, por exemplo, mostra que tanto as pressões insuficientes como as pressões excessivas são penalizadas. O desempenho ideal em termos de pressão num dado nó é o que corresponde à pressão mínima necessária para fornecer o serviço aos consumidores em boas condições. Valores superiores correspondem a gastos desnecessários de energia e de perdas de água.

O Instituto Superior Técnico também tem promovido diversos estudos nesta temática. Godinho (2004) explora de novo o desempenho hidráulico e a fiabilidade, sugerindo algumas alterações à metodologia original de Coelho (1997) e Coelho e Alegre (1999). Em particular, propõe uma maior decomposição dos objectivos e das respectivas variáveis de estado e curvas de penalidade (e.g., decomposição da curva de pressão numa curva de pressão mínima e noutra de pressão máxima). Araújo *et al.* (2002) e Araújo *et al.* (2004) aplicam a metodologia ao controlo de pressões e minimização de fugas, mediante a utilização de válvulas reductoras de pressão (VRP). Dias (2004) usa-a para comparar diferentes alternativas de investimento num sistema de distribuição de água, em termos de materiais de condutas, da utilização de dispositivos reductores de pressão e da utilização de diferentes padrões de consumo. Jacob (2006) e Jacob *et al.* (2006) avaliaram o desempenho hidráulico de uma zona de medição e controlo de Lisboa, no âmbito do controlo de perdas de água. Sousa (2007) desenvolve um módulo computacional de avaliação do desempenho técnico do sistema, nas vertentes técnico-hidráulica, de fiabilidade, de perdas de água, de custos de energia e, indirectamente, de qualidade da água no âmbito da análise e optimização de estratégias de operação de sistemas de adução.

Para cada cenário de operação em análise, o desempenho global do sistema é calculado para todas as variáveis de estado selecionadas, recorrendo a uma função de generalização:

$$P = W(p_i) = \sum_{i=1}^N (w_i \times p_i)$$

onde:

- $P$ : valor de desempenho global (“performance”);
- $W$ : função de agregação dos valores elementares;
- $w_i$ : peso relativo do elemento  $i$ ;
- $p_i$ : valor do desempenho no elemento  $i$ .

Estas funções podem variar com a variável de estado. As funções generalizadoras que têm sido mais frequentemente usadas são médias ponderadas, adoptando pesos tais como o volume do trecho de tubagem, o número de ramais, o consumo/rejeição no nó, ou outros.

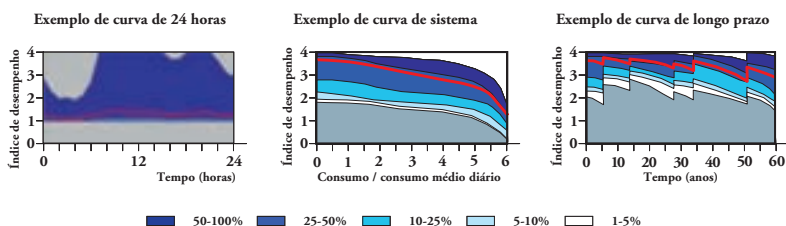
O Quadro 9.1 mostra, a título ilustrativo, os objectivos e as funções generalizadoras usadas no caso de estudo da rede de distribuição de água da Brandoa, na Amadora, para o ponto de vista “funcionamento hidráulico da rede” (Alegre *et al.*, 2006b).

**Quadro 9.1 – Objectivos relativos ao ponto de vista  
“comportamento hidráulico da rede”**

Objectivo	Elemento	Variável de estado	Função generalizadora	
			Tipo	Peso
Cumprir os requisitos regulamentares de pressão mínima	Nó	Pressão nos nós	Média ponderada	Consumo médio no nó
Minimizar a pressão nos nós e cumprir os requisitos regulamentares a este respeito	Nó	Pressão nos nós	Média ponderada	Consumo médio no nó (conforto do utilizador)
				Semi-soma dos comprimentos dos troços confluentes (minimização de perdas de água)
Minimizar a flutuação diária de pressão e cumprir os requisitos regulamentares a este respeito	Nó	Pressão nos nós	Média ponderada	Consumo médio no nó
Cumprir os requisitos regulamentares de velocidade mínima	Troço	Velocidade nos troços	Média ponderada	Diâmetro x comprimento do troço
Cumprir os requisitos regulamentares de velocidade máxima	Troço	Velocidade nos troços	Média ponderada	Diâmetro x comprimento do troço

Até recentemente, os tipos de gráficos produzidos eram as curvas de 24 horas, que mostram o funcionamento do sistema ao longo do dia, e as curvas de sistema, que mostram o desempenho do sistema para solicitações continuamente crescentes. Os gráficos representam o desempenho do sistema, na sua globalidade. Incluem também curvas correspondentes aos quartis, de modo a mostrar a dispersão de comportamento dos elementos individuais. Recentemente, e já numa óptica de GPI, começaram a explorar-se novos tipos de representação, sendo aplicados, por agora, a sistemas de distribuição de água. Flexibilizaram-se as curvas tradicionais permitindo ao utilizador especificar os percentis a representar, criaram-se curvas de desempenho a longo prazo com possibilidade

de simular o efeito de intervenções de reabilitação (ou outras, tais como alteração do modo de operação ou alteração das práticas de manutenção) e estão a ser exploradas representações da rede com a representação do desempenho (mínimo, médio ou máximo) em cada elemento, relativo a um período alargado de simulação (Figuras 9.39 e 9.40) (Alegre, 2007, Duarte *et al.*, 2005).



**Figura 9.39 – Exemplos de curvas de 24 horas de sistema e de longo prazo**

As representações geográficas diferem das que se podem obter com programas de simulação em dois aspectos principais:

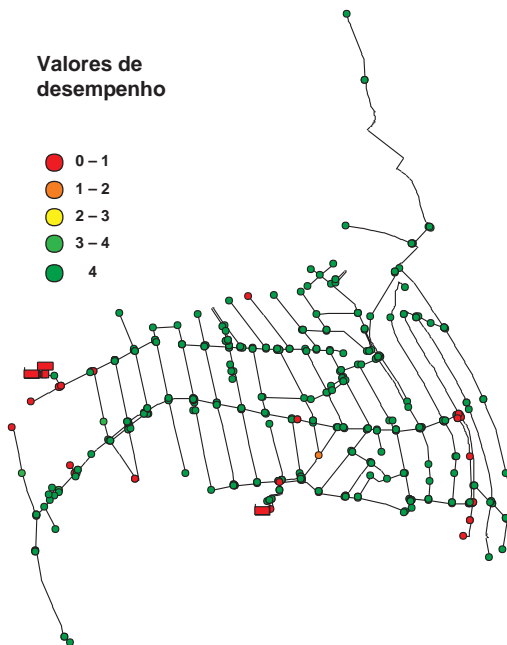
- Não correspondem a um instante, mas sim a uma projecção num plano de dimensão “tempo”. Note-se que as situações mais gravosas de desempenho podem não ocorrer simultaneamente em todos os elementos do sistema. Um dos exemplos mais evidentes é o dos tempos de percurso relativos a cada elemento do sistema;
- O que se representa é o índice de desempenho e não a variável de estado. Quando a curva de penalidade é idêntica para todos os elementos da rede, os dois tipos de representação são equivalentes. Nos restantes casos (e.g., a velocidade máxima admissível depende do diâmetro da conduta, a pressão mínima admissível pode depender da altura dos edifícios a abastecer) a representação dos índices de desempenho é mais útil para o processo de tomada de decisão.



Desempenho correspondente aos valores mínimos de pressão em cada nó, no período em análise

Valores de desempenho

- 0 – 1
- 1 – 2
- 2 – 3
- 3 – 4
- 4



**Figura 9.40 – Exemplo de representação geográfica com projecção temporal num plano**

As principais vantagens deste sistema de avaliação de desempenho são:

- existência de um quadro comum para medir o desempenho de pontos de vista diferentes;
- produção de gráficos muito sintéticos que permitem a um utilizador com algum treino a percepção muito rápida de um volume muito elevado de informação sobre o sistema em análise;
- produção de informação de desempenho com potencial de uso no âmbito de algoritmos de optimização multicritério do desempenho.

### 9.6.5. Aplicações computacionais disponíveis

Alguns dos sistemas de avaliação de desempenho publicados estão associados a aplicações computacionais. Estão nesta situação, por exemplo:

- Os sistemas de indicadores de desempenho da IWA, que pode ser aplicado utilizando o programa SIGMALITE ([www.sigmalite.com](http://www.sigmalite.com));
- o sistema de indicadores de desempenho do banco mundial, IBNET ([www.ib-net.org/](http://www.ib-net.org/));
- o sistema de indicadores de desempenho da ERSAR, que permite a introdução de dados através da extranet daquela entidade reguladora ([www.ersar.pt](http://www.ersar.pt));
- o sistema de indicadores de desempenho do sistema CARE-W, que pode ser aplicado utilizando a aplicação PI-Tool (ver Secção 9.10.3.).

Destes, o PI-tool é o que mais facilmente se adequa ao contexto específico da GPI.

Faz-se notar que nenhuma das aplicações referidas permite ao utilizador definir facilmente os próprios indicadores. Por esta razão, e dada a simplicidade dos cálculos envolvidos, existe um elevado número de aplicações de uso restrito, maioritariamente desenvolvidas em folha de cálculo, destinadas a resolver as necessidades directas de um utilizador ou de um tipo de utilização específicos.

Tanto o LNEC como o IST dispõem de diversos protótipos que se inserem neste grupo (e.g., Vieira *et al.*, 2008).

## 9.7. Instrumentos de apoio à avaliação de perdas de água

### 9.7.1. Importância da avaliação de perdas para a GPI e principais métodos

A avaliação de perdas de água é muito relevante no contexto da GPI de sistemas de adução e de distribuição de água porque:

- elevadas perdas reais (*i.e.*, decorrentes de fugas e extravasamentos) traduzem uma deficiente condição física dos sistemas, sendo a sua avaliação uma forma indirecta de identificar a existência e gravidade das deficiências (tal como referido na Secção 9.2.2);
- a existência de perdas reais elevadas tem consequências em termos da eficiência económica da organização, da eficiência de uso dos recursos hídricos e em termos de saúde pública (ver Subcapítulo 2.3. e Alegre *et al.* 2005), pelo que a redução de perdas é frequentemente uma das motivações que leva à reabilitação.

A avaliação de perdas de água é, por estas razões, uma forma de ajudar a definir prioridades de intervenção.

Os dois principais métodos de avaliação de perdas, ambos descritos nesta secção, são a elaboração de balanço hídrico e a monitorização de consumos mínimos nocturnos.

A avaliação é uma das etapas do controlo de perdas, cujo âmbito transcende o âmbito deste guia, mas que, dada a importância da temática, é objecto de um guia técnico específico (Alegre *et al.*, 2005). O controlo de perdas é importante como forma de manutenção do sistema, por permitir detectar e corrigir deficiências em componentes enterrados.

### **9.7.2. Balanço hídrico**

A principal forma de avaliação das perdas de água é a elaboração de balanços hídricos, que consistem no cálculo dos volumes correspondentes à água que é fornecida a um dado sistema, à água que é consumida de forma autorizada e à água que é perdida, diferenciando a parcela que corresponde a perdas reais (fugas e extravasamentos) da que corresponde a perdas aparentes (usos não autorizados e erros de medição). Os componentes a avaliar no âmbito de um balanço hídrico são os que se discriminam no Quadro 9.2. A metodologia a adoptar encontra-se disponível em múltiplas publicações, incluindo em outros guias técnicos do IRAR (Alegre *et al.*, 2004, Alegre *et al.*, 2006a, Alegre *et al.*, 2005, ERSAR, 2010).

A um nível estratégico de planeamento de GPI, é relevante avaliar os principais componentes do balanço hídrico para a globalidade do sistema em análise. Já a um nível tático de GPI, torna-se fundamental elaborar balanços hídricos para o sistema hidráulico principal e para cada uma das áreas de análise, desde que as perdas de água sejam um dos critérios elegidos para a decisão.

Nas situações em que o controlo activo de perdas já é uma prática implementada de modo coerente, é provável que o sistema esteja sectorizado em Zonas de Medição e Controlo (ZMC), que constituem as menores unidades para as quais é viável, do ponto de vista prático, elaborar balanços hídricos.

**Quadro 9.2 – Componentes do balanço hídrico**

Água entrada no sistema [m³/ano]	Consumo autorizado [m³/ano]	Consumo autorizado facturado [m³/ano]	Consumo facturado medido (incluindo água exportada) [m³/ano]	Água facturada [m³/ano]
			Consumo facturado não medido [m³/ano]	
	Consumo autorizado não facturado [m³/ano]		Consumo não facturado medido [m³/ano]	Água não facturada (perdas comerciais) [m³/ano]
			Consumo não facturado não medido [m³/ano]	
	Perdas de água [m³/ano]	Perdas aparentes [m³/ano]	Uso não autorizado [m³/ano]	
			Erros de medição [m³/ano]	
		Perdas reais [m³/ano]	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m³/ano]	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m³/ano]	
			Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) [m³/ano]	

Fonte: Alegre *et al.*, 2004

A elaboração do balanço hídrico é indispensável para a avaliação dos indicadores de perdas de água.

### 9.7.3. Análise da caudais nocturnos

O método dos caudais mínimos nocturnos tem por base a análise pormenorizada dos caudais durante o período de menor consumo (tipicamente o período nocturno das 2 às 4 h), durante o qual uma parte muito significativa do consumo (cerca de 70-90%) se deverá a perdas reais no sistema.

A estimativa dos componentes do caudal mínimo nocturno pode ser efectuada com base na metodologia apresentada no *Report F – Using Night Flow Data* (WRC, 1994), que resultou da experiência

prática adquirida com diversas entidades gestoras de sistemas de distribuição de água do Reino Unido. De salientar que alguns componentes de consumo e os respectivos valores de referência apresentados no referido relatório não se aplicam aos sistemas de distribuição portugueses, pelo que se deverá seguir esta metodologia com alguma prudência. Loureiro (2010) desenvolveu um estudo onde caracterizou alguns dos componentes de consumo nocturno para sistemas portugueses com características muito específicas.

## **9.8. Instrumentos e metodologias de análise e previsão de falhas em condutas (roturas)**

### **9.8.1. Principais tipos de técnicas de análise e previsão de falhas**

Uma das principais razões que levam as entidades gestoras a reabilitar as redes é a elevada frequência de roturas em condutas, que constituem o principal tipo de falha estrutural dos sistemas de adução e distribuição de água.

A análise do desempenho, do risco e do custo depende significativamente da forma como a frequência de roturas evoluir.

Dada a importância da previsão de roturas em condutas para a GPI, este tema é tratado com pormenor neste capítulo.

A previsão de ocorrência de falhas dos componentes de uma infra-estrutura constitui um caminho crítico da reabilitação e é um assunto sobre o qual tem havido elevado número de estudos e desenvolvimentos tecnológicos diversos, com muitas variantes que, de uma forma geral, se incluem num dos grupos seguintes:

- modelos baseados em análises de Markov;
- modelos baseados em regressões de Poisson;
- modelos baseados em análise de sobrevivência (“survival data analysis”);
- modelos baseados em redes neuronais.

A selecção do modelo de previsão de falhas a adoptar num dado caso deverá atender à quantidade e qualidade dos dados de base e às condições de aplicabilidade, limitações e pressupostos de base dos modelos, domínio da técnica por parte do utilizador e acesso a ferramentas de cálculo. É importante ter em conta que o uso de modelos mais sofisticados nem sempre conduz a resultados mais fiáveis.

É recomendável adoptar modelos cujos fundamentos sejam, na sua essência, conhecidos pelo utilizador, de modo a que este tenha plena consciência das potencialidades e limitações.

Nas secções seguintes descrevem-se sucintamente os quatro grupos de modelos referidos.

### 9.8.2. Modelos baseados em análises de Markov

Uma análise de Markov observa uma sequência de eventos e analisa a tendência de um evento ser seguido por outro. É útil para analisar **eventos aleatórios interdependentes**. Usando esta análise, pode gerar-se uma nova sequência de eventos aleatórios, inter-relacionados. Designa-se por processo de Markov um processo estocástico que tenha a “propriedade de Markov”, ou seja, se a distribuição da probabilidade condicional de estados futuros do processo, dado o presente estado e todos os estados passados, depende exclusivamente do estado presente e não de algum dos estados passados, *i.e.*, é condicionalmente independente dos estados passados dado o estado presente. No caso de uma conduta que esteja no estado  $y$  no tempo  $n$ , então a probabilidade de que a conduta passe do estado  $y$  para o estado  $x$  no tempo  $n + 1$ , não depende de  $n$ , mas apenas e do estado actual  $y$ . Um processo com a propriedade de Markov designa-se muitas vezes por Markoviano. Designa-se por cadeia de Markov a série de estados de um sistema que tenha a propriedade de Markov.

No caso das infra-estruturas, verifica-se que a ocorrência de uma falha de um componente está tendencialmente relacionada com a história anterior desse componente, razão pela qual os modelos de Markov são usados neste contexto. As aplicações surgem tanto no domínio do abastecimento de água (*e.g.*, Eisenbeis *et al.*, 2002, Kleiner *et al.*, 2004) como das águas residuais (*e.g.*, Micevski *et al.*, 2002, Sægrov, 2006).

A adopção de modelos de Markov requer a disponibilidade de dados sobre o histórico de falhas de todas os componentes em análise, o que constitui uma restrição importante.

### 9.8.3. Modelos baseados em regressões de Poisson

Os modelos baseados em regressões de Poisson assumem que a distribuição de Poisson descreve bem o comportamento estatístico das falhas no seio de um dado grupo. Calculam o valor médio de falhas por grupo de componentes. Os grupos são estabelecidos pelo utilizador com base em características tais como material,

diâmetro, condições de instalação, esforços a que o elemento está sujeito, etc.. A influência destes factores pode ser estudada por uma análise estatística baseada na lei de Poisson. A distribuição de Poisson é uma distribuição de probabilidade discreta. Expressa a probabilidade de um certo número de eventos ocorrerem num dado período tempo, caso estes ocorram com uma taxa média conhecida e **cada evento seja independente do tempo decorrido desde o último evento**. Ou seja, os modelos de Poisson assumem um comportamento não Markoviano.

Na distribuição de Poisson, a probabilidade de que existam exactamente  $k$  ocorrências é:

$$f(k; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

sendo  $k$ : n.º inteiro não negativo ( $k = 0, 1, 2, \dots$ );  $e$ : base do logaritmo natural ( $e = 2,71828\dots$ );  $k!$ : factorial de  $k$ ;  $\lambda$ : número real, igual ao número esperado de ocorrências que ocorrem num dado intervalo de tempo.

A utilização de modelos de Poisson é mais simples e mais adequada a situações onde se dispõe de históricos curtos. Permite tirar ilações do comportamento do grupo para o comportamento individual, pelo que o desconhecimento da história do indivíduo não é grave, desde que se conheça em que grupo se insere.

Salienta-se que admite que a ocorrência de uma falha é independente de quando ocorreu a falha anterior nesse mesmo elemento. No entanto em alguns casos, como no CARE-W, o algoritmo implementado assume que se um dado elemento em particular tem uma taxa de falhas superior à do grupo em que se insere, pode fazer-se prevalecer a sua taxa individual nos resultados. Para além do CARE-W, outro exemplo de estudo baseado nos modelos de regressão de Poisson é apresentado em Hong *et al.* (2006).

#### 9.8.4. Modelos baseados em análise de sobrevivência

De entre os modelos de sobrevivência utilizados para prever a probabilidade de falha em sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais destaca-se o modelo PHM (Proportional Hazards Model), que tem sido usado para prever falhas em condutas e colectores.

Introduzido por Cox e Oakes (1984), o PHM foi desenvolvido para estimar os efeitos de diferentes covariáveis que influenciam o tempo até à próxima falha ("time-to-failure") de um sistema.

O modelo tem sido muito usado no campo biomédico, sendo mais recente a aplicação à engenharia. Na sua forma original, o modelo é não paramétrico, ou seja, não são assumidos quaisquer pressupostos sobre a natureza ou forma da distribuição de falhas. Existe também a forma paramétrica, que adopta uma função Weibull com parâmetros que maximizam a função de máxima verosimilhança (NIST/SEMATECH, 2006).

Analisa o tempo decorrido entre a data de instalação ou falha anterior e a próxima falha ou o fim do período de observação. No modelo PHM adoptado no CARE-W, usam-se simulações de Monte-Carlo para calcular o número de falhas previsível, depois de determinar as funções de Weibull com base no número de falhas anteriores (Eisenbeis *et al.*, 2002).

Os testes realizados no âmbito do projecto CARE-W e reportados no relatório final (Sægrov, 2005) concluem que o modelo PHM é o melhor de entre as diversas alternativas analisadas, desde que exista um histórico fiável não inferior a 5 anos. Porém, os testes realizados em Portugal, no âmbito da colaboração entre o LNEC, os SMAS de Oeiras e Amadora e a AGS, conduziram a conclusões diferentes (Alegre, 2007). Identificaram-se duas limitações importantes no PHM, mesmo na situação de se dispor de um histórico que cumpra os requisitos mínimos:

- O conceito de “indivíduo” na análise biométrica é evidente; quando se trata de condutas ou de colectores a situação é muito diferente, por ser necessário convencionar qual o início e o fim do “indivíduo” condução ou colector. Verifica-se que os resultados são sensíveis às convenções utilizadas. Mesmo que se adoptem trechos com a mesma ordem de grandeza de comprimento, o estabelecimento de qual é esse comprimento não é trivial;
- O modelo considera, implicitamente, que as condutas mais antigas não tiveram falhas entre a data de instalação e o início do período sobre o qual se conhece o histórico. Quando as condutas em análise são aproximadamente contemporâneas, o modelo é válido. O mesmo não se passa nas situações – que são as mais habituais numa infra-estrutura madura – de coexistência de condutas com gamas de idades muito variáveis. Nesta situação, os resultados são enviesados, favorecendo as condutas mais antigas. A este problema acresce outro, que tem a ver com o facto de, na maioria das situações práticas, os sistemas de informação geográfica não reterem a informação sobre as condutas entretanto substituídas. Assim, as condutas



mais antigas são as “sobreviventes” que, por qualquer razão, tiveram um comportamento atípico, melhor do que o normal.

Estas conclusões foram *a posteriori* validadas em discussão conjunta com os especialistas que desenvolveram o módulo PHM do CARE-W.

#### 9.8.5. Modelos baseados em redes neurais

A ocorrência de falhas nem sempre é facilmente descrita por modelos estatísticos como os que anteriormente se apresentam. As técnicas de inteligência artificial, e em particular das redes neurais, associados ou não ao uso algoritmos genéticos, constituem uma alternativa com potencial.

As redes neurais artificiais são sistemas computacionais estruturados, numa aproximação à computação baseada em ligações. O termo “rede neuronal” decorre desta técnica se basear na interligação de nós (ou neurónios, ou unidades de processamento), formando uma rede. Trata-se de uma técnica inspirada na observação das estruturas de funcionamento do sistema nervoso animal, e em particular dos neurónios. Assim, as redes neurais artificiais (RNA) são sistemas não lineares constituídos pelos nós (ou neurónios), pelas ligações entre eles (“links”), por constantes (“bias”), por funções de aptidão (“fitness functions”) e por algoritmos de treino. Os nós podem possuir ou não memória local, e recebem e enviam sinais entre si através das ligações.

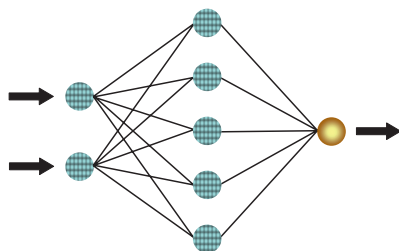


Figura 9.41 – Esquema (simplificado) de uma rede neural artificial

Matos (2008) desenvolveu uma metodologia para criação de modelos de degradação de sistemas de distribuição de água baseados no perceptrão multicamada, que é dos tipos de rede neuronal artificial. Da experiência adquirida, este autor identifica um conjunto de vantagens e de inconveniente do uso de redes neurais artificiais para este efeito. Como vantagens, destaca os seguintes aspectos:

- a conceptualização acessível do processo;
- a qualidade das previsões conseguidas, superior à alcançada por via de regressão estatística;
- o impacto, relativamente reduzido, das parametrizações na qualidade final das previsões;
- a boa capacidade de adaptação do modelo a novos dados;
- a facilidade de integração de novas variáveis no modelo;
- a generalidade da metodologia que, uma vez dominada, pode ser utilizada para fins bastante diversificados, com resultados interessantes.

Como desvantagens, aponta os seguintes aspectos:

- o treino inicial das redes neuronais artificiais pode ser um processo moroso e necessita de alguma experiência por parte de quem o executa;
- os cálculos efectuados internamente são complexos, pelo que os modelos baseados em redes neuronais artificiais são mais orientados para obter resultados do que contribuir para a compreensão teórica dos fenómenos;
- ao contrário do que alguns autores defendem, as redes neuronais artificiais têm uma capacidade de generalização limitada e, para definir os intervalos em que são válidas, é necessário um extensivo trabalho de análise de resultados.

## **9.9. Instrumentos e metodologias de análise de custos**

### **9.9.1. Objectivos da análise de custos**

No âmbito da GPI, a análise de custos tem como objectivos principais:

- conhecer o valor actual da infra-estrutura e dos seus componentes;
- avaliar os custos globais correspondentes a diferentes alternativas de intervenção (associadas à reabilitação ou a outras obras).

Existem diversos métodos para calcular o valor actual da infra-estrutura (*e.g.*, valor contabilístico, valor económico) que são abordados na Secção 9.9.4. A avaliação dos custos globais de

alternativas de intervenção pressupõe o cálculo do valor actualizado líquido dos diferentes componentes de custo (ou de custo e de benefício) incluindo os custos tangíveis para a entidade gestora, os custos intangíveis para a entidade gestora (muitas vezes também designados por custos indirectos) e as externalidades (*i.e.*, custos ou benefícios para os consumidores e para terceiros) ao longo do ciclo de vida dos componentes (ver Secção 9.9.3). Como a análise de custos envolve uma terminologia específica, a apresentação dos instrumentos e metodologias é precedida pela introdução dos conceitos básicos mais relevantes neste contexto (ver Secção 9.9.2).

### 9.9.2. Conceitos de WLC, LCC e LCA

Para a avaliação de custos globais das intervenções, preconiza-se a inclusão das principais rubricas de custo num determinado período de análise. Estas rubricas podem referir-se apenas a custos tangíveis, ou a todos os custos e benefícios (tangíveis, intangíveis e externos) no ciclo de vida dos componentes. Neste contexto, é importante clarificar os conceitos de custos tangíveis e intangíveis e de externalidades, assim como de custos no ciclo de vida completo e custos no ciclo de vida.

#### Custos tangíveis (*Tangible costs*)

Os **custos tangíveis** são custos conhecidos, calculados em unidades monetárias, associados à prestação do serviço ou à venda de um produto. Exemplos destes custos são despesas de compra e venda de produtos ou de serviços, pagamentos a funcionários e alugueres.

Nota 1: No presente guia, sempre que forem referidos *custos tangíveis* sem mencionar para que entidade, estes referem-se a *custos tangíveis para a entidade gestora* (*e.g.*, ver custos na Figura 9.42)

#### Custos intangíveis (*Intangible costs*)

Os **custos intangíveis** são custos subjectivos, não directa nem facilmente quantificáveis em unidades monetárias, associados ao impacte de uma determinada acção ou circunstância numa actividade ou para uma organização. São exemplos destes custos, a perda de produtividade, a degradação da imagem da organização perante o exterior, a moral ou motivação dos empregados.

Nota 1: Muitas vezes procura-se estimar o impacte destes custos através de métodos qualitativos, semi-quantitativos ou quantitativos (*e.g.*, unidades monetárias).

Nota 2: No presente guia, sempre que forem referidos *custos intangíveis* sem mencionar para que entidade, estes referem-se a *custos intangíveis para a entidade gestora* (*e.g.*, ver na Figura 9.42)

### Externalidades (*Externalities*)

**Externalidades** são custos ou benefícios, tangíveis ou intangíveis, não traduzidos no preço de produção ou venda do produto, para entidades externas à organização (e.g., terceiros, consumidores, meio ambiente, sociedade). No âmbito dos sistemas de abastecimento de água, são exemplos as perturbações causadas aos consumidores decorrentes da falta de água, os prejuízos nas vendas causados a terceiros decorrentes de obras de reparação da infra-estrutura, o impacto no meio ambiente decorrente da libertação de CO<sub>2</sub> em resultado da produção da energia.

A norma ISO 15686-5:2008, definida no âmbito do custo no ciclo de vida (*Life Cycle Cost, LCC*) para edifícios e bens imobiliários construídos, apresenta os conceitos de custos no ciclo de vida completo e de custos no ciclo de vida. Esta norma clarifica definições e terminologia, estabelece princípios e recomenda metodologias de cálculo e de avaliação. Apresentam-se de seguida as definições de acordo com esta norma, complementadas com notas explicativas para facilitar a interpretação dos conceitos.

### Abordagem de custos no ciclo de vida (*Life Cycle Costing*)

A **abordagem de custos no ciclo de vida** (*Life Cycle Cost, LCC*) é uma metodologia para a avaliação económica sistematizada do custo no ciclo de vida (de um componente) ao longo de um período de análise (sem incluir a fase de concepção e planeamento).

Nota 1: Os custos no ciclo de vida não incluem os custos associados à fase de concepção e planeamento (anteriores ao projecto); incluem os custos de projecto, de construção, de operação e manutenção, de ocupação (e.g., rendas, impostos pela utilização do espaço) e de desactivação (ver Figura 9.43).

Nota 2: Caso a vida útil do componente seja superior ao período de análise, deverá ser incluído nos custos o valor residual do componente como custo negativo.

### Abordagem de custos na vida completa (*Whole Life Costing*)

A **abordagem de custos na vida completa** (*Whole Life Costs, WLC*) é uma metodologia para ter em conta, de forma sistematizada e em termos económicos, todos os custos e benefícios na vida completa (de um componente) ao longo de um período de análise.

Nota 1: Os custos na vida completa incluem os custos associados à fase de concepção e planeamento (anteriores ao projecto), os custos de projecto, de construção, de operação e manutenção, de ocupação (e.g., rendas, impostos pela utilização do espaço) e de desactivação (ver Figura 9.43).

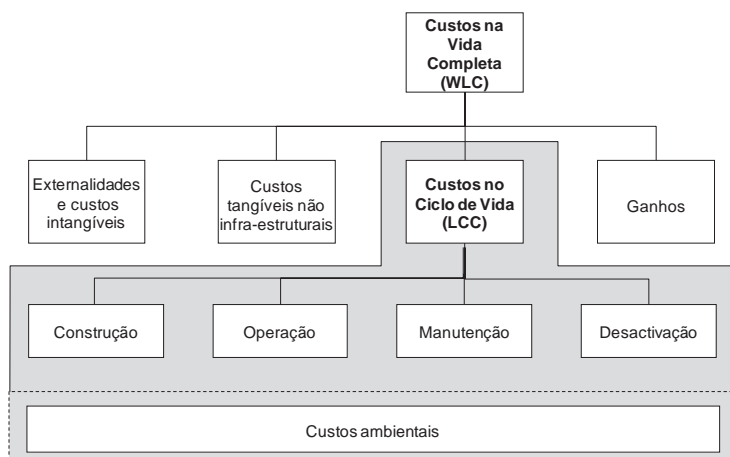
Nota 2: Os custos na vida completa deverão ter em conta todos os custos e os benefícios, tangíveis e intangíveis para a entidade gestora, assim como as externalidades (ver Figura 9.42).

Nota 3: Caso a vida útil do componente seja superior ao período de análise, deverá ser incluído nos custos o valor residual do componente como custo negativo.

A Figura 9.42 mostra a relação entre custos no ciclo de vida e custos na vida completa, tal com definido na norma ISO 15686-5:2008. A Figura 9.43 mostra também a distribuição das diferentes rubricas de custo ao longo do tempo.

Tal como referido, as externalidades incluem os custos e benefícios que a actividade tem para os consumidores, terceiros, a sociedade e o meio ambiente. Os custos intangíveis (para a entidade gestora) correspondem aos custos não directos que a actividade tem para a organização, tais como custos associados à imagem da entidade gestora. Os custos tangíveis não infra-estruturais para a entidade gestora incluem os custos tangíveis não associados à infra-estrutura, tais como, custos de planeamento, custos e benefícios financeiros, taxas e rendas. Os ganhos correspondem aos benefícios tangíveis para a entidade gestora decorrentes da actividade, tais como a venda da água e a prestação de outros serviços complementares (instalação de ramais). Os custos no ciclo de vida incluem os custos de projecto e construção, de operação e manutenção e de desactivação. De salientar a importância que os custos de desactivação das infra-estruturas assumem actualmente e que incluem o desmantelamento e remoção, e por vezes, a restauração do local ou medidas de arranjo e monitorização ambiental, que podem revelar-se bastante expressivas. Os custos no ciclo de vida podem ainda incluir também custos ambientais.

A norma ISO 15686-5:2008 refere que os custos LCC podem eventualmente incluir custos externos, desde que devidamente explicitados. Contudo, tanto nas figuras explicativas que constam nesta norma como noutros elementos bibliográficos e na generalidade das aplicações práticas, os custos **LCC** incluem apenas os **custos tangíveis para a organização** associados a cada uma das fases referidas do ciclo de vida. Os custos **WLC**, para além destes custos, incluem ainda os **ganhos**, os **custos intangíveis para a organização**, as **externalidades** e os **custos de planeamento**.



Fonte: adaptado da ISO 15686-5:2008

**Figura 9.42 – Relação entre custos no ciclo de vida e custos na vida completa e respectivos componentes de custos e benefícios**



Fonte: adaptado da ISO 15686-5:2008

**Figura 9.43 – Fases incluídas no ciclo de vida e na vida completa**

Tal como referido na Secção 2.2.1, não se pode atribuir uma vida útil (técnica) definida a uma infra-estrutura de abastecimento de

água, por ser preciso garantir de modo sustentável o serviço por ela assegurado por um período indeterminado. Assim, de um modo geral, não faz sentido considerar, para a infra-estrutura, um ciclo de vida na sua globalidade. Podem, no entanto, atribuir-se vidas úteis limitadas aos seus componentes individuais. A aplicação deste tipo de metodologia implica que:

- Se comece por escolher um período de análise suficientemente longo para conter pelo menos um ciclo de vida da generalidade dos componentes (e.g., vida útil dos componentes de maior duração);
- Se incluam os custos no ciclo de vida (ou na vida completa, consoante a abordagem escolhida) para todos os componentes do sistema objecto de análise, sem esquecer:
  - os valores correspondentes a eventuais reinvestimentos em componentes que atinjam o fim da vida útil no período em análise;
  - o valor residual dos componentes que não tenham atingido o fim da vida útil no último ano do período em análise.

Outro conceito relacionado e, por vezes, confundido com WLC e LCC é o de avaliação do ciclo de vida (*Life Cycle Assessment*, LCA). As normas ISO 14040:2006, ISO 14041:1998, 14042:2002 e 15686-5:2008 estabelecem a definição de LCA de uma forma que tem sido reconhecida como a mais abrangente e potencialmente mais eficiente para a avaliação ambiental de produtos.

Avaliação no ciclo de vida ( <i>Life Cycle Assessment</i> , LCA)
A <b>avaliação no ciclo de vida</b> é uma metodologia para a avaliação quantitativa dos impactos ambientais associados a um produto, a um sistema ou a uma actividade, através da identificação e avaliação da energia e materiais utilizados e libertados ou rejeitados para o meio ambiente durante todo o seu ciclo de vida.
Nota 1: A base da LCA é o inventário do ciclo de vida, ou seja, a quantificação de todas as cargas ambientais, desde o início de produção até à desactivação ou à reutilização de um produto.
Nota 2: A LCA pode ser utilizada para quantificar os custos associados às externalidades ambientais e, assim, ser utilizada como apoio às decisões à abordagem de custos na vida completa.

### 9.9.3. Custo de substituição, valor actual da infra-estrutura e índice de valor da infra-estrutura

Uma abordagem de GPI tem em vista racionalizar investimentos e otimizar a eficiência económico-financeira das organizações, assegurando a sustentabilidade do serviço. Assim, a forma como

os custos são avaliados e utilizados é determinante para que se possa saber quanto valeria uma infra-estrutura equivalente mas totalmente nova (*i.e.*, quanto é o custo de substituição) e quanto vale a infra-estrutura existente (*i.e.*, quanto é o valor actual).

### **Custo de substituição**

O custo de substituição (*Current Replacement Cost*, CRC) é o custo de substituir o bem por outro com as mesmas características. Embora o custo de substituição possa ser calculado de diferentes formas, USEPA (2005) refere que a forma mais adequada é através da metodologia *Modern Equivalent Engineering Replacement Asset* (MEERA), que se baseia na análise pormenorizada de custos *in situ*.

Nas situações de rápida evolução tecnológica, em que o activo a valorizar pode já não se encontrar no mercado, a USEPA (2005) recomenda a utilização da metodologia *Modern Equivalent Asset* (MEA). De acordo com esta metodologia, os activos são valorizados com base no preço que a empresa teria que pagar para os trocar por um activo equivalente que utilize uma tecnologia de mercado mais moderna. Se o activo equivalente engloba uma funcionalidade não existente no activo da entidade gestora, o valor desta funcionalidade deverá ser deduzido. Por outro lado, o activo equivalente poderá ter uma esperança de vida útil diferente, bem como custos de manutenção, de reparação e de operação também diferentes, o que implica ajustamentos no cálculo das depreciações anuais que lhes correspondem. Estes ajustamentos revestem-se de alguma subjectividade, o que confere a este método alguma complexidade e torna necessário justificar e documentar todo o processo de valorização de activos. No caso de sistemas de adução e de distribuição de água, a utilização desta metodologia pode ser mais justificável no caso de equipamentos (*e.g.*, grupos elevatórios, equipamento de manobra e controlo, equipamento de medição) pela evolução tecnológica da indústria. Nos componentes de construção civil, a questão de obsolescência é muito menos significativa, embora possa acontecer, por exemplo, caso os materiais existentes tenham deixado de ser utilizados.

De um ponto de vista prático, recomenda-se a adopção de valores de substituição de referência estabelecidos em termos unitários. Por exemplo, para condutas, valores unitários definidos por gama de diâmetro, tipo de material, tipo de pavimento a repor, entre outras particularidades da instalação (*e.g.*, tipo de terreno).

Outra forma de obter custos de substituição é pela conversão a preços constantes do valor de aquisição dos diversos componentes,



se existir histórico credível desta informação. Em geral, esta via é mais difícil de operacionalizar dado nem sempre existir um valor de aquisição registado no património. Mesmo quando existe registo do valor de aquisição nem sempre corresponde aos activos efectivamente em funcionamento, por não incorporar adequadamente as parcelas que concorreram para os colocarem na localização e na condição necessária ao funcionamento pretendido, ou por não se poder assegurar que os abates foram efectuados adequadamente quando ocorreram intervenções de substituição.

### **Valor actual da infra-estrutura**

As formas de valorização apresentadas conduzem a custos do activo na situação de novo. O valor actual real deverá ter em conta a depreciação, ou seja, cada activo assume um valor correspondente ao valor de substituição deduzido da amortização acumulada. Esta diferença equivale ao valor residual.

A amortização dos activos pode ser feita de acordo com um método contabilístico ou com um método económico (ANACOM, 2005):

- **Método de amortização contabilística:** os custos a reconhecer no ano são os custos referentes às amortizações que constam das contas estatutárias das organizações. Este método distribui o custo histórico dos activos pelo período de vida útil contabilística (ver Secção 2.2.1). Não tem em conta possíveis variações no valor do activo, pelo que estas não são incorporadas no custo deste. É um conceito estático, que se assume no início da vida útil do activo;
- **Método de amortização económica:** este método calcula, em cada período, o custo associado à utilização do activo naquele período, tendo em conta a alteração do valor económico do activo nesse período, a revisão da sua vida útil e a actualização dos *cash-flows* que este ainda pode gerar. Assim, as amortizações podem ser ajustadas de ano para ano em função da variação do valor económico do activo e da sua vida útil.

Tomada uma decisão sobre o método de valorização do activo em perfeito estado de conservação, o método de amortização e a vida útil, está-se em condições de calcular o valor actual dos activos. Recomenda-se que, de um ponto de vista prático, o valor actual de cada activo seja calculado do seguinte modo:

- atribui-se uma vida útil técnica média a cada tipo de activo;
- calcula-se o valor da amortização anual dado pela razão entre o custo de substituição e a vida útil técnica média;

- em função da idade, calcula-se a vida útil residual;
- se se justificar e houver informação credível, a vida útil residual pode ser corrigida (majorada ou minorada) em função do estado de conservação;
- calcula-se o valor actual do activo pelo produto do valor da amortização anual pela vida útil residual corrigida.

O valor actual da infra-estrutura é dado pela soma do valor residual de todos os componentes.

### ***Índice de valor da infra-estrutura***

O índice de valor da infra-estrutura (*infrastructure index value*, IVI) é uma medida que traduz o grau de juventude, de maturidade ou de envelhecimento de uma infra-estrutura. É dado pela razão entre o valor actual da infra-estrutura e o respectivo valor de substituição (Alegre, 2007). É uma medida adequada para definir metas relativas a critérios de sustentabilidade infra-estrutural, como sugerido nos Capítulos 5, 6 e 8.

Se se dividir o valor actual dos activos pelo valor de substituição correspondente obtém-se um índice, que se designa por índice de valor da infra-estrutura e que se calcula de acordo com a seguinte expressão:

$$IVI(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \left( CS_{i,t} \cdot \frac{vr_{i,t}}{vu_i} \right)}{\sum_{i=1}^N CS_{i,t}}$$

em que:

- $t$ : ano em que se está a fazer a avaliação [ano];
- $IVI(t)$ : índice de valor da infra-estrutura no ano  $t$  [-];
- $N$ : n.º total de activos [-];
- $CS_{i,t}$ : custo de substituição do activo  $i$  no ano  $t$  [€];
- $vr_{i,t}$ : vida útil residual do activo  $i$  no ano  $t$  [ano];
- $vu_i$ : vida útil técnica total do activo  $i$  [ano].

Para um componente único, o índice de valor da infra-estrutura representa a razão entre a vida residual e a vida útil, ou seja, a percentagem de vida útil que o componente ainda tem.

O IVI apresenta valores da ordem dos 0,50<sup>8</sup> (0,40-0,60) para situações de infra-estruturas estabilizadas, em que o que se investe em reabilitação num dado período corresponde, em média, à depreciação da infra-estrutura no mesmo período.

Valores muito acima dos 0,50 indiciam que se trata de uma das seguintes situações:

- infra-estruturas jovens, ainda não estabilizadas (e.g., actuais sistemas multimunicipais de primeira geração);
- infra-estruturas que, embora já antigas, atravessam uma fase de crescimento;
- infra-estruturas onde se está a sobre-investir em reabilitação.

Valores baixos de IVI (*i.e.*,  $IVI < 0,40$ ) indicam que a infra-estrutura se encontra envelhecida e necessita de investimentos significativos em reabilitação.

#### 9.9.4. Valor actual líquido

A comparação de alternativas de intervenção na infra-estrutura, em termos de custos, deverá ser feita utilizando todos os custos tangíveis e intangíveis e externalidades num período alargado de análise, incorporando os princípios das abordagens LCC e WLC. Para o efeito, é necessário utilizar um critério comum de cálculo do custo ou do benefício associado a cada alternativa analisada, para poder efectuar comparações.

O método mais adequado e divulgado consiste no cálculo do valor actual líquido (VAL), ou *net present value* (NPV) na terminologia inglesa. O VAL resulta do somatório dos *cash-flows* anuais actualizados a uma taxa escolhida (taxa de actualização), e deduzidos do montante, actualizado à mesma taxa, dos investimentos. O *cash-flow* é dado pelo balanço entre os benefícios e os custos totais num dado ano. Nas abordagens mais clássicas, o VAL entra em conta apenas com as receitas líquidas e os custos tangíveis de investimento e de operação e manutenção. Nas abordagens LCC e WLC, o VAL é calculado com todas as rubricas referidas na secção anterior.

Em intervenções de reabilitação, os benefícios tangíveis decorrentes da venda de serviço não são de um modo geral alterados

---

<sup>8</sup> O mesmo será dizer que o valor actual da infra-estrutura é 50% do valor de substituição da mesma.

de modo significativo. De facto, dado o abastecimento de água ser um serviço de monopólio natural, este tipo de intervenções não conduz, em geral, à angariação de novos clientes decorrentes de uma melhor oferta em termos de qualidade de serviço. Assim, os benefícios associados a intervenções de reabilitação são apenas em termos de ganhos de eficiência e de imagem perante o exterior. Por esta razão, em vez de calcular os custos e os benefícios correspondentes a uma dada alternativa, pode optar-se por calcular apenas os custos, comparando-os com os custos da alternativa de manter a situação de *statu quo* no mesmo período de análise (Alegre *et al.*, 2009). Para facilitar a análise, recomenda-se que se calcule apenas as rubricas que sejam alteradas pela intervenção de reabilitação. Por exemplo, se os custos de operação não forem alterados nas duas alternativas (de *statu quo* e de intervenção) não será necessário calculá-los para poder fazer a comparação entre elas.

O VAL pode ser calculado a partir de **preços correntes** (*i.e.*, preços vigentes no ano a que dizem respeito) ou de **preços constantes** (*i.e.*, tendo como referência um determinado ano, corrigidos de modo a eliminar o efeito da inflação, tornando comparáveis preços relativos a anos diferentes). O tipo de taxa de actualização a adoptar é diferente num caso e noutro, para que os resultados sejam válidos e equivalentes.

A **taxa de actualização**, também conhecida por *custo de oportunidade do capital* ou taxa mínima de rendibilidade oferecida por alternativas de investimento comparáveis, deverá reflectir não só o valor temporal do dinheiro como também o risco envolvido no projecto. Traduz a rendibilidade que o investidor exige para implementar um projecto de investimento e irá servir para actualizar os *cash flows* gerados pelo projecto (Caldeira, 2001, Mota e Custódio, 2008). Num projecto corrente, de idêntico risco aos dos investimentos já existentes na empresa, e sem impacto relevante na estrutura de capitais, pode-se optar por adoptar a taxa correspondente ao respectivo custo de capital, porque corresponde à taxa mínima de rendibilidade para as decisões de investimento (Brealey e Myers, 1998).

A **taxa de actualização nominal** (TA) é constituída por três componentes:

$$TA_{\text{nominal}} = [(1+T_1) \times (1+T_2) \times (1+T_3)] - 1$$

em que:

$T_1$ : rendimento real (corresponde à remuneração real desejada para os capitais próprios);

$T_2$ : prémio de risco (ou prémio anual de risco, corresponde à taxa dependente da evolução económica, financeira, global e sectorial do projecto, bem como ao montante total envolvido no projecto);

$T_3$ : inflação (corresponde à taxa de inflação).

A soma  $T_1+T_3$  traduz a taxa de juro que um investidor obteria caso aplicasse o seu dinheiro num activo sem risco (e.g., taxa de juro das Obrigações de Tesouro).

Designa-se por **taxa de actualização real** a taxa constituída apenas por (Mota e Custódio, 2008):

$$TA_{\text{real}} = [ (1+T_1) \times (1+T_2) ] - 1$$

O VAL relativo a um período de análise de duração  $N$  anos é calculado como:

$$VAL = \left[ \sum_{i=0}^N \frac{CF_i - Inv_i}{(1 + TA)^i} \right] + \frac{VR}{(1 + TA)^N}$$

em que:

$CF_i$ : *cash-flow* no ano  $i$  (€);

$Inv_i$ : investimento no ano  $i$  (€);

$VR$ : valor residual no ano  $N$  (€);

$TA$ : taxa de actualização (-).

Calculado com esta expressão, o VAL acomoda reinvestimentos e a existência de valores residuais não nulos no final do período de análise.

Se os valores de custos e de benefícios forem expressos em **preços correntes**, deve adoptar-se a **taxa de actualização nominal**.

Se os valores de custos e de benefícios forem expressos em **preços constantes**, deve calcular-se o VAL com a **taxa de actualização real**.

## 9.10. Instrumentos integrados de apoio à reabilitação

### 9.10.1. Introdução

A abordagem ao processo de GPI de sistemas de adução e distribuição de água em geral ou ao processo de reabilitação em particular deverá seguir uma sequência lógica e articulada de procedimentos, pesquisas, medidas, acções e processos de decisão,

conforme descrito nos Capítulos 5 a 7 e preconizado no sistema AWARE-P ([www.aware-p.com](http://www.aware-p.com)).

Tradicionalmente, as decisões de reabilitação dos sistemas de águas não eram tratadas de modo integrado e coerente. Baseavam-se quase exclusivamente na experiência prática directa, numa perspectiva reactiva, e em decisões de gestão relacionadas com a oportunidade de fazer determinadas intervenções.

Nos últimos anos, com a sensibilização para a necessidade de tratar este assunto de forma mais integrada, têm surgido diversas aplicações computacionais que procuram proporcionar ajuda aos processos de decisão. Na maioria dos casos trata-se de aplicações comerciais, quase sempre no âmbito dos sistemas de manutenção. Destacam-se também aplicações que são módulos complementares de sistemas de informação geográfica ou de programas de modelação e análise. Contudo, a abordagem mais abrangente que se encontra materializada num protótipo computacional (não comercial) é o sistema CARE-W, de apoio à reabilitação. Por constituir uma referência incontornável e a base de uma parte significativa do projecto AWARE-P, em que o presente guia se integra, as secções seguintes descrevem as principais características e funcionalidades deste sistema.

### **9.10.2. Sistema CARE-W**

O sistema CARE-W foi desenvolvido no âmbito do projecto CARE-W – *Computer Aided Rehabilitation of Water Networks*, inserido no 5.º Programa Quadro da União Europeia.

O projecto decorreu entre 2001 e 2004, foi coordenado pelo SINTEF (Noruega) e contou com a participação de 11 instituições de investigação e desenvolvimento (I&D), responsáveis pelo desenvolvimento dos diversos módulos, e de 13 entidades gestoras, que na qualidade de utilizadores finais do projecto permitiram testar o protótipo e contribuíram com sugestões e críticas. Portugal participou neste projecto através do LNEC, como parceiro de I&D, e dos Serviços Municipalizados de Oeiras e Amadora como utilizador final (Figura 9.44).



Como principais resultados, regista-se um vasto conjunto de publicações sobre a matéria e o protótipo CARE-W, um sistema computacional composto por um módulo de gestão da informação e um conjunto de módulos de apoio ao diagnóstico.

### **9.10.3. Estrutura e funcionalidades do sistema CARE-W**

O sistema CARE-W é constituído pela abordagem publicada em Sægrov et al. (2005) e pelo protótipo de uma aplicação informática, o “CARE-W Prototype”, que integra diversas ferramentas de avaliação, análise e planeamento. Este conjunto de ferramentas ajuda a identificar as condutas mais problemáticas da rede de distribuição, a definir prioridades de reabilitação e a planear as intervenções. É possível atender simultaneamente a diversos critérios de decisão, tais como o histórico de roturas e de perdas de água, a importância que cada elemento tem em termos da fiabilidade hidráulica da rede e a coordenação com outras obras planeadas, entre outros. Uma vez que os recursos financeiros são inevitavelmente limitados, é possível analisar estratégias diferentes de investimento e avaliar o seu impacto a médio e longo prazo.

#### ***Abordagem CARE-W e estrutura base do protótipo CARE-W***

De forma simplificada, a abordagem CARE-W consiste na elaboração das seguintes actividades pelas entidades gestoras interessadas em implementar uma estratégia de reabilitação de condutas:

- **avaliação do desempenho** da rede (globalmente e/ou por sectores), com base no cálculo de indicadores de desempenho;
- **análise do histórico de falhas** na rede e **previsão** do número de ocorrências futuras para cada tipo de conduta, sendo os tipos de condutas definidos pelo utilizador;
- avaliação da importância relativa de cada conduta em termos de **fiabilidade hidráulica** da rede;
- **planeamento a longo prazo** das intervenções de reabilitação e comparação do impacto de alternativas distintas (de forma agregada, sem identificação dos elementos específicos da rede que irão ser reabilitados);
- **planeamento a curto prazo** das intervenções, que permite identificar prioridades de intervenção conduta a conduta.

Na Figura 9.45 mostra-se o conjunto de ferramentas desenvolvido e as instituições de investigação responsáveis por cada módulo.





Figura 9.45 – Componentes principais do protótipo CARE-W

### **CARE-W Manager**

O CARE-W Manager gere a base de dados centralizada, dispondo para o efeito de um sistema de gestão de bases de dados e de um sistema de informação geográfica (SIG) simplificado que permitem arquivar toda a informação. É a plataforma integradora dos vários módulos individuais. Permite introduzir, importar, exportar e seleccionar dados, correr as aplicações associadas a cada módulo e representar geograficamente tanto dados como resultados.

As Figuras 9.46 e 9.47 ilustram algumas janelas do CARE-W Manager.

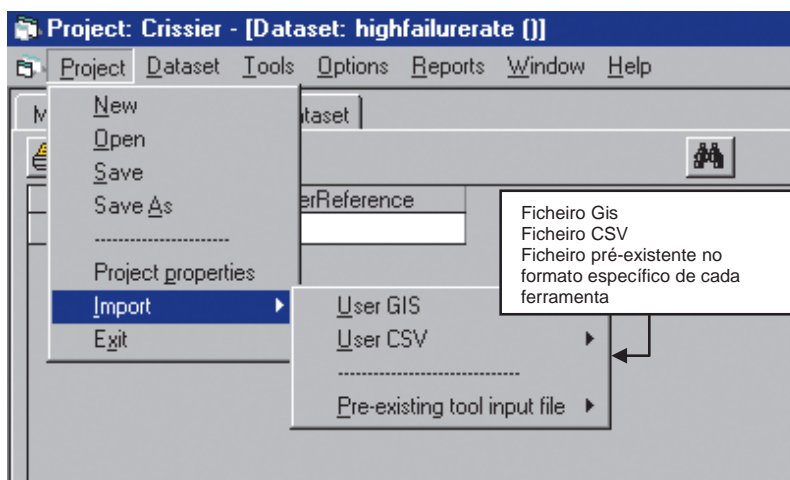


Figura 9.46 – Janela de importação de dados do “CARE-W Manager”

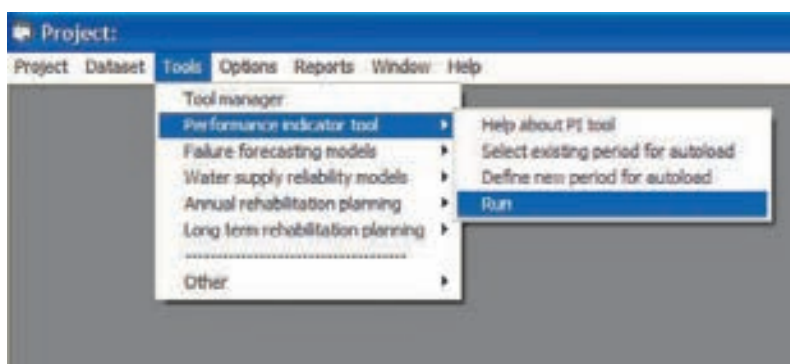
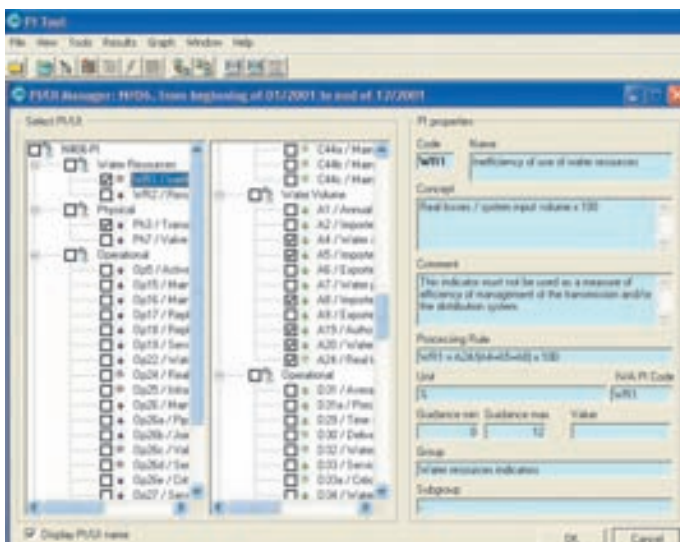
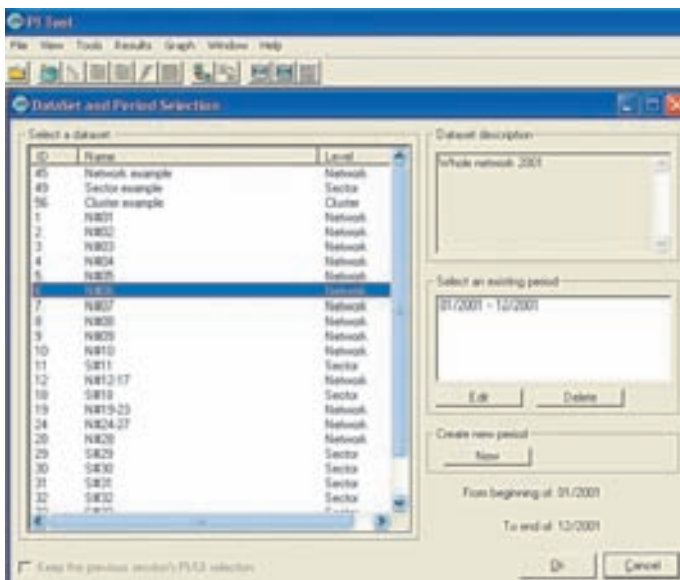


Figura 9.47 – Janela para correr as ferramentas específicas a partir do “CARE-W Manager”

### ***PI-Tool – Módulo de avaliação do desempenho***

Seguindo os passos propostos na abordagem CARE-W, o primeiro módulo a utilizar é em geral o PI-tool, que permite apoiar o diagnóstico através da avaliação de indicadores de desempenho relevantes para a reabilitação de condutas. Os indicadores contemplados são baseados no sistema de indicadores de desempenho da International Water Association (Alegre *et al.*, 2000). A aplicação informática permite seleccionar os indicadores e variáveis de interesse para o caso em análise, introduzir os dados correspondentes, calcular os indicadores e variáveis, produzir tabelas e gráficos diversificados com os resultados. Das Figuras 9.48 a 9.50 mostram-se exemplos de janelas desta aplicação.



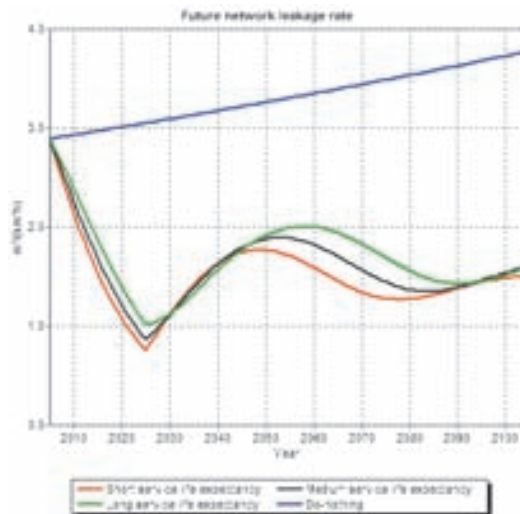


Mais uma vez, as principais diferenças entre as aplicações residem nos algoritmos de cálculo dos coeficientes de fiabilidade.

### ***Módulo de apoio ao planeamento a longo prazo (LRP)***

O módulo de apoio ao planeamento a longo prazo (LRP) parte de uma análise do histórico de roturas de condutas, agrupadas por características de comportamento (e.g., material, grupo de diâmetro, revestimento interno) e permite prever e comparar o comportamento a longo prazo da rede face a cenários futuros de funcionamento e em termos de vida útil residual das condutas e da frequência média previsível de roturas.

Este módulo contempla três aplicações complementares: o Rehabilitation Scenario Writer (RSW), o Rehabilitation Strategy Manager (RSM) e o Rehabilitation Programme Evaluator (RPE). A aplicação nuclear e de maior interesse prático é o RSM, que permite facilmente especificar estratégias diferentes de reabilitação e comparar os resultados de formas muito diversas. A Figura 9.51, por exemplo, mostra a evolução previsível do sistema em termos de fugas se não houver reabilitação, comparando-a com o comportamento previsível para uma dada estratégia que prevê, entre outros critérios, a substituição das condutas de um dado material por outro a uma taxa regular entre o presente e o ano 2025. Pode observar-se que as fugas irão diminuir à medida que a substituição ocorre, tornando a ter uma taxa de crescimento positiva após o fim da campanha de substituição. O decréscimo que se verifica a seguir decorre de novas intervenções de reabilitação previstas.



**Figura 9.51 – Evolução das perdas reais de uma rede para uma dada estratégia de reabilitação**

### ***Módulo de planeamento a curto prazo (ARP)***

O módulo de planeamento a curto prazo (ARP) é constituído por um programa de optimização multi-critério que permite identificar individualmente as condutas às quais deverá ser dada maior prioridade de reabilitação.

O utilizador escolhe os critérios que pretende usar de entre um conjunto que é posto ao seu dispor, define a sua importância relativa, e indica para cada condução os dados necessários correspondentes.

Os resultados dependem naturalmente dos critérios escolhidos, da sua parametrização e do peso relativo de cada um.

O programa permite fazer comparações entre cenários decorrentes de hipóteses de cálculo diferentes.

### ***Pontos fortes e pontos fracos do sistema CARE-W***

O sistema CARE-W é potente como instrumento didáctico. Chama a atenção para a necessidade de dispor de registos históricos fiáveis e coerentes e, de forma geral, as ferramentas disponibilizadas são relevantes e interessantes. Apresenta uma boa integração das diversas ferramentas, o que é vantajoso e útil.

O sistema CARE-W tem vindo a ser aplicado com sucesso em diversos casos práticos na Europa e nos Estados Unidos da Amé-

rica. Salienta-se pela sua dimensão e importância um projecto para a cidade de Las Vegas, nos E.U.A. (Vanrenterghem-Raven *et al.*, 2007).

Contudo, as limitações actuais do software CARE-W requerem evolução, sem a qual as aplicações práticas ficarão sempre prejudicadas:

- A instalação do programa é por vezes problemática e algumas das ferramentas apresentam erros a corrigir.
- Algumas ferramentas são muito consumidoras de tempo de preparação de dados.
- O sistema está mais vocacionado para a reabilitação de condutas degradadas por outras de funções equivalentes, sem atender a eventuais necessidades de reformulação da configuração e modo de operação do sistema de distribuição existente.





## 10. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO

### 10.1. Nota introdutória

Neste capítulo, são abordadas as técnicas de reabilitação dos principais **componentes** das infra-estruturas de adução e de distribuição, nomeadamente das condutas e dos reservatórios, dada a sua relevância para a infra-estrutura global. Neste contexto, o capítulo encontra-se estruturado em duas partes:

- técnicas de reabilitação de condutas (subcapítulos 10.2 a 10.8);
- técnicas de reabilitação de reservatórios (subcapítulo 10.9).

A reabilitação destes componentes pode ser motivada por anomalias de natureza estrutural, hidráulica, de qualidade da água ou de operação e manutenção, que condicionam a técnica de reabilitação a adoptar.

No que se refere às **condutas** em pressão, existe uma grande diversidade de técnicas e métodos de aplicação, muitos dos quais bem documentados em normas existentes ou em desenvolvimento (e.g., NP EN 12889: 2008, prEN 15885: 2008, ISO/DIS 11295: 2008) e noutras referências da especialidade (e.g., Simicevic e Sterling, 2001, Stein, 2001, NRC, 2003, Heijn e Larsen, 2004). Neste contexto, é proposta uma classificação dos principais tipos de técnicas e da respectiva designação em Português, dado ainda não estar consolidada (em Português) a tradução dos termos anglo-saxónicos (10.2). De seguida, procede-se à apresentação das principais acções realizadas nas intervenções de reabilitação (10.3), das soluções de renovação não estrutural e estrutural (10.4 e 10.5), das soluções de substituição com e sem vala aberta (10.6 e 10.7) e da síntese das vantagens, inconvenientes e principais condições de aplicação de cada uma das soluções (10.7.8). Embora a selecção da técnica de reabilitação a adoptar dependa muito de aspectos particulares de cada caso, apresentam-se (em 10.7.8) linhas orientadoras para a escolha das técnicas de reabilitação mais apropriadas em função das principais motivações de reabilitação (anomalias de natureza estrutural, hidráulica, de qualidade da água ou de operação e manutenção).

No que se refere aos **reservatórios**, por se tratarem, na sua maioria, de estruturas de betão armado, não existem normas específicas para os mesmos sendo a documentação encontrada relativa a estruturas de betão armado em geral. Por esta razão,

são sistematizados os principais tipos de problemas que motivam a reabilitação dos reservatórios, a respectiva origem e os principais tipos de intervenções aplicadas a cada caso. São também apresentados exemplos de trabalhos de reabilitação em reservatórios.

## 10.2. Classificação das técnicas de reabilitação de condutas

As intervenções de reabilitação de condutas de sistemas de adução e distribuição podem ser classificadas em dois grandes grupos:

- intervenções de **renovação**<sup>7</sup>;
- intervenções de **substituição**<sup>8</sup>.

Existem outras classificações, por exemplo em sistemas de águas residuais, que consideram a **reparação**<sup>9</sup> como um terceiro grupo de soluções de reabilitação de condutas (prEN 15885:2008, Stein, 2001). No entanto, no âmbito do presente guia e de acordo com os conceitos apresentados em 2.2.2, as intervenções associadas à reparação rectificativa de um conjunto de anomalias estruturais localizadas em tubagens (e.g., reparação de juntas ou reconstrução de trechos curtos) são consideradas soluções de renovação. As demais intervenções de reparação não são consideradas acções de reabilitação.

Existem também outras intervenções sobre a estrutura destinadas a melhorar o seu desempenho e a prolongar a sua vida útil, por exemplo a protecção catódica de condutas. Trata-se, no entanto, de acções de **manutenção**<sup>10</sup>, não sendo consideradas no presente guia intervenções de reabilitação.

As intervenções de renovação, por sua vez, dividem-se noutras duas categorias consoante garantam ou não a resistência estrutural

---

<sup>7</sup> A **renovação** é uma intervenção de reabilitação sobre um componente do sistema com o seu aproveitamento funcional e sem aumento da capacidade de utilização original (ver Secção 2.2.2).

<sup>8</sup> A **substituição** é uma intervenção de reabilitação sobre um componente do sistema com a sua desactivação funcional e construção ou instalação de um novo componente, tendo este último funções e capacidade semelhantes ou distintas às do existente (ver Secção 2.2.2).

<sup>9</sup> A **reparação** é uma intervenção pontual rectificativa de uma anomalia localizada, podendo inserir-se ou não em acções de reabilitação (ver Secção 2.2.2).

<sup>10</sup> A **manutenção** corresponde a uma intervenção periódica destinada à prevenção ou à correcção de ligeiras degradações dos componentes, para que estes atinjam o seu tempo de vida útil, sem perda de desempenho.

total ou parcial da conduta a reabilitar: intervenções de renovação não estrutural (e.g., reparação pontual de juntas ou revestimento interior de condutas); e intervenções de renovação estrutural (e.g., técnicas de entubamento).

As intervenções de substituição dividem-se, também, em duas categorias consoante envolvam ou não a abertura de vala para a instalação da nova conduta: métodos com vala aberta (e.g., método convencional ou método não convencional com vala estreita); e métodos sem vala aberta (e.g., entubamento com destruição de tubagem existente, perfuração dirigida, construção de microtúnel).

No Quadro 10.1 sistematiza-se a classificação adoptada para as técnicas de reabilitação de condutas de sistemas de adução e de distribuição, organizada de acordo com o tipo de intervenção a realizar. No mesmo quadro apresenta-se a designação anglo-saxónica e a proposta em língua portuguesa para cada técnica. Esta classificação e terminologia têm por base o quadro normativo nacional, europeu e internacional, existente e em desenvolvimento, nomeadamente as normas prEN 15885:2008 e ISO/DIS 11295: 2008, para as técnicas de renovação, e as normas NPEN 12889:2008 e NPEN 1610:2008 para as técnicas de substituição. Esta classificação adoptada para os sistemas de adução e de distribuição está harmonizada com a proposta para os sistemas de águas residuais e pluviais (Almeida e Cardoso, 2010).

Para além das normas referidas ao longo deste capítulo são ainda aplicáveis normas específicas relativas a princípios de concepção e dimensionamento, incluindo a EN 752:2008, a prEN 14801:2003 e a EN 13689:2002, e normas de produto específicas, incluindo a EN 13566-1:2002 e a EN 1916:2002.

**Quadro 10.1 – Classificação das técnicas de reabilitação de condutas de adução e de distribuição de água**

Tipo de intervenção		Família de técnicas	Técnica
Renovação ( <i>renovation</i> )	Renovação não estrutural	Reparação ( <i>repair</i> )	Reparação generalizada de juntas ( <i>internal joint seals</i> )
		Revestimento interior ( <i>coating</i> ou <i>spray-lining</i> )	Revestimento interior com argamassa de cimento ( <i>cement mortar spray-lining</i> ) Revestimento interior com resina epoxi ( <i>epoxy spray-lining</i> )
	Renovação estrutural	Entubamento simples ou tradicional ( <i>conventional sliplining</i> )	Entubamento com tubagem contínua ( <i>lining with continuous pipes</i> ou <i>sliplining</i> )
			Entubamento com trechos de tubagem ( <i>lining with discrete pipes</i> )
		Entubamento não tradicional* ( <i>modified sliplining</i> )	Entubamento com tubagem ajustada ( <i>close-fit pipe lining</i> ): – Entubamento com tubagem dobrada ( <i>fold and form</i> ) – Entubamento com tubagem deformada ( <i>rolldown, drawdown, swagelining</i> ou <i>deformed/reformed</i> )
			Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i> ( <i>cured-in-place pipe lining</i> ): – Inserção por inversão ( <i>inverted-in-place installation</i> ) – Inserção com guincho ( <i>winched-in-place installation</i> ) – Combinação dos métodos anteriores.
Substituição ( <i>replacement</i> )	Substituição c/ abertura de vala ( <i>open trench</i> )	Método convencional	Substituição com abertura de vala ( <i>conventional open trench</i> )
		Método não convencional	Substituição com abertura de vala reduzida (e.g., <i>narrow trench, mole plough</i> )
	Substituição sem abertura de vala** ( <i>trenchless replacement</i> )	Técnicas não dirigíveis ( <i>steerable techniques</i> )	Rebentamento da conduta existente ( <i>pipe bursting</i> )
			Esmagamento da conduta existente ( <i>pipe crushing</i> )
			Corte longitudinal da conduta existente ( <i>pipe splitting</i> )
			Extracção da conduta existente sem tubo piloto ( <i>pipe ejection, pipe extraction</i> ou <i>pipe pulling</i> )
	Substituição sem abertura de vala** ( <i>trenchless replacement</i> )	Técnicas dirigíveis ( <i>non-steerable techniques</i> )	Extracção da conduta existente com tubo piloto ( <i>pipe ejection with pilot pipe</i> )
			Construção de microtúnel/microgaleria sem tubo piloto ( <i>pipe eating</i> ou <i>modified microtunneling</i> )
			Construção de microtúnel/microgaleria com tubo piloto ( <i>pilot jacking with pipe bore</i> ) Perfuração dirigida ( <i>pipe reaming</i> ou <i>directional drilling</i> )

\* Também designado, em linguagem corrente, por “encamisamento”

\*\* Também designada por “substituição em galeria” (NPEN 12889: 2008)

## 10.3. Trabalhos de reabilitação em condutas

### 10.3.1. Faseamento dos trabalhos

Cada solução de reabilitação compreende o conjunto de todas as acções realizadas num dado componente no âmbito da intervenção de reabilitação, como sejam a inspecção prévia, a preparação do local da obra, a suspensão do abastecimento e execução de ramais provisórios, a limpeza, a aplicação da técnica e o controlo da instalação. No Quadro 10.2 sistematizam-se as principais acções a implementar, para as diferentes fases da intervenção de reabilitação em condutas.

**Quadro 10.2 – Faseamento de intervenções de reabilitação em condutas de adução e de distribuição**

Fase	Acções a implementar
<b>Fase I: Execução do projecto</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Inspecção prévia.</li><li>– Elaboração do projecto de execução.</li></ul>
<b>Fase II: Trabalhos preparatórios</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Preparação do local da obra (e.g., delimitação do local da obra, desvio de tráfego) (Figura 10.1).</li><li>– Inspecção com CCTV (<i>se ainda não efectuada e se necessária</i>).</li><li>– Execução de ramais provisórios (Figura 10.2)</li><li>– Suspensão do abastecimento.</li><li>– Remoção de órgãos e acessórios (<i>se necessário</i>).</li><li>– Limpeza e polimento (<i>se intervenção de renovação</i>).</li></ul>
<b>Fase III: Aplicação da técnica</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Abertura de poços de acesso à condução (<i>se intervenção renovação ou de substituição sem vala aberta</i>).</li><li>– Abertura de vala (<i>se intervenção substituição com vala aberta</i>).</li><li>– Controlo da recepção dos materiais em obra (e.g., espessura das condutas)</li><li>– Execução da intervenção.</li><li>– Controlo da qualidade da execução da intervenção (e.g., soldadura).</li><li>– Substituição de ramais (<i>se necessário</i>).</li></ul>
<b>Fase IV: Acabamento e controlo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Ligação de ramais (Figura 10.3).</li><li>– Inspecção com CCTV (<i>se necessário</i>).</li><li>– Instalação de órgãos e acessórios (Figura 10.4).</li><li>– Ensaio de estanquidade (Figura 10.5).</li><li>– Limpeza e desinfecção.</li><li>– Reposição do abastecimento.</li><li>– Reposição das condições no local da obra.</li></ul>

Nas Figuras 10.1 e 10.2 apresentam-se alguns exemplos de trabalhos preparatórios realizados em obras na rede de distribuição da cidade de Lisboa, nomeadamente a delimitação do perímetro de intervenção de “frentes de obra” e a execução de ramais provisórios que assegurem o abastecimento durante a realização da obra.



**Figura 10.1 – Delimitação do perímetro de intervenção**



**Figura 10.2 – Execução de ramais provisórios durante a intervenção**

Nas Figuras 10.3 a 10.5, apresenta-se a execução de algumas ações na fase de acabamento e controlo de qualidade da realização na obra, mais concretamente a execução de ramais laterais, a instalação de válvulas e acessórios e a realização de ensaios de estanquidade.



**Figura 10.3 – Ligação e execução de ramais laterais após a intervenção**





**Figura 10.4 – Instalação de válvulas e acessórios após a intervenção**



**Figura 10.5 – Realização de ensaios de estanquidade**

Dada a relevância das técnicas preparatórias de limpeza e preparação das superfícies para a aplicação de algumas técnicas de reabilitação, em particular para as técnicas de renovação, estas são apresentadas em separado nas secções seguintes.

### **10.3.2. Acções de limpeza**

A limpeza compreende o conjunto de todas as técnicas que permitem remover materiais soltos, depósitos ou incrustações no interior das condutas e dos reservatórios. Inclui a aplicação de jacto de água, a raspagem e a limpeza com ar e com jacto de pressão.

A limpeza implica a implementação de um procedimento formal, em regra escrito, cujos resultados ficam registados.

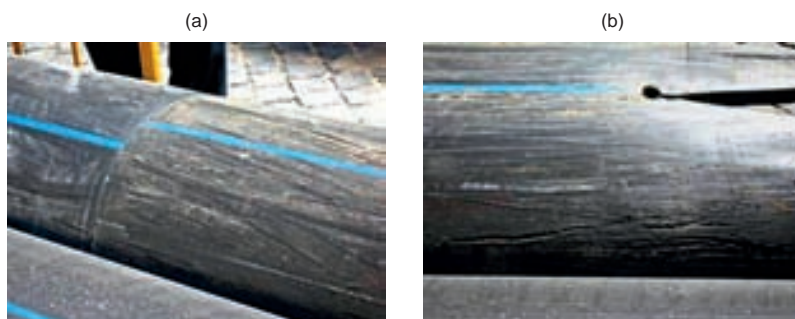
A limpeza das condutas pode constituir uma operação corrente efectuada no âmbito da operação e manutenção ou ser uma acção a realizar no âmbito da reabilitação. Neste último caso, pode aplicar-se em duas fases da intervenção:

- na fase dos trabalhos preparatórios, com o objectivo de preparar as condutas para a aplicação das técnicas de reabilitação seleccionadas;
- na fase de acabamento final, com o objectivo de preparar as condutas para a ligação do abastecimento ao consumidor integrando a conduta reabilitada.

### ***Limpeza durante os trabalhos preparatórios***

À excepção das intervenções de substituição em que a conduta é destruída ou removida, todas as intervenções de renovação requerem a preparação prévia da superfície interna da conduta a reabilitar: umas soluções porque a sua eficácia depende da aderência dos materiais utilizados à parede da conduta existente; outras, para permitir a inserção da tubagem no interior da existente, sem provocar danos na parede da tubagem inserida.

A Figura 10.6 mostra danos provocados na parede externa da conduta inserida por limpeza inadequada da superfície interna da conduta existente.



**Figura 10.6 – Condutas com rasgos na parede externa**  
**(a) numa secção intermédia e (b) junto à cabeça de inserção-tracção**

A preparação prévia envolve a limpeza e o polimento para remover incrustações e depósitos no interior da conduta existente. A limpeza pode ser efectuada através de diferentes processos (Marques e Sousa, 2008, IGN 4-02-02, 2007):



### *Processos menos agressivos*

- a simples descarga da conduta (*flushing*) através da abertura de hidrantes, em que a limpeza decorre do arrastamento das partículas com o escoamento a velocidade elevada;
- a aplicação de jactos ar comprimido no seio do escoamento (*air scouring*), tipicamente efectuada entre dois hidrantes (um para a injeção de ar e outro para a descarga), em que a turbulência da mistura ar-água arranca e arrasta os sedimentos e algumas incrustações da parede da conduta.

### *Processos mais agressivos*

- a aplicação de jacto de água a alta pressão, aplicável a condutas de qualquer dimensão (*high pressure power jetting*);
- a utilização de tampões raspadores de borracha revestidos com materiais abrasivos, accionados por guinchos mecânicos ou por acção da pressão da água a montante, aplicável a condutas com diâmetros entre 75 e 1025 mm (*abrasive pigging*);
- a utilização de raspadores de aço com pás metálicas e rodos de borracha, accionados por guinchos mecânicos, aplicável a condutas com diâmetros entre 75 e 300 mm (*drag scraping*);
- a utilização de raspadores do tipo escovas rotativas com lâminas de aço, movidas por acção do escoamento, aplicável a condutas com diâmetros superiores ou iguais a 300 mm (*pressure scraping*).

Na prática, pode adoptar-se apenas um destes processos ou combinar vários deles para melhorar a eficácia da limpeza. Por exemplo, pode-se começar por aplicar um processo mais agressivo usando raspadores de aço e depois proceder-se a uma simples descarga da conduta.

Uma vez efectuada a limpeza, é comum efectuar o polimento da superfície interna da conduta recorrendo a escovas mais finas, específicas para o polimento (*polishing brushes*) ou a lixas de polimento (*scraping sheet*).

A limpeza e polimento podem ser mais ou menos cuidados, conforme a técnica utilizada envolva maiores ou menores riscos de ferir a nova tubagem durante a sua inserção ou requeira uma superfície mais ou menos preparada. Muitas vezes, a limpeza e o polimento podem ser efectuadas em simultâneo com a aplicação da técnica de reabilitação (e.g., revestimento interior).

### ***Limpeza durante o acabamento final***

Após a implementação da técnica de reabilitação torna-se necessário proceder de novo à limpeza da conduta. Neste caso, aplica-se sempre independentemente da técnica de reabilitação adotada.

Nesta situação, e salvo casos excepcionais, é comum proceder à aplicação de processos menos agressivos, como sejam a simples descarga da conduta recorrendo, por exemplo, a marcos de incêndio (Figura 10.7), durante um determinado período de tempo e até que a água saia totalmente limpa.



**Figura 10.7 – Descarga da conduta através de marco de incêndio**

## **10.4. Técnicas de renovação não estrutural de condutas**

### **10.4.1. Considerações gerais**

As técnicas associadas à renovação não estrutural consistem na reparação pontual de um conjunto de anomalias localizadas (e.g., reparação de juntas ou de trechos curtos de condutas) ou no revestimento interior da conduta existente. São aplicadas para reparar pequenas fugas, controlar a corrosão interna da conduta e resolver problemas de qualidade da água. No entanto, não conferem integridade nem resistência estrutural à conduta. As principais técnicas consideradas neste guia são:

- reparação pontual de juntas (*internal joint seals*);
- revestimento interior (*spray-lining*).

Dado o desenvolvimento continuado de processos e variedade de possibilidades de aplicações, apresentam-se apenas as técnicas mais utilizadas. Seguidamente, descreve-se cada uma destas técnicas incluindo uma síntese das principais características,

condições de aplicação, vantagens e inconvenientes, e normas aplicáveis.

#### 10.4.2. Reparação generalizada de juntas ou de fissuras em condutas

No contexto da reabilitação de sistemas de abastecimento de água, a reparação de condutas compreende intervenções pontuais rectificativas de um conjunto de anomalias físicas localizadas na tubagem. As soluções de reparação são muito utilizadas em sistemas de drenagem de águas residuais, mas em sistemas de adução e de distribuição resumem-se à reparação pontual da superfície interna de juntas defeituosas de condutas (*internal joint seals*) – situação mais frequente – ou de outros casos pontuais de fissuras (*internal pipe sealing*), tornando-as estanques. Em suma, consiste na selagem de juntas ou de fissuras.

Esta técnica tem dois métodos de aplicação:

- selagem com juntas de borracha sintética pré-fabricadas;
- selagem *in situ* com resinas *epoxi* e fibras de vidro ou carbono.

A **reparação com juntas de borracha sintética** consiste no preenchimento dos vazios através da injeção de argamassa de cimento ou de material flexível, seguida da aplicação de uma borracha sintética de etileno-propileno-dieno (EPDM)<sup>11</sup> de forma cilíndrica, recorrendo a um robot que é inserido no interior da conduta para condutas não acessíveis ou por aplicação manual em condutas visitáveis.

Quando aplicada a juntas defeituosas, a reparação requer que a superfície interna das juntas seja previamente limpa, assim como a da parede da conduta junto das mesmas. Uma vez limpas, passa-se ao enchimento das juntas, pelo interior da conduta, com uma argamassa de cimento ou com um material flexível de enchimento (capaz de absorver deslocamentos das juntas), alinhando o interior da junta com a superfície interna da conduta. A área deverá ser de novo limpa e revestida com um lubrificante para facilitar a adesão da borracha. Finalmente, procede-se à aplicação da borracha EPDM e à colocação bandas de aço inoxidável sobre a superfície reparada. Depois, aplica-se um dispositivo que

---

<sup>11</sup> EPDM é um terpolímero composto por três unidades de monómeros: etileno, propileno e dieno.

comprime a banda de aço sobre a borracha, garantindo que esta se mantém imóvel durante o processo de cura (NRC, 2003).

Pode ser aplicada a condutas com diâmetros entre 250 e 6000 mm e constituídas por diferentes materiais (aço, ferro fundido, betão reforçado, PVC, fibrocimento, PEAD). A aplicação da técnica para pequenos diâmetros (e.g., 250-500 mm) pressupõe que a reparação seja efectuada por um robot em simultâneo com a inspecção da conduta por CCTV.

Esta solução tem as vantagens de permitir a entrada imediata de serviço da conduta após a conclusão dos trabalhos de reparação e de se adaptar muito bem à deformação das juntas em terrenos com assentamentos diferenciais.

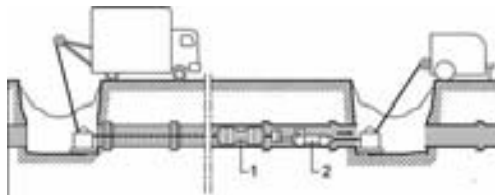
A **selagem *in situ* com resinas epoxi e fibras de vidro ou de carbono** consiste, após a limpeza da superfície a reparar, no enchimento da junta ou fissura com poliestireno (esponja de enchimento), seguida da aplicação de uma camada de mastique flexível de selagem para a regularização da superfície. Depois, procede-se à pintura da junta com uma resina *epoxi* para garantir a aderência e coloca-se um tecido com base em fibra de vidro ou de carbono. Finalmente, pinta-se com diversas demãos de resinas *epoxi* de enchimento e de acabamento. Este procedimento pode demorar até 2 ou 3 dias para a cura dos materiais, interrompendo o abastecimento durante este período.

No entanto, trata-se de uma solução mais económica do que a anterior quando aplicada em quantidade.

Esta solução também deve ser preferencialmente aplicada a diâmetros grandes (acessíveis) senão necessitam de robot e CCTV para a aplicar.

Na Figura 10.8 apresenta-se o processo de reparação de uma junta. No Quadro 10.3 apresentam-se as principais características e condições de aplicação desta técnica.

**Legenda:** 1 – Equipamento de reparação; 2 – CCTV



**Figura 10.8 – Reparação generalizada de juntas**

**Quadro 10.3 – Reparação generalizada de juntas de juntas:  
principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas relevantes</b>	prEN 15885: 2008	
<b>Materiais utilizados</b>	Argamassa de cimento e borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM) (Método i). Poliestireno, mastique flexível, resina <i>epoxi</i> , tecido com base em fibra de vidro ou de carbono (Método ii).	
<b>Métodos de instalação</b>	Método A: Selagem com juntas de borracha sintética pré-fabricadas. Método B: Selagem in situ com resinas <i>epoxi</i> e fibras de vidro ou carbono. Em ambos os caso, instalação por meios mecânicos assistidos por inspeção por CCTV para pequenos diâmetros.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros</b>	250-500 mm (meio mecânico e CCTV) 500-6000 mm manual
	<b>Extensão máxima</b>	variável
	<b>Execução de curvas</b>	—
<b>Desempenho</b>	— Não altera a capacidade hidráulica da conduta. 😊 — Não assegura integridade estrutural à conduta. ☹️	
<b>Características de instalação</b>	— Área necessária para a execução dos trabalhos é mínima. 😊 — Acesso à conduta existente exige escavação numa das extremidades. ☹️ — Requer a limpeza prévia da superfície interna da conduta na zona da reparação. ☹️ — Requer inspeção simultânea com CCTV para diâmetros pequenos. ☹️ — A técnica depende da adesão do material à superfície da junta. ☹️ — Necessidade de suspensão do abastecimento e de execução de ramais provisórios. ☹️ — Não interfere com a ligação dos ramais laterais. 😊 — Solução de baixo custo (Método A) 😊 ou de alto custo (Método B). ☹️	

**Legenda:** 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

#### 10.4.3. Revestimento interior

As soluções de renovação através revestimento interior da conduta consistem na colocação de uma argamassa ou de uma resina na superfície interna da parede da conduta. O revestimento interior pode ser de dois tipos, consoante a natureza do material utilizado (Selvakumar *et al.*, 2002, prEN 15885:2008):

- **revestimento com argamassa de cimento** (*cement mortar spray-lining*);
- **revestimento com resina *epoxi*** (*epoxy spray-lining*).

O revestimento com argamassa de cimento é tipicamente utilizado em condutas metálicas com elevado grau de corrosão interna, tendo dois tipos de acção protectora: passiva e activa. A acção protectora passiva resulta do isolamento físico da parede metálica da conduta que impede a progressão da corrosão. A acção protectora activa resulta do desenvolvimento de um ambiente altamente alcalino no seio da própria argamassa, tendo, assim, um efeito inibidor do fenómeno da oxidação do ferro (Grilo, 2007, Heijn e Larsen, 2004). A espessura da camada depende do diâmetro e do material da conduta, podendo variar entre 3 e 102 mm e tendo sido aplicada a condutas de abastecimento de água com diâmetros entre 150 e 1500 mm (Selvakumar *et al.*, 2002).

O revestimento com resina *epoxi* é uma alternativa bastante competitiva em termos económicos como a anterior, para condutas de pequeno diâmetro (até 300 mm). Pode utilizar dois tipos de resina: resinas clássicas (*e.g.*, do tipo ELC 173/90) e resinas com elevada resistência e durabilidade (*e.g.*, do tipo ELC 257/91). As resinas deverão ser certificadas para a aplicação em sistemas de abastecimento de água e só diferem na tecnologia de endurecimento, tendo a primeira um adjuvante endurecedor tradicional e a segunda um adjuvante endurecedor com catalisador que acelera o processo de cura (Grilo, 2007). A espessura da camada de resina *epoxi* é da ordem de 1 mm, independentemente das características da conduta, tendo vantagens em termos de capacidade de transporte em relação ao revestimento com argamassa de cimento (Selvakumar *et al.*, 2002).

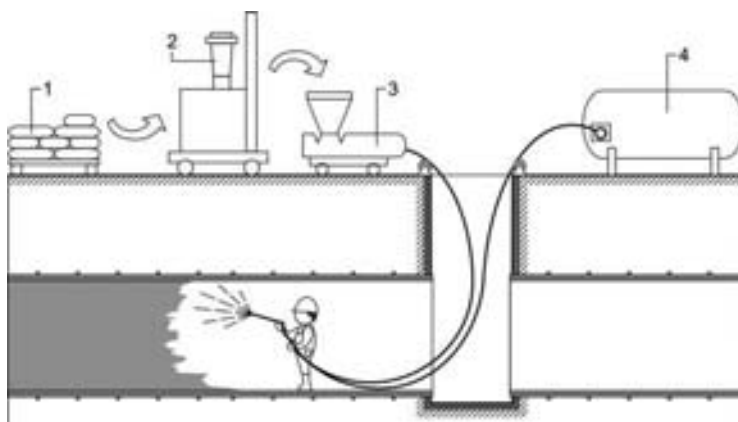
A aplicação do revestimento interior requer que a parede interna da conduta a reabilitar se encontre completamente limpa, polida e seca. Todas as válvulas existentes na conduta deverão ser desmontadas antes da aplicação do revestimento ou, em alternativa, ser limpas após a aplicação do mesmo.

O revestimento pode ser colocado por meios mecânicos (tipicamente accionado por um guincho ou através de um robot) ou manualmente, dependendo do diâmetro e da extensão da conduta a reabilitar. É muitas vezes colocado utilizando dispositivos mecânicos rotativos do tipo jacto difuso (*spray*) inseridos na extremidade de uma mangueira que projecta o material na superfície interna da conduta (Figura 10.8). O processo deverá ser acompanhado por inspecção com CCTV de forma a monitorizar o seu progresso e a sua qualidade de execução e, também, identificar a localização de singularidades do tipo tês, válvulas, curvas e ramais domiciliários.

Uma vez terminado o processo de colocação do revestimento, as extremidades da conduta são tamponadas e segue-se o processo de cura, que pode demorar 12 a 24 horas, quando utilizada argamassa de cimento e até 16 horas, no caso de resina *epoxi*. Finalmente, a conduta deverá ser limpa com água sob pressão e desinfectada antes da colocação de novo em serviço.

O revestimento interno trata-se de uma solução não estrutural e provisória, motivada muitas vezes por problemas de qualidade da água, de baixo custo comparativamente com as técnicas de entubamento, que permite o aumento da capacidade hidráulica da conduta (decorrente de ter como resultado uma superfície interior da conduta lisa e do aumento da secção útil relativamente à conduta não reabilitada), que permite efectuar curvas até 45° (dependendo do diâmetro da conduta), mas que requer a suspensão do abastecimento durante a execução do processo.

Apresenta-se na Figura 10.9 o processo de revestimento interior e no Quadro 10.4 as principais características desta solução de reabilitação.



**Legenda:** 1 – Material para revestimento; 2 – Equipamento de mistura;  
3 – Bomba doseadora; 4 – Compressor.

**Figura 10.9 – Processo de revestimento interior: instalação manual**

**Quadro 10.4 – Principais características do processo de revestimento interior**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas relevantes</b>	prEN 15885:2008	
<b>Materiais utilizados</b>	Argamassa cimentícia, betão, resina <i>epoxi</i> .	
<b>Métodos de instalação</b>	Método A: instalação por meios mecânicos; Método B: instalação manual.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros</b>	Mínimo: 200 mm (instalação por meios mecânicos) 1600 mm (instalação manual). Máximo: 600 mm (instalação por meios mecânicos) sem limite (instalação manual).
	<b>Extensão máxima</b>	100 m (instalação por meios mecânicos). Sem limite (instalação manual).
	<b>Execução de curvas</b>	Permite efectuar curvas até 45°.
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aumento da capacidade hidráulica. 😊</li> <li>– Não assegura integridade estrutural à conduta. ☹️</li> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos é mínima. 😊</li> <li>– Acesso à conduta existente exige escavação numa das extremidades. ☹️</li> <li>– Requer a limpeza prévia da superfície interna da conduta na zona da reparação. ☹️</li> <li>– A técnica depende da adesão do revestimento à superfície da conduta. ☹️</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento e de execução de ramais provisórios. ☹️</li> <li>– Não interfere com a ligação dos ramais laterais. 😊</li> <li>– Solução provisória. ☹️</li> </ul>	

**Legenda:** 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

No passado recente, estas soluções eram muito utilizadas em condutas metálicas (*i.e.*, de aço ou de ferro fundido) para a reabilitação motivada por problemas de qualidade de água decorrentes da corrosão. Hoje em dia, são técnicas menos frequentes que estão a cair em desuso por não conferirem integridade nem resistência estrutural às condutas a reabilitar e terem uma duração limitada. São soluções provisórias que envolvem algum investimento.



## 10.5. Técnicas de renovação estrutural de condutas

### 10.5.1. Considerações gerais

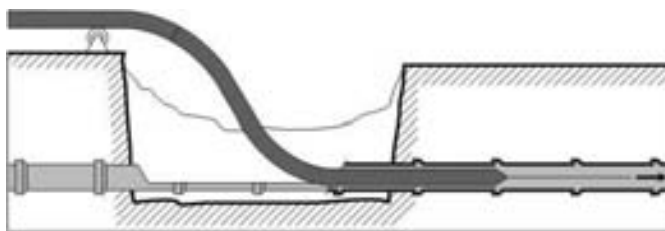
**Os processos de renovação estrutural de condutas consistem** na inserção de uma nova conduta resistente e estanque no interior da conduta a reabilitar, incorporando a conduta existente, sem a abertura de vala. Os processos de entubamento são os únicos métodos de renovação que conferem integridade e resistência estrutural total ou parcial à conduta existente. Os principais processos de entubamento em condutas de adução e de distribuição são os seguintes:

- entubamento com tubagem contínua (*lining with continuous pipe*);
- entubamento com trechos de tubagem (*lining with discrete pipe*);
- entubamento com tubagem ajustada (*lining with close-fit pipe*);
- entubamento com tubagem curada *in situ* (*lining with cured-in-place pipe*);
- entubamento com manga adesiva por reversão (*lining with adhesive-backed hose*).

Nas secções seguintes passa-se à descrição pormenorizada de cada uma destas técnicas e ao levantamento das suas principais características, vantagens e inconvenientes, e normas aplicáveis, tendo por base as normas prEN 15885:2008 e ISO/DIS 11295:2008. Apresenta-se também uma classificação das condutas de inserção quanto à resistência estrutural conferida.

### 10.5.2. Entubamento com tubagem contínua

Esta técnica consiste na inserção no interior de uma conduta existente de uma tubagem flexível contínua (*i.e.*, tubos soldados entre si *in situ* ou tubagem fornecida em rolo, dependendo do diâmetro) (Figura 10.10). Tipicamente, o entubamento é efectuado com uma tubagem de menor diâmetro do que a existente, não sendo alteradas as dimensões da sua secção transversal após a instalação. Na terminologia anglo-saxónica, o processo é designado por *lining with continuous pipes* ou *sliplining* (ISO 11295:2008, prEN 15885:2008).



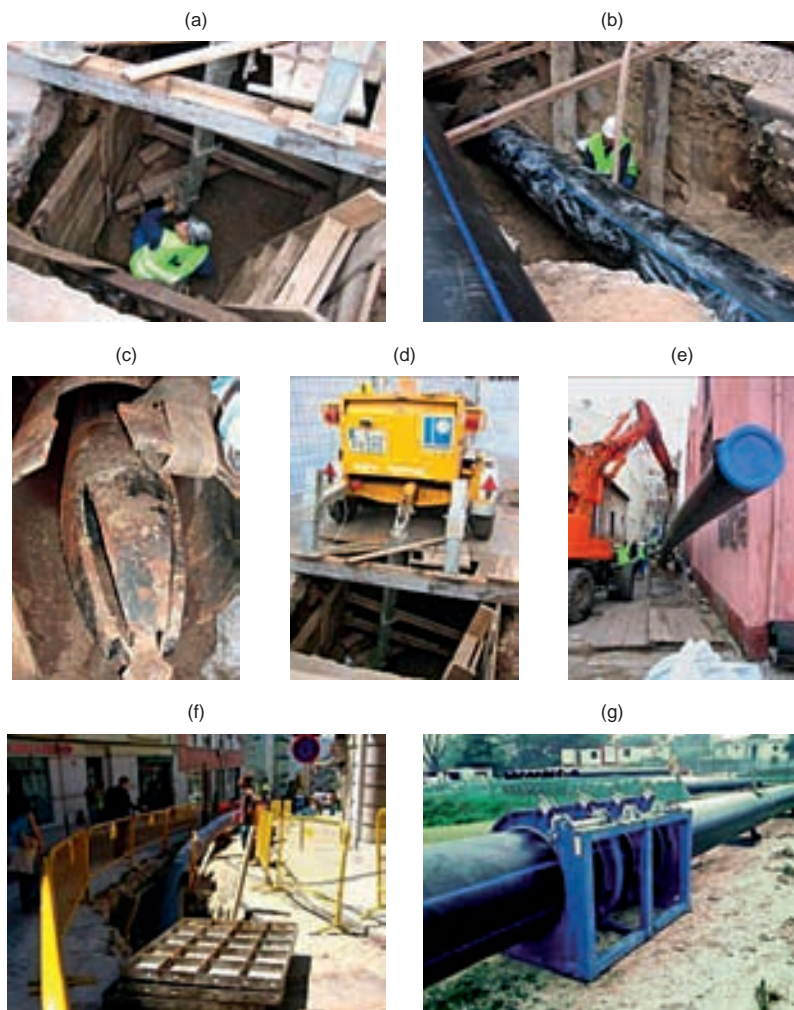
**Figura 10.10 – Processo de entubamento com tubagem contínua**

O entubamento envolve a abertura de dois pontos de acesso (poços) nas extremidades da conduta a reabilitar, tipicamente em zonas de mudança de direcção ou de existência de acessórios (Figura 10.11a). Para a aplicação desta técnica, geralmente o trecho a reabilitar tem de estar fora de serviço e livre órgãos e acessórios (e.g., curvas, tês, válvulas).

Depois de efectuada a limpeza e o polimento interior da parede da conduta a reabilitar, procede-se ao entubamento propriamente dito. Este processo inicia-se com a ligação de um cabo com uma ponta de inserção-tracção à tubagem a introduzir na conduta receptora (Figura 10.11c). Este cabo será, posteriormente, tensionado por um macaco hidráulico (Figura 10.11d), arrastando a tubagem para o interior da conduta existente, até que esta esteja totalmente inserida na existente (Figura 10.11e,f). A parede exterior da nova tubagem deverá ser devidamente protegida e lubrificada para facilitar esta operação sem provocar danos na sua superfície (Figura 10.11b).

Se a tubagem inserida for inferior ao comprimento da conduta a reabilitar, procede-se ao aumento do seu comprimento através da soldadura com outra tubagem. O processo de soldadura deverá ser devidamente monitorizado de acordo com procedimentos de controlo de qualidade (Figura 10.11g).

Tipicamente, o vazio entre as duas condutas é preenchido com uma argamassa ou uma resina que permite a fixação da nova tubagem, evita a entrada de água e permite uma melhor distribuição de cargas externas, prevenindo o eventual colapso da conduta existente. É necessário localizar e tamponar os ramais de ligação, para evitar entrada do material de enchimento nos ramais.



**Figura 10.11 – Entubamento com tubagem contínua:**  
 (a) poço de acesso; (b) lubrificação da conduta a inserir;  
 (c) ponta de inserção-tracção; (d) equipamento de tracção;  
 (e),(f) inserção da conduta; (g) execução da soldadura entre tubos.

No Quadro 10.5 apresentam-se as principais características e condições de aplicação desta técnica de reabilitação com base nas normas ISO/DIS 11295:2008 e prEN 15885: 2008.

**Quadro 10.5 – Entubamento com tubagem contínua: principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo
<b>Normas relevantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– EN 13566-1: 2002, EN 13566-2: 2005, ISO/DIS 11296-1, ISO 11296-2, prEN 15885: 2008 (águas residuais).</li> <li>– EN 14409-1: 2004, ISO/DIS 11298-1:2008, ISO/DIS 11298-2:2008 (abastecimento de água).</li> <li>– EN ISO 11295: 2008 (geral).</li> </ul>
<b>Materiais utilizados</b>	PE, PE-X, PP.
<b>Métodos de instalação</b>	Inserção efectuada por tracção ou por compressão através de poços localizados nas extremidades.
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros</b> 100 – 2000 mm
	<b>Extensão máxima</b> 300 m
	<b>Execução de curvas</b> Permitem executar elevados graus de curvatura. ☹
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Redução significativa da capacidade hidráulica devido à redução da secção, apesar da redução da rugosidade. ☹</li> <li>– Assegura integridade estrutural à conduta. ☺</li> </ul>
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Necessidade de inserção de tubagem contínua (ligação por soldadura).</li> <li>– Pode ser aplicado a qualquer tipo de conduta. ☺</li> <li>– Instalação rápida. ☺</li> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>mínima</i> para condutas de pequeno diâmetro (&lt;100 mm) fornecidas em rolo; ☺</li> <li>▪ <i>elevada</i> para condutas de maior diâmetro para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹</li> </ul> </li> <li>– Acesso à conduta existente exige escavação nas extremidades de inserção. ☹</li> <li>– A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente ☺</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹</li> <li>– Requer o preenchimento do espaço entre condutas com argamassa. ☹</li> <li>– A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹</li> </ul>

**Legenda:** ☺ Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

A grande vantagem desta técnica é conferir resistência estrutural igual ou superior à da conduta existente, dado que é introduzida uma nova conduta no seu interior. É uma técnica relativamente simples e rápida de aplicar, permitindo a execução de curvas com elevado raio de curvatura. Podem ser utilizados diferentes tipos de materiais termoplásticos, sendo o PEAD o mais utilizado, com classes de pressão iguais ou superiores às da conduta existente.

Em geral, a principal desvantagem desta técnica é a perda da capacidade hidráulica relativamente à situação inicial de instalação da conduta existente, decorrente da redução significativa (entre 35 e

60%) do diâmetro conduta (Selvakumar *et al.*, 2002, prEN 15885:2008). No entanto, a redução da rugosidade da parede da conduta (dado que o material inserido é praticamente liso) pode compensar a redução da secção. No caso da conduta a reabilitar apresentar um elevado grau de incrustação que é removido pela limpeza, a capacidade hidráulica pode até aumentar. A análise da capacidade de transporte antes e após a utilização desta técnica deverá ser analisada, sendo uma técnica particularmente adequada para condutas de grande diâmetro (Heijn e Larsen, 2004).

Uma outra desvantagem é a dificuldade em efectuar pequenos raios de curvatura e contornar acessórios instalados. Em geral, todas as válvulas, tês e curvas têm de ser removidas à partida mediante a escavação local e reinstaladas após a inserção da conduta. Muitos dos acessórios e válvulas existentes não são compatíveis com a conduta inserida, sendo necessário a aquisição de novos órgãos e acessórios. Também a ligação aos ramais domiciliários requer escavação local (Heijn e Larsen, 2004; Selvakumar *et al.*, 2002).

Um outro ponto fraco desta técnica (assim como dos demais processos de entubamento) é o processo de soldadura, que deverá ser devidamente executado por técnicos habilitados e monitorizado de acordo com os procedimentos de controlo de qualidade aplicáveis.

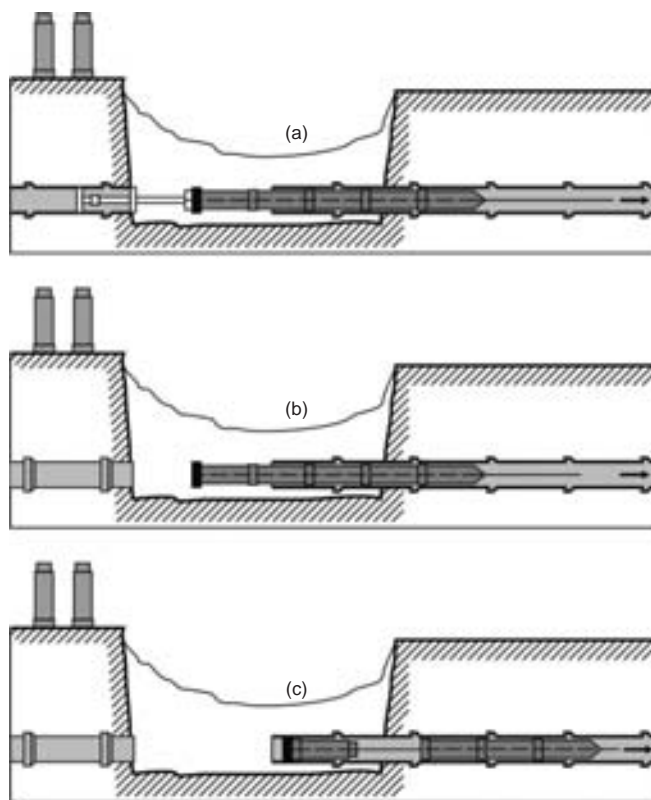
### 10.5.3. Entubamento com trechos de tubagem

O processo de entubamento com trechos de tubagem (*lining with discrete pipes* ou *lining with pipe segments*) é similar ao entubamento com tubagem contínua, no entanto a tubagem inserida é constituída por trechos de comprimento inferior ao da conduta a reabilitar que são unidos por encaixe ou por soldadura (dependendo do tipo de junta) após a inserção, de forma a constituir uma tubagem contínua. Neste processo a secção transversal da conduta inserida é inferior à da conduta existente e não é alterada após a instalação (ISO 11295: 2008, prEN 15885: 2008). Esta técnica é muito utilizada em sistemas de águas residuais e pluviais (NRC, 2003). A inserção dos trechos de conduta pode ser efectuada por diferentes métodos distintos (Figura 10.12):

- **Método A: inserção por compressão**

Por este método, os trechos de tubagem que vão sendo unidos no poço de acesso de acordo com o tipo de junta (por encaixe ou por soldadura), sendo o deslocamento parcial igual ao comprimento de um segmento.

- **Método B: inserção por tracção**  
Neste método, o primeiro trecho de tubagem é ligado a uma cabeça através da qual se aplica uma força de tracção que permite puxar os restantes que vão sendo unidos no poço de acesso, sendo o deslocamento parcial igual ao comprimento de um segmento.
- **Método C: colocação directa na posição final**



**Figura 10.12 – Entubamento simples com trechos de tubagem:**  
(a) Método A – inserção por compressão; (b) Método B – inserção por tracção; (c) Método C – colocação directamente na posição final

A sua aplicação requer a escavação de poços de acesso nas extremidades. A tubagem inserida é menor do que o diâmetro da conduta existente, existindo espaço entre ambas, espaço que deverá ser preenchido com um material de enchimento como argamassa. O preenchimento é recomendado pois permite a fixação da nova tubagem, evita a entrada e circulação de água, permite a transferência uniforme das cargas ao longo da tubagem e

contribui para prevenir o colapso da conduta. É necessário localizar e tamponar os ramais de ligação, para evitar entrada do material de enchimento nos ramais. Para a aplicação desta técnica, geralmente o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço e livre de obstruções ou escoamento.

Como referido, esta técnica é muito similar ao entubamento com tubagem contínua, podendo ser um método mais simples, rápido e económico para a reabilitação de trechos curtos e de pequeno diâmetro, e que requer uma área mínima para a execução dos trabalhos, que se limita à área necessária para a abertura dos pontos de acesso. Tem como desvantagens a redução da capacidade hidráulica de transporte e a dificuldade de execução de curvas (que pode exigir escavação local).

No Quadro 10.6 apresentam-se as principais características e condições de aplicação desta técnica de reabilitação com base nas normas ISO/DIS 11295:2008 e prEN 15885:2008.

A principal vantagem desta técnica é a possibilidade de reforçar a resistência estrutural da conduta existente. Outras vantagens desta técnica incluem ainda a rápida inserção da tubagem e a possibilidade de poder ser utilizada em curvas com grande raio de curvatura (WRc, 2001). A principal desvantagem é a redução da capacidade hidráulica da secção devido à redução da secção transversal, não compensada pela redução da rugosidade. Apresenta algumas limitações na execução de troços em curva quando usados os Métodos A e B. Outras desvantagens incluem a possibilidade de ocorrer flutuação durante a inserção das argamassas de enchimento, a necessidade de mão de obra especializada significativa se for executada a soldadura das juntas e a dificuldade de ligação dos ramais que habitualmente requer escavação.



**Quadro 10.6 – Entubamento com trechos de tubagem: principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas relevantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– EN 13566-1: 2002 ISO/DIS 11295: 2008, ISO/DIS 11296-1, prEN 15885:2008 (águas residuais).</li> <li>– EN 14409-1: 2004, ISO/DIS 11298-1:2008, ISO/DIS 11298-2:2008 (abastecimento de água).</li> <li>– ISO 11295: 2008 (geral) .</li> </ul>	
<b>Materiais utilizados</b>	Plásticos (PE, PVC, PP, PRFV), metálicos (aço e FFD), betão.	
<b>Métodos de instalação</b>	Método A: inserção por compressão dos trechos; Método B: inserção por tração dos trechos; Método C: colocação directamente no posição final.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros</b>	Mínimo: 100 mm (Métodos A e B) 600 mm (Método C) Máximo: 600 mm (Método A e B) 4000 mm (Método C)
	<b>Extensão máxima</b>	150 m
	<b>Execução de curvas</b>	Métodos A e B: não têm flexibilidade para execução de curvas. ☹️ Método C: permite execução de curvas com elevados raios de curvatura. 😊
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Redução significativa da capacidade hidráulica devido à redução da secção, apesar da redução da rugosidade. ☹️</li> <li>– Assegura integridade estrutural à conduta. 😊</li> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pode ser aplicado a qualquer tipo de conduta. 😊</li> <li>– Instalação rápida. 😊</li> <li>– O tipo de ligação das juntas pode variar dependendo do material utilizado; as juntas podem ser travadas ou não.</li> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos: sem restrições. 😊</li> <li>– Acesso à conduta existente exige escavação. ☹️</li> <li>– A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. 😊</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹️</li> <li>– Requer o preenchimento do espaço entre condutas com argamassa. ☹️</li> <li>– A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹️</li> </ul>	

**Legenda:** 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

#### 10.5.4. Entubamento com tubagem ajustada

O processo de entubamento ajustado consiste na inserção de uma tubagem contínua cuja secção transversal foi reduzida relativamente à sua dimensão inicial para facilitar a instalação, no interior de uma conduta existente. O processo é revertido após a



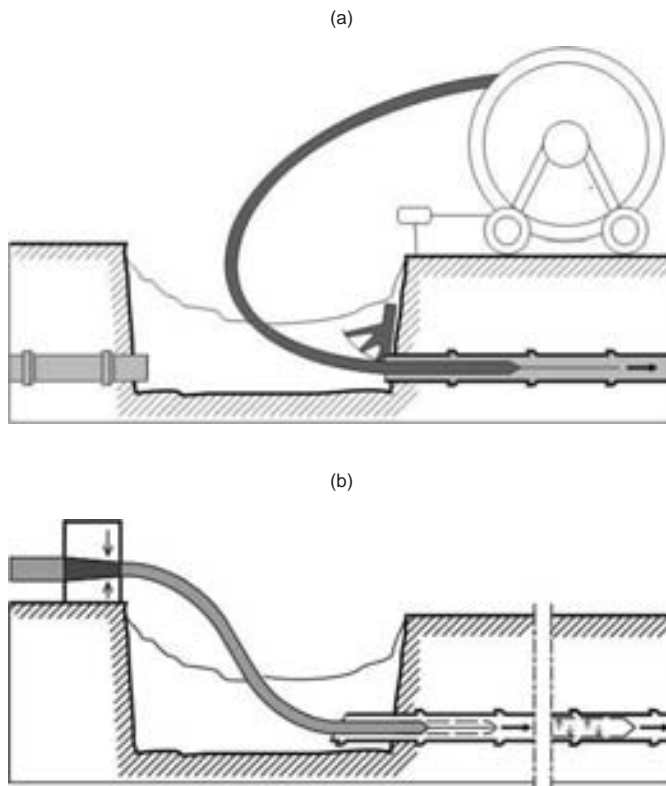
sua colocação, garantindo um ajustamento quase-perfeito à parede da conduta existente (sem espaço entre as duas) e sendo, por essa razão, designado na terminologia anglo-saxónica por *lining with closed-fit pipes* (ISO 11295:2008, prEN 15885:2008). Existem dois processos utilizados consoante o tipo de deformação e de reversão aplicados à nova tubagem:

- Método A – **entubamento com tubagem dobrada** (*fold and form*)

O entubamento com tubagem dobrada consiste na redução da secção transversal da tubagem através da dobragem da conduta em forma de “U” ou “C” durante o processo de fabrico ou *in situ* usando equipamento especial para o efeito (Figura 10.13a), obtendo-se reduções da secção transversal até 40%. Tipicamente, a forma da secção dobrada é mantida através de cintas colocadas ao longo da conduta. Uma vez inserida, as cintas são retiradas (caso tenham sido colocadas) e a tubagem é sujeita ao processo de reversão por efeito de aquecimento ou pressão interna da água, recuperando totalmente o diâmetro inicial. Neste método, podem ser utilizados materiais como o PVC e o PEAD, sendo este último o mais utilizado (Heijn e Larsen, 2004).

- Método B – **entubamento com tubagem deformada** (*rolldown, drawdown, swagelining* ou *deformed/reformed*)

O entubamento com tubagem deformada consiste na redução temporária *in situ* da secção transversal da conduta, fazendo-a passar por uma matriz constituída por dois rolamentos concêntricos que deformam a sua secção transversal por um processo mecânico (compressão diametral) ou por um processo termo-mecânico (compressão diametral com aquecimento), imediatamente antes da sua inserção na conduta existente (Figura 10.13b). Por este método, obtêm-se reduções na secção transversal de cerca de 10%, mantendo a forma circular da secção transversal. Após atingir a posição final, o esforço de tracção é reduzido gradualmente e a tubagem regressa ao seu diâmetro original, garantindo-se a inexistência de espaço e um ajuste perfeito entre as duas tubagens. Este método foi originalmente concebido para a reabilitação de condutas de gás (Heijn e Larsen, 2004). São usadas tipicamente condutas de PE.



**Figura 10.13 – Processo de entubamento com tuga ajustada:**  
(a) Método A e (b) Método B

A colocação é tipicamente efectuada por tracção de uma cabeça metálica ou um gancho ligado à tubagem inserida através de um guincho e de um macaco hidráulico. A aplicação requer a escavação de poços de acesso nas duas extremidades da conduta.

Na Figura 10.14 apresenta-se o processo de dobragem de uma conduta de PEAD *in situ* utilizando equipamento específico, assim como a inserção da conduta dobrada e o seu aspecto final depois de retiradas as cintas e efectuado o enchimento com água. Apresentam-se no Quadro 10.7 as principais características e condições de aplicação do entubamento com tubagem contínua, com base nas normas ISO/DIS 11295:2008 e prEN 15885:2008. A principal vantagem desta técnica é a possibilidade de reforçar a capacidade resistente da conduta existente, a rapidez da instalação, não ser necessário utilizar argamassas de enchimento e a possibilidade de poder ser utilizada em curvas com grande raio de curvatura (WRc, 2001). Como desvantagens destacam-se a

necessidade de ser efectuada a escavação para a ligação dos ramais e necessitar de uma área significativa para o armazenamento das tubagens.



**Figura 10.14 – Entubamento com tubagem dobrada:**  
(a) equipamento de dobragem; (b) dobragem da conduta;  
(c) colocação de cintas; (d) conduta dobrada; (e) cabeça de tracção;  
(g) conduta expandida.

**Quadro 10.7 – Entubamento com tubagem ajustada: principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas relevantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– EN 13566-1: 2002, EN 13566-3: 2002, ISO/DIS 11296-1, ISO/DIS 11296-3, prEN 15885:2008 (águas residuais).</li> <li>– EN 14409-1: 2004, ISO/DIS 11298-1:2008, ISO/DIS 11298-3: 2008 (abastecimento de água)</li> <li>– ISO 11295: 2008 (geral).</li> </ul>	
<b>Métodos de instalação</b>	Método A: entubamento com tubagem dobrada; Método B: entubamento com tubagem deformada.	
<b>Materiais utilizados</b>	PE, PE-X, PP, PRP, PVC-U.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros</b>	Mínimo: 100 mm (Método A); 200 mm (Método B) Máximo: 500 mm (Método A); 1500 mm (Método B)
	<b>Extensão máxima</b>	500 m
	<b>Execução de curvas</b>	Efectua graus de curvatura significativos (até 45°). ☺
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pequena (mínima) redução da capacidade hidráulica, apesar da redução da rugosidade. ☺</li> <li>– Assegura integridade estrutural à conduta. ☺</li> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pode ser aplicado a qualquer tipo de conduta. ☺</li> <li>– Instalação rápida. ☺</li> <li>– Energia necessária para a redução do diâmetro (Método B) aumenta significativamente com o diâmetro e a espessura da conduta. ☹</li> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ mínima (Método A); ☺</li> <li>✓ elevada (Método B) para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹</li> </ul> </li> <li>– Acesso à conduta existente, requer a escavação de poço de entrada. ☹</li> <li>– A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. ☺</li> <li>– Não requer preenchimento do espaço entre condutas. ☺</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹</li> <li>– A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹</li> </ul>	

**Legenda:** ☺ Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

### 10.5.5. Entubamento com tubagem curada *in situ*

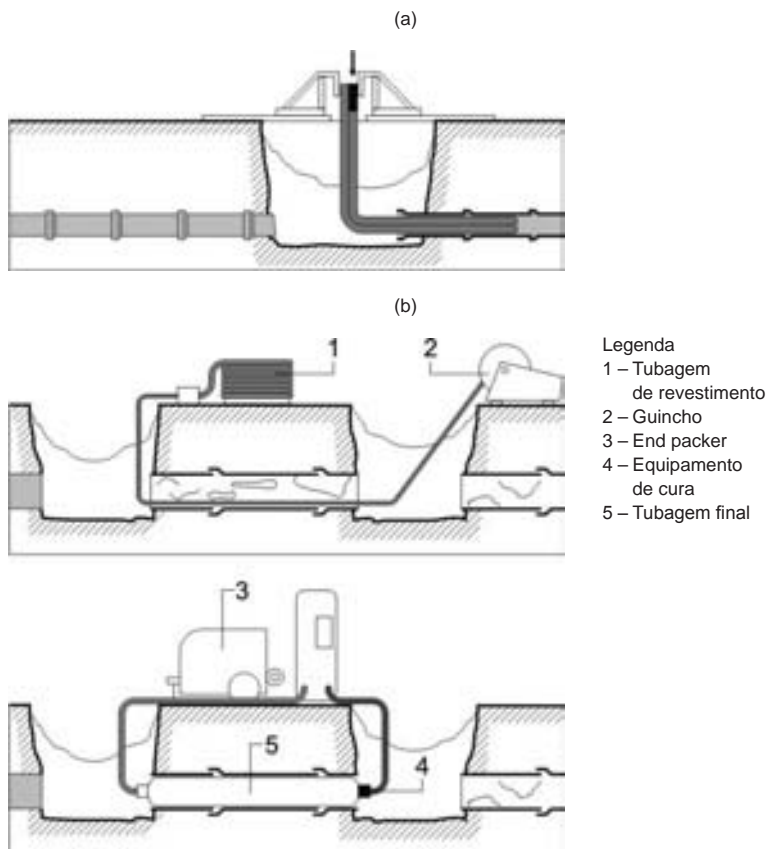
O entubamento com tubagem curada *in situ* (*lining with cured in place pipes – CIPP*) consiste na inserção na conduta existente de uma tubagem flexível (manga) embebida com uma resina termorrígida (reforçada ou não com fibra de vidro), que irá endurecer e formar a nova tubagem após o processo de cura (ISO 11295:2008, prEN 15885:2008). Existem várias técnicas deste tipo disponíveis

no mercado e, de acordo com o processo de inserção na conduta existente, são classificadas em dois tipos principais:

- **Método A – inserção por reversão** (*inverted-in-place*)  
Este método consiste na introdução do tubo ou manga através de pressurização interior com água ou ar, levando à inserção por inversão, com colocação do tubo aderente à conduta existente. A cura da resina é depois efectuada por aquecimento da água ou ar e por aplicação simultânea de pressão.
- **Método B – inserção com guincho** (*winched-in-place*)  
Neste método, a tubagem é introduzida na conduta existente com recurso a um guincho e a um cabo, que a vão arrastando ao longo da extensão da conduta a reabilitar. A reversão é efectuada de modo semelhante ao anterior, procedendo-se ao enchimento da tubagem com ar ou água.

Existem ainda combinações destes dois métodos. Na Figura 10.15 é representada esquematicamente esta técnica de reabilitação. O número de processos disponíveis no mercado é extenso, sendo aplicável também a ramais.

A aplicação desta técnica requer pontos de acesso à conduta através de caixas de válvulas ou de poços escavados para o efeito. Para a aplicação desta técnica, o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço. É muito importante que a técnica seja antecedida pela limpeza e polimento da tubagem existente. Depois da inserção da manga, a eficácia do método depende da adesão da resina da manga às paredes da conduta existente. Segue-se o processo de cura que pode ser iniciado ou potenciado através de aquecimento da resina (recorrendo a água quente, a vapor de água ou a termoventiladores), da incidência de radiação ultravioleta, ou, apenas, pela temperatura ambiente (processo mais lento). Depois da cura, forma-se uma camada impermeável e dura no interior da conduta existente.



**Figura 10.15 – Entubamento com processo de cura *in situ*:  
(a) Método A e (b) Método B.**

Esta técnica pode conferir resistência estrutural, semi-estrutural ou não estrutural à conduta existente consoante as características da resina utilizada (Heijn e Larsen, 2004):

- Manga termorrígida (*woven hose system*), muito utilizada para grandes diâmetros quando a integridade estrutural está em causa devido a roturas, a fugas, à corrosão externa ou interna ou a juntas defeituosas. Neste caso, estas mangas conferem integridade estrutural ou semi-estrutural, consoante a necessidade da conduta existente;
- Manga têxtil revestida com elastómero (*felt-based liner system*), onde o material têxtil é constituído por fibras de poliéster podendo incluir ou não fibra de vidro, de forma a conferir integridade estrutural ou semi-estrutural;

- Membrana de elastómero embebida em resina (*membrane system*), muito fina, inicialmente concebida para sistemas de gás de baixa pressão, tendo como função colmatar pequenos orifícios e fissuras ou proteger contra a corrosão interna. Não garante integridade estrutural à conduta, sendo particularmente adequada para resolver problemas de qualidade da água.

As resinas utilizadas em sistemas de abastecimento de água deverão cumprir os requisitos da legislação e regulamentação aplicáveis em matéria da saúde pública. Por outro lado, na utilização deste tipo de técnicas é necessário adoptar medidas de protecção do pessoal, nomeadamente respiratória, em virtude de existirem vapores tóxicos. Estas podem incluir a necessidade de ventilação forçada ou uso de máscaras de protecção com filtros adequados (Stein, 2001).

No Quadro 10.8 apresentam-se as principais características e condições de aplicação do entubamento com tubagem curada *in situ*, com base nas normas ISO/DIS 11295:2008 e prEN 15885:2008.

As grandes vantagens desta técnica incluem a rapidez de instalação, a possibilidade de reforçar a capacidade resistente estrutural da conduta existente e de ser aumentada a sua capacidade hidráulica, permitir efectuar graus de curvatura até 90° dentro da conduta existente e não ser necessário aplicar argamassas de enchimento.

As principais desvantagens incluem a necessidade de pessoal especializado, a proporção significativa dos custos em trabalhos preparatórios, a necessidade de criar alternativas de abastecimento durante a sua instalação, a necessidade de remover e reinstalar mais *a posteriori* todos os órgãos e acessórios recorrendo a escavação local.

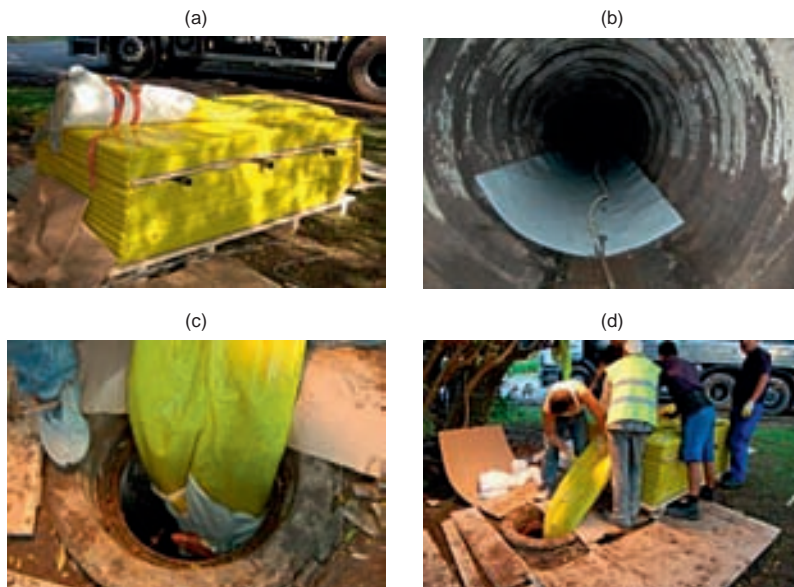
**Quadro 10.8 – Entubamento com processo de cura *in situ*: principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas relevantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– EN 13566-1: 2002, EN 13566-4: 2002, ISO/DIS 11296-1, ISO/DIS 11296-4, prEN 15885: 2008 (águas residuais).</li> <li>– EN 14409-1: 2004, ISO/DIS 11298-1:2008 (abastecimento de água).</li> <li>– ISO 11295: 2008, ISO 25780:2008 (geral) .</li> </ul>	
<b>Materiais utilizados</b>	Material compósito consistindo num tubo flexível ou manga (com ou sem reforço da sua capacidade resistente) impregnado com uma resina endurecível termicamente (e.g., PU ou EP), podendo ter membrana de revestimento interior ou exterior.	
<b>Métodos de instalação</b>	<p>Métodos de inserção</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Método A: inserção por inversão (<i>inverted-in-place installation</i>).</li> <li>– Método B: inserção com guicho (<i>winched-in-place installation</i>).</li> <li>– Combinação dos dois métodos anteriores.</li> </ul> <p>Métodos para iniciar ou acelerar o processo de cura da resina através de calor, de raios UV ou da temperatura ambiente.</p>	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros</b>	Mínimo: 100 mm Máximo: 2800 mm
	<b>Extensão máxima</b>	600 m (Método A) e 150 m (Método B)
	<b>Execução de curvas</b>	Capacidade de efectuar graus de curvatura significativos (até 90°). 😊
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pequeno (mínimo) aumento da capacidade hidráulica apesar da redução da secção transversal. 😊</li> <li>– Não é possível reverter o processo de instalação. ☹️</li> <li>– Possibilidade de assegurar integridade estrutural à conduta (solução estrutural, semi-estrutural ou não estrutural). 😊</li> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Instalação rápida. 😊</li> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos mínima. 😊</li> <li>– Acesso à conduta existente através de pontos de acesso ou através de pequenas escavações. ☹️</li> <li>– A técnica depende da adesão da tubagem inserida à existente. ☹️</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹️</li> <li>– Não requer preenchimento do espaço entre condutas. 😊</li> <li>– A ligação os ramais laterais pode ser efectuada através de um robot pelo interior da conduta para maiores diâmetros, não necessitando de escavação. 😊</li> </ul>	

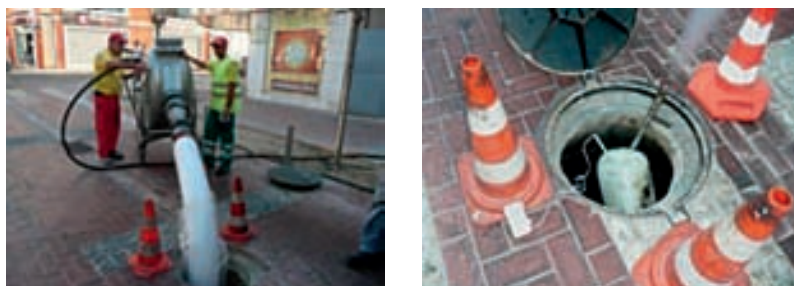
**Legenda:** 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

Na Figura 10.16, apresentam-se aspectos de uma aplicação da inserção com guincho e, na Figura 10.17, ilustra-se a aplicação com inserção por inversão.





**Figura 10.16 – Entubamento com tubagem curada *in situ* (inserção com guincho): (a) manga flexível; (b) plástico de protecção; (c) início de inserção da manga; (d) inserção da manga**



**Figura 10.17 – Entubamento com tubagem curada *in situ* (inserção por inversão)**

#### **10.5.6. Entubamento com manga adesiva por reversão**

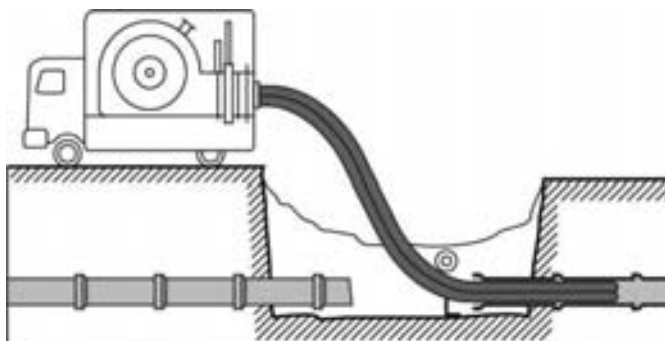
O processo de entubamento com manga adesiva por reversão (*lining with adhesive-backed hoses*) consiste na inserção de uma manga resistente com uma camada adesiva que adere à parede da conduta existente, conferindo-lhe apenas resistência semi-estrutural (ISO 11295:2008).

A aplicação desta técnica requer pontos de acesso à conduta através de caixas de válvulas ou de poços escavados para o

feito. Para a aplicação desta técnica, o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço. É muito importante que a técnica seja antecedida pela limpeza e polimento da tubagem existente. A inserção da manga adesiva é efectuada por inversão com injeção de ar e o processo de cura é garantido pelo aquecimento do adesivo utilizando vapor de água. Depois da inserção da manga, a eficácia do método depende da adesão da manga às paredes da conduta existente.

Em termos de instalação, esta técnica é similar ao entubamento com tubagem curada *in situ*, quando a inserção é efectuada por reversão. A principal diferença entre as duas técnicas está no material que constitui a manga que, no presente caso, garante apenas resistência estrutural parcial, enquanto que no entubamento com tubagem curada *in situ* pode garantir resistência estrutural, semi-estrutural ou não estrutural.

A aplicação desta técnica é ilustrada na Figura 10.18.



**Figura 10.18 – Entubamento com manga adesiva por reversão**

Apresentam-se no Quadro 10.9 as principais características e condições de aplicação do entubamento com manga adesiva por reversão, com base na norma ISO/DIS 11295:2008.

As grandes vantagens desta técnica incluem a rapidez de instalação, a necessidade de uma área mínima para a execução dos trabalhos, uma redução mínima da capacidade hidráulica da conduta, permitir efectuar graus de curvatura até 90° dentro da conduta existente e não ser necessário aplicar argamassas de enchimento.

As principais desvantagens incluem a incapacidade de reforçar a capacidade resistente estrutural da conduta existente, a necessidade de pessoal especializado, a proporção significativa dos custos em trabalhos preparatórios, a necessidade de criar alternativas

de abastecimento durante a sua instalação, a necessidade de remover e reinstalar mais *a posteriori* todos os órgãos e acessórios recorrendo a escavação local.

**Quadro 10.9 – Entubamento com manga adesiva por reversão: principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas relevantes</b>	– EN 14409-1: 2004, ISO/DIS 11298-1:2008 (abastecimento de água). – EN ISO 11295: 2008, ISO 25780: 2008 (geral).	
<b>Materiais utilizados</b>	Manga circular constituída por fibras acrílicas ou de poliéster, revestida num dos lados com um termoplástico (e.g., PE) e do outro lado com uma resina termorrígida (e.g., EP ou PU).	
<b>Métodos de instalação</b>	Inserção da manga adesiva por inversão com injeção de ar e processo de cura por aquecimento do adesivo utilizando vapor de água.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros típica</b>	Mínimo: 50 mm Máximo: 1500 mm
	<b>Extensão máxima</b>	150 m
	<b>Execução de curvas</b>	Permite a execução de curvas (até 90°). 😊
<b>Desempenho</b>	– Redução mínima da capacidade hidráulica. 😊 – Não assegura a integridade estrutural total da conduta (solução semi-estrutural). ☹️	
<b>Características de instalação</b>	– Área necessária para a execução dos trabalhos: mínima. 😊 – Acesso à conduta existente exige escavação. ☹️ – A técnica depende da adesão da tubagem inserida à existente. ☹️ – Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹️ – Não requer preenchimento do espaço entre condutas. 😊 – A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹️	

**Legenda:** 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

### 10.5.7. Síntese das características da conduta de inserção

As condutas utilizadas no processo de entubamento (designadas por *liners*) deverão resistir tanto a esforços inerentes à montagem e à instalação como a cargas internas e externas durante toda a sua vida útil. A resistência estrutural das mesmas pode ser classificada de acordo com o Quadro 10.10:

- **Classe A:** se a conduta inserida tem, por si só, capacidade resistente a todas as solicitações internas ao longo da sua vida útil técnica, não dependendo da capacidade resistente da tubagem existente;

- **Classe B:** se a conduta inserida só confere resistência estrutural em conjunto com a conduta existente e se tem rigidez suficiente para não se deformar quando a conduta é despressurizada;
- **Classe C:** se a conduta inserida só confere resistência estrutural em conjunto com a conduta existente mas não tem rigidez suficiente para não se deformar quando a conduta é despressurizada;
- **Classe D:** quando o material ou conduta utilizado não confere qualquer resistência estrutural nem mesmo em conjunto com a tubagem existente, tendo apenas como função o revestimento interior da conduta.

**Quadro 10.10 – Classificação da resistência estrutural das condutas de inserção**






Características da conduta inserida	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Resistência estrutural em caso de rotura da tubagem existente	✓			
Classe de pressão de longo prazo superior ou igual à máxima pressão de operação	✓			
Rigidez intrínseca ao material da conduta quando despressurizada	✓	✓	(1)	(1)
Resistência estrutural de longo prazo em zonas com orifícios e fissuras para a máxima pressão de funcionamento	✓	✓(2)	✓	
Garante um revestimento interno (3)	✓	✓	✓	✓

Fonte: adaptado de ISO 11295:2008

Notas:

- (1) Depende da adesão à parede da conduta existente.
- (2) Está suficientemente ajustado à parede da conduta existente que transfere a pressão interna para a mesma.
- (3) Serve de protecção contra a corrosão ou contra a tuberculização; também reduz a rugosidade da parede, podendo ou não aumentar a capacidade hidráulica de transporte.

A cada uma das classes de resistência estrutural atrás referida está associada uma técnica de renovação conforme apresentado na Figura 10.19.

Classe A		Classe B	Classe C	Classe D
				
Sem ajustamento	Com ajustamento perfeito	Rigidez inerente à secção transversal	Rigidez depende da adesão	
Renovação estrutural		Renovação semi-estrutural		Renovação não estrutural
Conduta independente		Conduta dependente da existente		

Entubamento simples	Entubamento com tubagem ajustada	Entubamento com manga adesiva	Revestimento interior
	Entubamento com processo de cura <i>in situ</i>		

Fonte: adaptado de ISO 11295:2008

**Figura 10.19 – Classificação da resistência estrutural das condutas e materiais utilizados em renovação e correspondência entre as classes e as técnicas de renovação**

## 10.6. Técnicas de substituição de condutas com abertura de vala

### 10.6.1. Considerações gerais

As técnicas de substituição, ou seja, aquelas em que é feita a construção de um novo componente do sistema, incorporando a função do componente existente que é desactivado, sendo ou não mantido o alinhamento ou a localização do componente existente, incluem técnicas com ou sem abertura de vala. Na presente secção são apresentadas as técnicas referentes à substituição de condutas com abertura de vala. Existem dois tipos de métodos para a abertura de vala (Selvakumar *et al.*, 2002, Stein, 2001):

- método convencional de substituição com abertura de vala (*conventional open trench method*);
- métodos não convencionais de substituição com abertura de vala reduzida (*narrow trench and mole ploughing*).

Nas secções seguintes passa-se à descrição de cada uma destas técnicas e ao levantamento das suas principais características, vantagens e inconvenientes, e das normas aplicáveis.

### 10.6.2. Substituição com abertura de vala

O método convencional de substituição com abertura de vala (*open trench method*) é o método mais antigo e mais utilizado, tanto para a construção de condutas novas, como para a substituição de condutas existentes. Consiste na escavação do terreno ao longo do desenvolvimento longitudinal da conduta a reabilitar, desde a cota da superfície do solo até à base da soleira da conduta.

Muitas vezes, a vala é aberta ao lado e paralelamente à conduta existente, permitindo garantir o abastecimento enquanto se realiza a intervenção, só se procedendo à desactivação da conduta existente e ligação final da conduta nova, após terminada a sua instalação. Outras vezes, opta-se por abrir a vala sobre a conduta existente, remover a conduta e inserir a conduta nova; nestes casos, é necessário criar alternativas de abastecimento durante a execução da obra (e.g., instalação de ramais provisórios, ver Secção 10.3.1).

As dimensões da vala (largura e profundidade) e a sua constituição (espessura e material das diferentes camadas) deverão respeitar as especificações de projecto, sujeitas a alterações consoante as condições locais sejam diferentes das consideradas, de acordo com a legislação em vigor (Artigos 25.º a 28.º, Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto<sup>12</sup>) e normas aplicáveis.

---

#### <sup>12</sup> Artigo 25 – Profundidade

1 – A profundidade de assentamento das condutas não deverá ser inferior a 0,80 m, medida entre a geratriz exterior superior da conduta e o nível do pavimento.

2 – Pode aceitar-se um valor inferior ao indicado desde que se protejam convenientemente as condutas para resistir a sobrecargas ou a temperaturas extremas.

3 – Em situações excepcionais, admitem-se condutas exteriores ao pavimento desde que sejam convenientemente protegidas mecânica, térmica e sanitariamente.

#### Artigo 26 – Largura das valas

1 – Para profundidades até 3 m, a largura das valas para assentamento das tubagens deverá ter, em regra, a dimensão mínima definida pelas seguintes fórmulas:

$L = D_{ext} + 0,50$  para condutas de diâmetro até 0,50 m;

$L = D_{ext} + 0,70$  para condutas de diâmetro superior a 0,50 m;

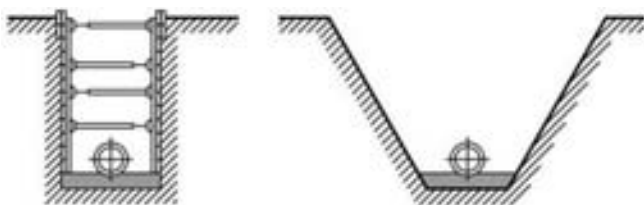
onde  $L$  é a largura da vala (m) e  $D_{ext}$  o diâmetro exterior da conduta (m).

2 – Para profundidades superiores a 3 m, a largura mínima das valas pode ter de ser aumentada em função do tipo de terreno, processo de escavação e nível freático.

#### Artigo 27 – Assentamento

1 – As tubagens devem ser assentes por forma a assegurar-se que cada troço de tubagem se apoie contínua e directamente sobre terrenos de igual resistência.

Na Figura 10.20 são apresentadas diversas representações esquemáticas de valas-tipo. Na Figura 10.21, apresentam-se exemplos de intervenções de reabilitação com abertura de vala.



**Figura 10.20 – Substituição com vala aberta (representação esquemática)**

---

2 – Quando, pela sua natureza, o terreno não assegure as necessárias condições de estabilidade das tubagens ou dos acessórios, deverá fazer-se a sua substituição por material mais resistente devidamente compactado.

3 – Quando a escavação for feita em terreno rochoso, as tubagens devem ser assentes, em toda a sua extensão, sobre uma camada uniforme previamente preparada de 0,15 m a 0,30 m de espessura, de areia, gravilha ou material similar cuja maior dimensão não exceda 20 mm.

4 – Devem ser previstos maciços de amarração nas curvas e pontos singulares, calculados com base nos impulsos e resistência dos solos.

#### **Artigo 28 – Aterro das valas**

1 – O aterro das valas deverá ser efectuado de 0,15 m a 0,30 m acima do extradorso das tubagens com material cujas dimensões não excedam 20 mm.

2 – A compactação do material do aterro deverá ser feita cuidadosamente por forma a não danificar as tubagens e a garantir a estabilidade dos pavimentos.





**Figura 10.21 – Substituição com vala aberta (método convencional)**

O processo de substituição com vala aberta é largamente utilizado, permite instalar condutas de diferentes tipos de materiais, classes de resistência e diâmetros. Os cuidados a ter em projecto e na execução deste tipo de intervenção encontram-se especificados nas Secções 7.5.2 e 7.5.3. Apresentam-se no Quadro 10.11 as principais características desta solução de reabilitação.

As principais vantagens desta técnica são a flexibilidade em termos de dimensões, características da secção transversal, materiais, condições geológicas e hidrológicas, profundidade, entre outros. Os requisitos a aplicar à nova conduta podem ser diferentes dos da existente. A técnica de substituição com abertura de vala é mais vantajosa se forem efectuados, simultaneamente, trabalhos noutras infra-estruturas, particularmente em pavimentos.

As principais desvantagens resultam da ocupação significativa de área superficial, podendo causar perturbações significativas em termos sociais, económicos e no funcionamento de outras infra-estruturas. A abertura de vala pode ainda ter efeitos negativos nas estruturas e infra-estruturas próximas, especialmente em zonas urbanas consolidadas, os custos podem ter acréscimo significativo devido à necessidade de adoptar medidas para remover material de escavação, acções para assegurar o desvio do tráfego, remoção e recolocação do pavimento, colocação de atravessamentos para



veículos ou peões, manutenção do escoamento das águas residuais provenientes de ramais ligados ao colector existente.

**Quadro 10.11 – Substituição com abertura de vala: principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas e legislação relevantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto (geral).</li> <li>– NP EN 1610:2008 (águas residuais).</li> </ul>	
<b>Materiais utilizados</b>	Qualquer material desde que respeite os requisitos de projecto.	
<b>Métodos de instalação</b>	Com ou sem entivação, dependendo da profundidade da vala.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros típica</b>	Sem limitações específicas. 😊
	<b>Extensão máxima</b>	Sem limitações específicas. 😊
	<b>Execução de curvas</b>	Sem limitações específicas. 😊
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Possibilidade de aumento da capacidade hidráulica. 😊</li> <li>– Assegura a integridade estrutural total da conduta. 😊</li> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos elevada. ☹️</li> <li>– Impactos sociais e ambientais negativos associados à intervenção e ocupação do espaço público elevados: ruído, vibração, comércio, circulação pedestre e viária, necessidade de reposição de pavimentos, etc. ☹️</li> <li>– Custo aumenta com profundidade da instalação. ☹️</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento e de execução de ramais provisórios. ☹️</li> <li>– A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹️</li> </ul>	

**Legenda:** 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

### 10.6.3. Substituição com abertura de vala reduzida

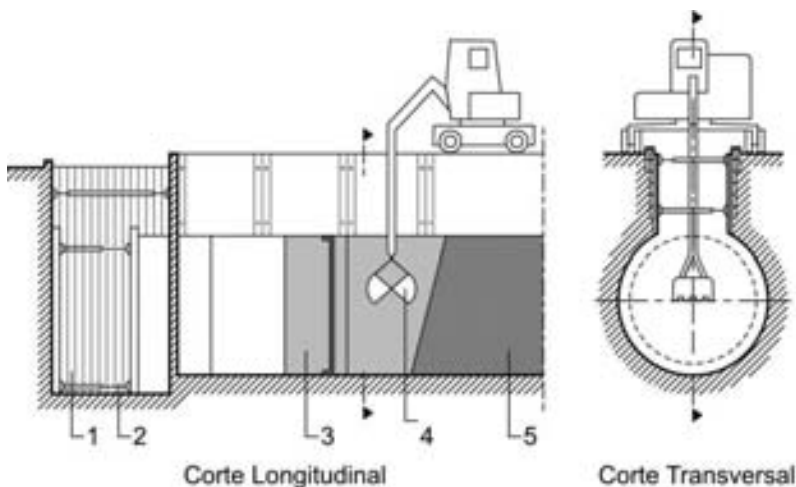
O método de substituição com vala reduzida, em termos gerais, consiste na escavação de uma vala estreita, centrada com o eixo da conduta existente, através da qual é gradualmente removida a conduta existente e empurrada a nova tubagem a partir de uma galeria de acesso, onde é instalado o equipamento para a sua introdução.

A nova tubagem deverá ter o topo tamponado para evitar a entrada de solo ou de água, sendo possível aplicar esta técnica sem necessidade de rebaixamento do nível freático.

A largura da vala reduz-se ao mínimo estritamente necessário para a remoção da conduta existente e para inserção da nova através de um dos topos, dependendo do equipamento de escavação disponível e da profundidade da escavação (Stein, 2001). Neste

caso, a substituição é efectuada ao longo do alinhamento original do colector existente.

Na Figura 10.22 é representada esquematicamente esta técnica de reabilitação.



**Legenda:**

- |  |  |
|--|--|
| 1 – Galeria de acesso para inserção com sistema de contenção | 3 – Troço em preparação                |
| 2 – Sistema de empurre da nova tubagem                       | 4 – Equipamento de remoção de material |
|  | 5 – Conduta existente                  |

**Figura 10.22 – Substituição com abertura de vala reduzida**

Esta técnica tem evoluído particularmente na forma de abertura da vala. É muito utilizada para a instalação de cabos e de condutas de pequeno diâmetro em terrenos em terra, sendo conhecida na terminologia anglo-saxónica por *Mole Ploughing* (tradução: arado toupeira). A sua aplicação provoca uma perturbação mínima à superfície durante a execução dos trabalhos. Esta técnica recorre a uma lâmina (arado) que é arrastada ao longo do terreno (fora do alinhamento da conduta a reabilitar), através de um cabo, a uma profundidade pré-definida, recorrendo a um tractor. A conduta é inserida através de um poço de acesso, encontrando-se agarrada à parte posterior da lâmina, sendo automaticamente instalada à medida que a lâmina avança. Esta variante do método não permite a remoção da conduta existente, sendo particularmente útil para a instalação de condutas novas.

No Quadro 10.12 apresentam-se as principais características e condições de aplicação da substituição com abertura de vala reduzida com base na norma NP EN 1610:2008 e em Stein (2001).

**Quadro 10.12 – Substituição com abertura de vala estreita:  
principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas e legislação relevantes</b>	– NP EN 1610:2008 (águas residuais).	
<b>Materiais utilizados</b>	Qualquer material desde que respeite os requisitos de projecto.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros típica</b>	Variável (até 500 mm).
	<b>Extensão máxima</b>	Depende do equipamento e do diâmetro.
	<b>Execução de curvas</b>	Possível.
<b>Desempenho</b>	– Possibilidade de aumento da capacidade hidráulica. 😊 – Assegura a integridade estrutural total da conduta. 😊	
<b>Características de instalação</b>	– Área necessária para a execução dos trabalhos variável, mas menor do que para vala normal. ☹️ – Necessário escavação de poço para instalação de equipamento e inserção de nova tubagem. ☹️ – Impactos negativos associados à intervenção e ocupação do espaço público embora menores que com vala normal. ☹️ – Profundidade da instalação limitada até cerca de 1,5 m. ☹️ – Necessidade de suspensão do abastecimento e de execução de ramais provisórios. ☹️ – A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹️	

**Legenda:** 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

## 10.7. Técnicas de substituição de condutas sem abertura de vala

### 10.7.1. Considerações gerais

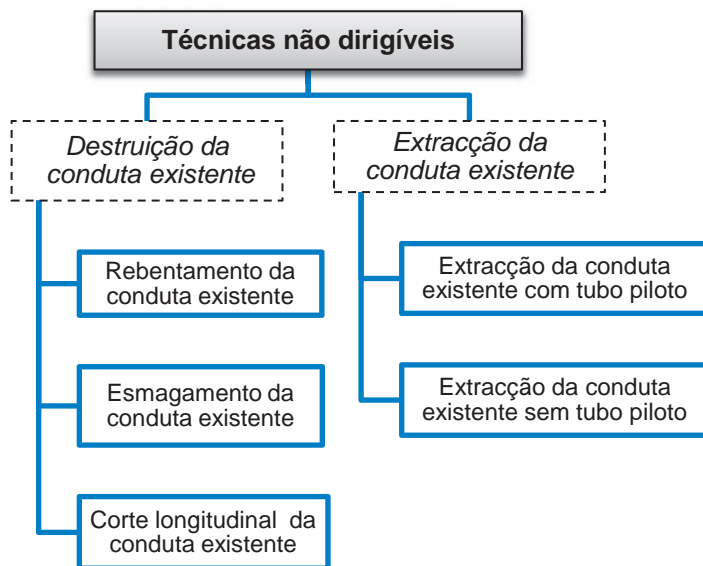
As técnicas de substituição de condutas sem abertura de vala ou em galeria (*trenchless replacement techniques*) consistem na inserção de uma nova conduta ao longo, ou na proximidade, da conduta existente, sem necessidade de proceder à escavação em todo o seu desenvolvimento (recorrem apenas à abertura de poços de acesso). Em geral, estas técnicas recorrem a dispositivos que exercem forças aplicadas ao solo ou à conduta existente, de modo contínuo ou intermitente, por percussão ou por vibração, a partir de um poço de entrada em direcção a um poço ou ponto de saída. O solo e a conduta são deslocados ou removidos na frente de perfuração (NP EN 12889:2008).

São técnicas que podem ser aplicadas com a mínima perturbação da área de intervenção, reduzindo significativamente os custos sociais e ambientais decorrentes da abertura de vala (e.g., atrasos

devidos ao desvio do trânsito, a prejuízos provocados a comerciantes em locais com obras, impacto visual da obra em zonas turísticas). São particularmente adequadas quando é necessário aumentar a capacidade hidráulica da conduta, em zonas urbanas com muito tráfego e onde a abertura de vala é uma solução inviável. Estas técnicas garantem também o aumento da integridade e da resistência estrutural da conduta, na medida em que esta é substituída.

As técnicas de substituição de condutas podem ser classificadas em dirigíveis e não dirigíveis (NP EN 12889: 2008). As **técnicas dirigíveis** são técnicas que dispõem de dispositivos de controlo (e.g., sistema de laser) que garantem um alinhamento exacto da conduta, necessário para evitar danos noutras infra-estruturas enterradas adjacentes. Pelo contrário, as **técnicas não dirigíveis** são aplicáveis em situações em que a instalação da tubagem não requeira uma grande exactidão de alinhamento. Nas Figuras 10.23 e 10.24 apresentam-se as diferentes famílias de técnicas de substituição sem abertura de vala não dirigíveis e dirigíveis, utilizadas na reabilitação de condutas de água.

A escolha da técnica mais adequada a cada situação depende dos seguintes factores: exactidão requerida do alinhamento em planta e perfil, proximidade de outras infra-estruturas, diâmetro da conduta, extensão a reabilitar, condições geológicas e hidrogeológicas locais, e profundidade de implantação (NP EN 12889:2008).



**Figura 10.23 – Técnicas não dirigíveis de substituição**

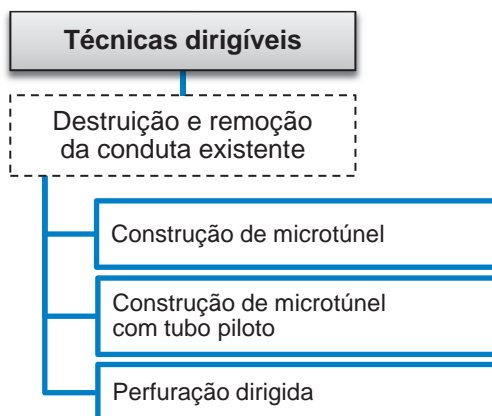


Figura 10.24 – Técnicas dirigíveis de substituição

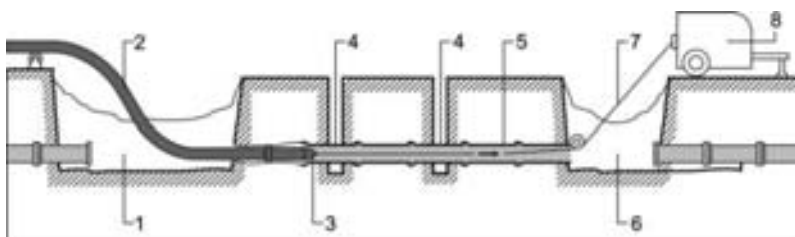
Nas secções seguintes procede-se à descrição e à caracterização pormenorizada das mesmas técnicas, salientando-se as principais diferenças entre técnicas dentro da mesma família.

#### 10.7.2. Rebentamento da conduta existente

O processo de rebentamento da conduta existente (*pipe bursting*) consiste na destruição por rebentamento da conduta existente e, simultaneamente, na inserção de uma nova tubagem de diâmetro igual ou superior (Simicevic e Sterling, 2001, NRC, 2003, Heijn e Larsen, 2004, Grilo 2007, NP EN 12889:2008).

A destruição da conduta existente é efectuada através de uma unidade constituída por uma cabeça cónica, de diâmetro superior ao da conduta existente, que é impulsionada para o interior da conduta, ao mesmo tempo que é puxada ao longo da mesma por um guincho. A conduta existente é, assim, destruída e os seus fragmentos são projectados lateralmente contra o solo circundante. A nova tubagem é directamente arrastada pela cabeça e vai sendo instalada ao longo do desenvolvimento da conduta existente à medida que esta vai sendo destruída (Figura 10.25). Estas intervenções podem ser realizadas a partir de poços de acesso abertos especificamente para o efeito.

Uma variante deste processo consiste na instalação prévia de uma tubagem de protecção de pequena resistência, simultaneamente com processo destruição da conduta existente, e só posteriormente terminado o processo, na inserção da tubagem nova (neste caso, trata-se de um duplo entubamento).



**Legenda:**

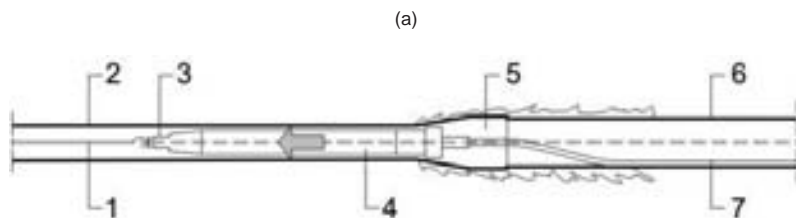
- |                        |                       |                            |
|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1 – Poço de inserção   | 4 – Desvio provisório | 7 – Cabo de tracção        |
| 2 – Tubagem nova       | 5 – Conduta existente | 8 – Equipamento de tracção |
| 3 – Cabeça de inserção | 6 – Poço de saída     |                            |

**Figura 10.25 – Rebentamento da conduta existente**

Existem três tipos de métodos para a destruição por rebentamento da conduta existente (Figura 10.26):

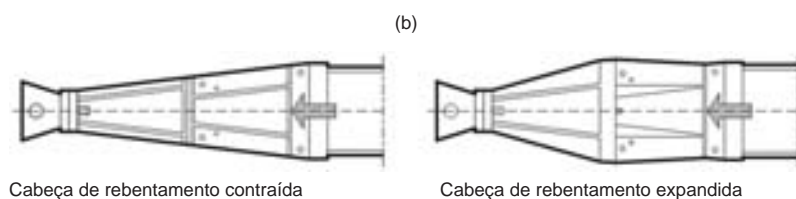
- **Método pneumático ou de percussão** – a cabeça cônica avança e destrói a conduta por percussão exercida por um martelo pneumático;
- **Método hidráulico de expansão** – a cabeça expande com pressão exercida no seu interior e destrói a conduta;
- **Método estático de tracção** – a cabeça tronco-cônica é movida pela tracção exercida num cabo e destrói a conduta à medida que avança.

Em qualquer dos métodos, a cabeça é puxada por um cabo traccionado que facilita o rebentamento e que guia a unidade ao longo da conduta. Na Figura 10.27 apresenta-se a forma da cabeça de rebentamenta usada em cada um dos métodos.



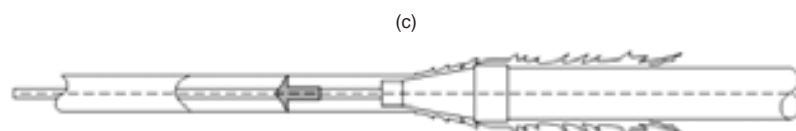
**Legenda:**

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 1 – Cabo de tracção   | 5 – Cabeça de expansão |
| 2 – Conduta existente | 6 – Nova conduta       |
| 3 – Cabeça de tracção | 7 – Cabo de aço        |
| 4 – Motor pneumático  |                        |



Cabeça de rebentamento contraída

Cabeça de rebentamento expandida



**Figura 10.26 – Métodos de rebentamento da conduta:**  
(a) sistema pneumático, (b) sistema hidráulico  
e (c) sistema estático de tracção



Cabeça de actuação  
pneumática

Cabeça de actuação  
hidráulica

Cabeça de actuação  
estática de tracção

**Figura 10.27 – Cabeças cónicas das unidades de rebentamento da conduta**

Esta técnica é aplicada a condutas constituídas por materiais frágeis como seja o fibrocimento, o ferro fundido cinzento, o betão, e materiais plásticos. Não é uma técnica recomendável para a substituição de condutas de ferro fundido e de aço dada a dificuldade na destruição destes materiais por rebentamento. Existem casos em que se inserem discos cortantes e uma ponta afiada na cabeça de inserção para facilitar a destruição de materiais mais resistentes.

Apresentam-se no Quadro 10.13 as principais características desta técnica de reabilitação.

O rebentamento da conduta existente é um dos métodos mais vantajosos quando há muito poucos ramais laterais e acessórios, a conduta está muito deteriorada em termos estruturais e é necessário aumentar a capacidade hidráulica da mesma. O diâmetro da conduta inserida pode ser significativamente superior ao da conduta existente, mas depende das características geotécnicas locais, da proximidade de outras infra-estruturas e do recobrimento existente.

No entanto, esta técnica produz níveis de vibração e de assentamentos no terreno envolvente que podem afectar as infra-estruturas adjacentes. A unidade de destruição da conduta deverá respeitar distâncias mínimas de 1 m em relação a outras condutas enterradas e a 2,5 m de edifícios; caso contrário, deverão ser tomadas medidas especiais de protecção das infra-estruturas adjacentes.

Também apresenta dificuldades acrescidas de aplicação em solos expansivos ou muito duros, em secções da conduta com reparações efectuadas com materiais metálicos, em zonas em que a conduta está envolvida em betão (maciços) e em zonas obturadas, o que muitas vezes se resolve com escavação local.



**Quadro 10.13 – Rebentamento da conduta existente:  
principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas relevantes</b>	NP EN 12889: 2008. ASTM C1208 / C1208M-99a.	
<b>Materiais utilizados</b>	PE, PVC, PP, GRP, FFC, betão armado.	
<b>Métodos de instalação</b>	Método pneumático ou de percussão. Método hidráulico de expansão. Método estático de tracção.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros típica</b>	50 – 1200 mm
	<b>Extensão máxima</b>	150 m (para equipamento normal) 400 m (para equipamento de elevada potência)
	<b>Execução de curvas</b>	Não permite executar curvas ☹
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Permite o aumento da capacidade hidráulica. ☺</li> <li>– Assegura integridade estrutural. ☺</li> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Necessidade de inserção de condutas contínuas.</li> <li>– Não requer trabalhos preparatórios de limpeza. ☺</li> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos: <i>elevada</i> para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹</li> <li>– Acesso à conduta existente exige escavação nas extremidades de inserção. ☹</li> <li>– A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹</li> <li>– A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. ☺</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹</li> <li>– Pode afectar significativamente a integridade estrutural de outras infra-estruturas adjacentes (e.g., edifícios antigos, colectores de grés). ☹☹</li> </ul>	

**Legenda:** ☺ Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

Fonte: Simicevic e Sterling, 2001

Na Figura 10.28 apresentam-se algumas imagens da aplicação do processo de rebentamento da conduta existente.



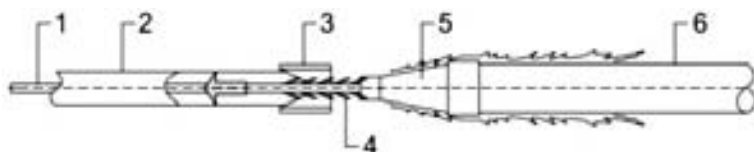
**Figura 10.28 – Rebentamento da conduta existente: (a) cabeça cônica; (b) inserção de conduta de polietileno; (c) equipamento pneumático; (d) conduta destruída.**

### **10.7.3. Esmagamento da conduta existente**

A técnica de esmagamento da conduta existente (*pipe implosion* ou *pipe crushing*) consiste na destruição da conduta, de fora para dentro, seguida do afastamento dos fragmentos de conduta para fora do perímetro de inserção (sem os remover) e, finalmente na inserção da nova tubagem (Figura 10.29). Todo este processo é efectuado em simultâneo (Simicevic e Sterling, 2001).

O equipamento utilizado tem dois componentes: o primeiro constituído por uma cabeça de esmagamento que destrói a conduta para o interior e uma segunda parte, um cone de aço, que empurra os fragmentos de conduta e o solo envolvente para fora de modo a permitir a inserção da nova conduta. A cabeça de esmagamento tem a forma cilíndrica, é ligeiramente mais larga do que a conduta a reabilitar. No interior do cilindro existem lâminas de aço que

comprimem radialmente (esmagam) a conduta à medida que esta avança. O movimento da cabeça e da conduta é assegurada por um cabo traccionado (meios *estáticos de tracção*).



**Legenda:**

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 1 – Cabo de tracção   | 4 – Lâminas de corte   |
| 2 – Conduta existente | 5 – Cabeça de expansão |
| 3 – Cabeça de tracção | 6 – Nova Tubagem       |

**Figura 10.29 – Esmagamento da conduta existente**

Trata-se de uma técnica muito similar à do rebentamento da tubagem existente, sendo particularmente útil para materiais frágeis como seja o fibrocimento, o ferro fundido cinzento, o betão, e materiais plásticos. Permite aumentar a capacidade hidráulica da conduta assim como garante a sua integridade estrutural. O diâmetro da conduta inserida pode ser significativamente superior ao da conduta existente, mas depende das características geotécnicas locais, da proximidade de outras infra-estruturas e do recobrimento existente.

Também apresenta dificuldades de aplicação em solos expansivos ou muito duros, em secções da conduta com reparações efectuadas com materiais metálicos, em zonas em que a conduta está envolvida em betão (maciços), o que muitas vezes se resolve com escavação local.

No entanto, tem a vantagem relativamente à técnica de rebentamento de não afectar a integridade estrutural de outras infra-estruturas adjacentes à conduta (e.g., edifícios antigos ou colectores de águas residuais).

Apresentam-se no Quadro 10.14 as principais características desta técnica de reabilitação.

**Quadro 10.14 – Esmagamento da conduta existente: principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas relevantes</b>	Não existem.	
<b>Materiais utilizados</b>	PE, PVC, PP, GRP, FFC, betão armado.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros típica</b>	Variável (depende da potência do equipamento).
	<b>Extensão máxima</b>	Variável (depende da potência do equipamento).
	<b>Execução de curvas</b>	Não permite executar curvas. ☹️
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Permite o aumento da capacidade hidráulica. 😊</li> <li>– Assegura integridade estrutural. 😊</li> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Necessidade de inserção de condutas contínuas.</li> <li>– Não requer trabalhos preparatórios de limpeza. 😊</li> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos: <i>elevada</i> para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹️</li> <li>– Acesso à conduta existente exige escavação nas extremidades. ☹️</li> <li>– A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹️</li> <li>– A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente 😊</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹️</li> <li>– Pode afectar a integridade estrutural de outras infra-estruturas adjacentes (e.g., edifícios antigos). ☹️</li> </ul>	

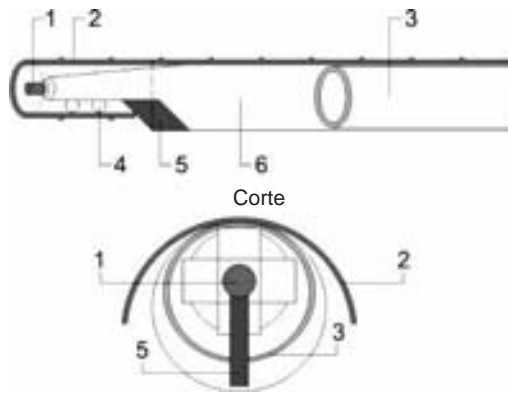
**Legenda:** 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

#### 10.7.4. Corte longitudinal da conduta existente

Esta técnica (*pipe splitting*) consiste na destruição da conduta existente por corte longitudinal, seguida da inserção da nova tubagem (Simicevic e Sterling, 2001). É uma técnica muito utilizada para materiais de rotura dúctil (e.g., aço e o ferro fundido), nos quais é difícil a destruição por rebentamento ou por esmagamento.

Esta técnica usa um dispositivo que corta a tubagem ao longo do seu desenvolvimento em vez de a destruir em fragmentos. O dispositivo é puxado ao longo da tubagem existente através de um cabo ou vara de aço, sendo simultaneamente empurrado por um martelo pneumático. O dispositivo tem um conjunto de rodas cortantes que efectuem um primeiro corte, uma lâmina longitudinal que corta definitivamente a conduta e um cone de expansão para a abertura da secção transversal (Figura 10.30). O corte e a abertura da tubagem existente criam espaço suficiente para a inserção da nova conduta. Por outro lado, a conduta existente forma uma camada de protecção da nova tubagem contra cargas

externas excessivas. Apresentam-se no Quadro 10.15 as principais características desta técnica de reabilitação.



Legenda:

- 1 – Cabeça de tração

2 – Conduta existente

3 – Conduta nova

4 – Rodas de corte

5 – Lâmina de corte

6 – Elemento de expansão

Figura 10.30 – Corte longitudinal da conduta existente

Quadro 10.15 – Corte longitudinal da conduta existente: principais características e condições de aplicação

Aspectos	Características do processo	
Normas relevantes	Não existem.	
Materiais utilizados	FFD, Aço.	
Características geométricas	Gama de diâmetros típica	Variável (depende da potência do equipamento).
	Extensão máxima	Variável (depende da potência do equipamento).
	Execução de curvas	Não permite executar curvas. ☹
Desempenho	– Permite o aumento da capacidade hidráulica. 😊 – Assegura integridade estrutural. 😊	
Características de instalação	– Necessidade de inserção de condutas contínuas. – Não requer trabalhos preparatórios de limpeza. 😊 – Área necessária para a execução dos trabalhos: <i>elevada</i> para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹ – Acesso à conduta existente exige escavação nas extremidades. ☹ – A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹ – A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. 😊 – Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹ – Pode afectar a integridade estrutural de outras infra-estruturas adjacentes (e.g., edifícios antigos). ☹	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

### 10.7.5. Extracção da conduta existente

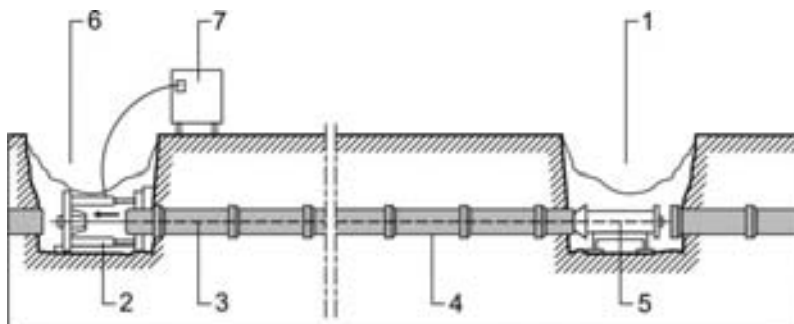
A técnica de extracção da conduta existente (*pipe ejection*, *pipe extraction* ou *pipe pulling*) consiste na remoção por tracção ou por impulso da tubagem existente, sem a sua destruição, seguida da inserção da nova conduta (Simicevic e Sterling, 2001, NP EN 12889:2008). Existem dois métodos para aplicar esta técnica:

- **Método sem cravação prévia de tubo piloto**  
(*pipe ejection*, *pipe extraction* ou *pipe pulling*)
- **Método com cravação prévia de tubo piloto**  
(*pipe ejection with pilot pipe*)

O método sem cravação prévia de tubo piloto consiste na remoção da conduta existente por tracção (*modified static pull*) ou por impulso (*modified pipe jacking*), simultaneamente com a inserção da nova tubagem. A conduta removida só é destruída em fragmentos após a sua extracção (Figura 10.31). É um método que só pode ser aplicado a condutas com resistência estrutural suficiente para resistir a esforços de tracção ou de compressão. Só é utilizado para a substituição de trechos curtos de conduta para evitar uma resistência por atrito excessiva incompatível com o equipamento utilizado.

O método com cravação de tubagem de protecção consiste na perfuração do solo pela superfície externa da conduta (sem a remover ou destruir) e na inserção simultânea de uma tubagem nova de maior diâmetro, de modo a envolver a conduta existente sem a destruir. A cabeça de corte permite que a instalação da nova tubagem seja efectuada de forma concêntrica com a tubagem existente. A conduta existente actua como um guia para a nova tubagem e garante que esta segue o traçado original. A cravação da tubagem de protecção pode ser dinâmica (por impacto) ou estática (por compressão). Quando a conduta existente estiver completamente envolvida pela nova tubagem, os topos da conduta antiga são selados e a mesma forçada a sair por tracção. À medida que a conduta antiga for chegando ao poço de partida, procede-se à sua extracção e corte em fragmentos.

Apresentam-se no Quadro 10.16 as principais características desta técnica de reabilitação.



**Legenda:**

- |                                |                    |                   |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|
| 1 – Poço de entrada            | 3 – Cabo de tração | 5 – Poço de saída |
| 2 – Motor hidráulico de tração | 4 – Nova conduta   |                   |

**Figura 10.31 – Extração tubagem existente sem cravação prévia de tubo piloto**

**Quadro 10.16 – Extração da conduta existente: principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas relevantes</b>	Não existem.	
<b>Materiais utilizados</b>	Qualquer desde que tenha resistência estrutural que permite a sua extração.	
<b>Métodos de instalação</b>	<p>Método sem cravação prévia de tubo piloto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Remoção da conduta existente por tração;</li> <li>– Remoção da conduta existente por impulso.</li> </ul> <p>Método com cravação prévia de tubo piloto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Cravação dinâmica (por impacto) da tubagem de protecção;</li> <li>– Cravação estática (por compressão) da tubagem de protecção.</li> </ul>	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros típica</b>	Variável (depende da potência do equipamento).
	<b>Extensão máxima</b>	Variável (depende da potência do equipamento).
	<b>Execução de curvas</b>	Não permite executar curvas. ☹
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Permite o aumento da capacidade hidráulica. ☺</li> <li>– Assegura integridade estrutural. ☺</li> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Necessidade de inserção de condutas contínuas.</li> <li>– Não requer trabalhos preparatórios de limpeza. ☺</li> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos: <i>elevada</i> para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹</li> <li>– Acesso à conduta existente exige escavação nas extremidades. ☹</li> <li>– A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹</li> <li>– A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. ☺</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹</li> </ul>	

**Legenda:** ☺ Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

### 10.7.6. Construção de microtúnel ou microgaleria

A construção de microtúnel ou de microgaleria (*pipe eating* ou *modified microtunneling*) consiste na destruição da conduta existente, na remoção dos seus fragmentos por escavação e na inserção da nova conduta utilizando equipamento controlado remotamente e guiado por um sistema laser. Esta técnica é uma variante do processo de construção de microtúnel, especialmente concebido para a substituição de condutas. (Simicevic e Sterling, 2001, Heijn e Larsen, 2004, Selvakumar *et al.*, 2002, NP EN 12889:2008).

Existem dois métodos para aplicar esta técnica:

- **Construção de microgaleria sem cravação de tubo piloto (*microtunneling*)**

A conduta existente é esmagada pelo equipamento de perfuração e removida pelo interior da nova tubagem por um sistema de transporte de resíduos. A nova tubagem é simultaneamente inserida à medida que o equipamento de perfuração avança. A nova conduta pode seguir a trajectória da conduta existente ao longo de todo o seu desenvolvimento ou afastar-se da mesma em zonas localizadas;

- **Construção de microgaleria com cravação prévia de tubo piloto (*pipe jacking with pipe bore*)**

Neste método a microgaleria é construída por etapas. Primeiro é instalado um tubo piloto rígido com exactidão por compressão. De seguida, o furo do tubo piloto é alargado por compressão. A tubagem é então instalada por compressão com deslocamento ou remoção do solo.

O processo de controlo da direcção da cabeça de corte do equipamento de perfuração faz-se por recurso a um feixe de laser e quaisquer desvios na direcção da cabeça poderão ser corrigidos de imediato. Por esta razão, esta técnica é a mais exacta para a instalação de condutas sem vala aberta (erros inferiores a 2,5 cm), o que é particularmente importante quando se pretende substituir ou instalar uma conduta num subsolo saturado com outras infra-estruturas (Selvakumar *et al.*, 2002).

Foi uma técnica desenvolvida no Japão nos anos 70 para a substituição de colectores em zonas urbanas. Hoje em dia, é muito utilizada para a construção de condutas em zonas urbanas ou com profundidades elevadas, ou para a substituição de condutas quando se pretende alterar o seu perfil ou o traçado da conduta existente. Pode ser utilizada para a travessia de auto-estradas, linhas de caminho de ferro, ou zonas com muitas infra-estruturas enterradas.



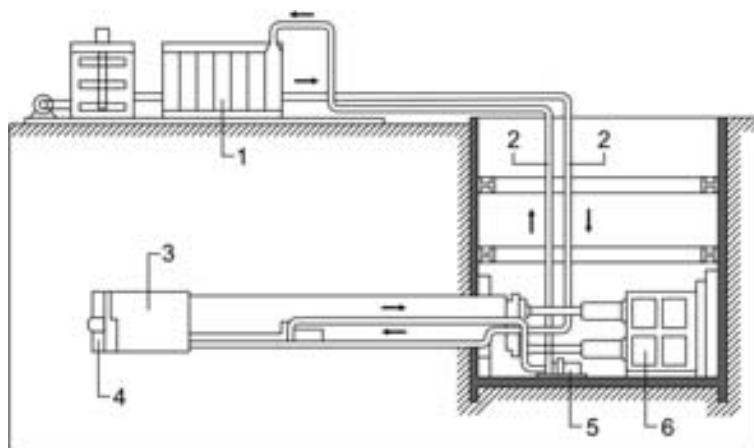
A construção de microtúnel aplicada à substituição de condutas utiliza um equipamento de perfuração combinado com outros de remoção de fragmentos e de instalação de condutas (Figura 10.32). O equipamento de perfuração é controlado remotamente e guiado por um sistema de laser, estando preparado para a destruição de tudo o que encontrar no seu percurso. É constituído por uma cabeça de corte cónica com cilindros com dentes e uma secção protegida que transporta a cabeça de corte e o motor do sistema.

Podem ser utilizados diferentes métodos para a remoção dos resíduos da conduta, que correspondem a variantes desta técnica:

- **Construção de microgaleria com remoção por trado** (*microtunnelling with auger spoil removal*): recorre a um trado para a remoção do entulho;
- **Construção de microgaleria com remoção hidráulica** (*slurry shield microtunnelling*): recorre a um sistema hidráulico para a remoção do entulho;
- **Construção de microgaleria com remoção por vácuo** (*microtunnelling spoil removal by vacuum*): recorre a um sistema de aspiração por vácuo para a remoção do entulho;
- **Construção de microgaleria com remoção por outros meios mecânicos** (*microtunnelling spoil removal by other mechanical means*): são usados outros meios mecânicos;
- **Construção de microgaleria incluindo a destruição da conduta com remoção por trado ou hidráulica** (*microtunnelling incorporating pipe eating*): a tubagem é retirada juntamente com o solo; o equipamento inclui dispositivos de esmagamento ou corte; a remoção do entulho é efectuada por trado ou hidráulica.

Na Figura 10.32 e no Quadro 10.16 apresentam-se as principais características desta técnica.

Esta técnica pode ser utilizada para todos os tipos de solo (desde solos argilosos a rochas duras), bastando utilizar uma cabeça de corte adequada. As forças de cravação transmitidas pelo equipamento de perfuração às tubagens impulsionam a cabeça de corte, provocando a sua progressão controlada. Pode ser utilizada para profundidades até 30 m. As condutas instaladas podem ser de betão, aço, FFD, PRFV e PVC.



**Legenda:**

1 – Reservatório  
de armazenamento de lamas  
2 – Condutas de lamas

3 – Corpo de protecção  
da cabeça de corte  
4 – Cabeça de corte

5 – Bomba de aspiração  
de lamas  
6 – Motor da tuneladora

**Figura 10.32 – Construção de microtúnel**

**Quadro 10.17 – Construção de microtúnel:  
principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo
<b>Normas relevantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– NP EN 12889: 2008.</li> <li>– ASCE 36-01 Standard Constr. Guidelines for Microtunneling (ASCE, 2001).</li> <li>– ASTM C1208 Standard Specification for Vitrified Clay Pipe and Joints for Use in Microtunneling.</li> </ul>
<b>Materiais utilizados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aço, FFD, PRFV, betão armado, PVC.</li> </ul>
<b>Métodos de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Construção de microgaleria (sem cravação de tubo piloto).</li> <li>– com remoção por trado.</li> <li>– com remoção hidráulica.</li> <li>– com remoção por vácuo.</li> <li>– com remoção por outros meios mecânicos.</li> <li>– incluindo a destruição da conduta com remoção por trado ou hidráulica.</li> <li>– Construção de microgaleria com cravação prévia de tubo piloto</li> </ul>

**Quadro 10.17 – Construção de microtúnel:  
principais características e condições de aplicação (cont.)**

Aspectos	Características do processo	
Características geométricas	– <b>Gama de diâmetros</b>	– 150 – 2500 mm
	– <b>Extensão máxima</b>	– 200 m
	– <b>Execução de curvas</b>	– Permite pequenos graus de curvatura. 😊
Desempenho	– Aumento da capacidade hidráulica. 😊 – Assegura integridade estrutural à conduta. 😊	
Características de instalação	– Necessidade de inserção de condutas contínuas. – Área necessária para a execução dos trabalhos: elevada para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹️ – Acesso à conduta existente exige escavação nas extremidades. ☹️ – A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. 😊 – Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹️ – A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹️ – Pode afectar a integridade estrutural de outras infra-estruturas adjacentes (e.g., edifícios antigos). ☹️	

**Legenda:** 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

Na Figura 10.33 apresentam-se alguns aspectos construtivos da construção de microtúnel.

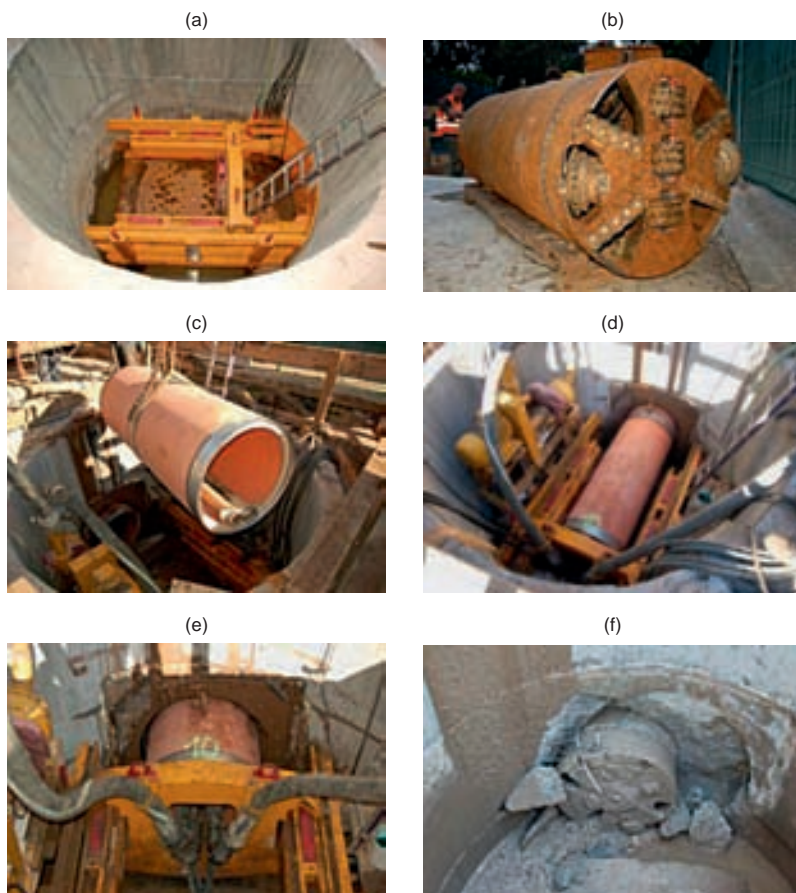


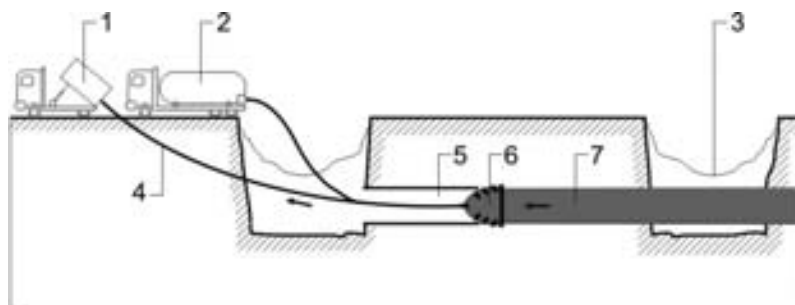
Figura 10.33 – Construção de microtúnel: (a) poço de inserção; (b) cabeça da microtuneladora; (c) colocação de troço de tubagem; (d) Início do empurre do troço de tubagem; (e) empurre do troço de tubagem; (f) poço de recepção: chegada da cabeça

#### 10.7.7. Perfuração dirigida

A perfuração dirigida (*directional drilling*) é um método dirigível (i.e., que dispõem de dispositivos de controlo que garante um alinhamento exacto da conduta) para a instalação de tubagens, utilizando um equipamento de perfuração. Quando aplicado à substituição de condutas, designa-se por *pipe reaming*. É efectuada uma perfuração piloto por meio de uma cabeça de corte dirigível, impulsionada por barras flexíveis. O furo é alargado com mandris até se atingir o diâmetro necessário para a nova tubagem. A tubagem é então traccionada ou impulsionada para

a posição final (Simicevic e Sterling, 2001, NP EN 12889: 2008, Selvakumar *et al.*, 2002).

A perfuração dirigida é aplicada por fases e dirigida a partir da superfície. Primeiro, o corpo do equipamento é inserido na conduta com um dispositivo de perfuração (do tipo broca) de menor dimensão que faz uma primeira destruição da conduta desde o ponto de acesso inicial até ao final. De seguida, o dispositivo de perfuração é substituído sucessivamente por outros de maior dimensão que alargam a secção transversal do orifício e o processo é revertido do ponto de acesso final até ao inicial. Na última fase, à medida que o dispositivo de maior dimensão avança, a conduta nova vai sendo instalada. O dispositivo tem uns dentes cortantes que trituram a tubagem existente. Os fragmentos de conduta e o material envolvente em excesso são arrastados à frente do dispositivo de perfuração até ao ponto de acesso inicial (Figura 10.34) (Heijn e Larsen, 2004).



**Legenda:**

- |                        |                       |                          |
|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1 – Motor de tracção   | 3 – Poço de inserção  | 6 – Cabeça de perfuração |
| 2 – Aspiração de lamas | 4 – Cabo de tracção   | 7 – Tubagem nova         |
|                        | 5 – Conduta existente |                          |

**Figura 10.34 – Perfuração dirigida**

São tipicamente instaladas condutas soldadas de PE, podendo também ser utilizadas condutas de PVC, aço e FFD.

As principais diferenças entre a perfuração dirigida e a construção de microtúnel/microgaléria estão na forma como é destruída a conduta e no modo de controlo do sistema: a primeira vai efectuando a destruição e alargamento do orifício por fases substituindo a broca de perfuração, a segunda efectua tudo de uma só vez; a primeira é controlada directamente à superfície, e a segunda é controlada remotamente.

A perfuração dirigida é uma técnica muitas vezes adoptada para a construção de novas condutas quando o método tradicional de vala aberta não é adequado (e.g., para atravessar estradas ou linhas caminhos de ferros). Os materiais mais utilizados são PE, aço, FFD e PVC (Heijn e Larsen, 2004).

Apresentam-se no Quadro 10.18 as principais características desta técnica de reabilitação.

**Quadro 10.18 – Perfuração dirigida: principais características e condições de aplicação**

Aspectos	Características do processo	
<b>Normas relevantes</b>	NP EN 12889: 2008.	
<b>Materiais utilizados</b>	PE, Aço, FFD, PVC.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros típica</b>	100 – 1200 mm
	<b>Extensão máxima</b>	500 m (função do diâmetro da conduta)
	<b>Execução de curvas</b>	Não permite executar curvas. ☹
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aumento da capacidade hidráulica. 😊</li> <li>– Assegura integridade estrutural à conduta. 😊</li> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Necessidade de inserção de condutas contínuas.</li> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos: <i>elevada</i> para condutas para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹</li> <li>– Acesso à conduta existente exige escavação nas extremidades de inserção. ☹</li> <li>– A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. 😊</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹</li> <li>– A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹</li> <li>– Pode afectar a integridade estrutural de outras infra-estruturas adjacentes (e.g., edifícios antigos) ☹</li> </ul>	

**Legenda:** 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

### 10.7.8. Outras técnicas construtivas não dirigíveis

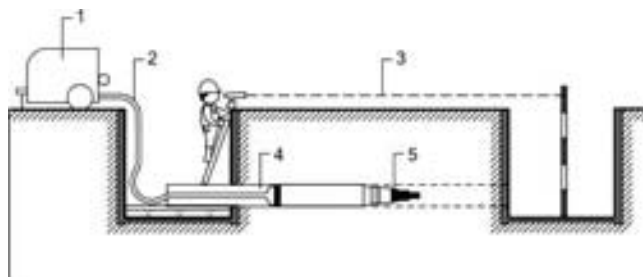
Existe um conjunto de outras técnicas de construção sem abertura de vala, não dirigíveis, especialmente utilizadas para a construção de colectores e ramais de águas residuais (NP EN 12889: 2008), algumas das quais podem também ser aplicadas para a instalação de condutas de água. As técnicas apresentada a seguir são especialmente indicadas para a instalação de condutas novas que não envolvam a destruição da conduta existente.

### Técnicas construtivas com deslocamento do solo

- **Sistema de impacto** (*impact moling*): este sistema utiliza uma ferramenta que com um martelo (hidráulico ou pneumático) de percussão dentro de um invólucro cilíndrico e com uma cabeça cônica ou escalonada, que penetra no solo; o movimento de avanço do invólucro desloca o solo e o tubo é impulsionado ou traccionado, quer através da ferramenta de impacto, quer através de uma abertura não entivada no solo (Figura 10.35);
- **Percussão em tubo fechado numa extremidade** (*pipe ramming with a pipe closed at its leading edge*): trata-se de uma técnica de perfuração por meio de pancadas num tubo de aço com uma extremidade fechada, utilizando um martelo de percussão; o solo é deslocado pela extremidade fechada;
- **Impulso com barra munida de expansor** (*rod pushing with expander*): o solo é deslocado pela da impulsão de uma barra rígida; a tubagem é instalada por tracção ou impulso após a passagem do expansor.

### Técnicas construtivas com escavação

- **Percussão ou impulso com tubo aberto** (*pipe ramming/pushing with na open ended pipe*): é uma técnica de perfuração por meio de um tubo de aço com uma extremidade aberta, utilizando um martelo de percussão ou um dispositivo para impulsionar; o material da escavação é removido por meio de um trado, por hidrolimpeza, por ar comprimido ou por água sob pressão;
- **Perfuração com trado** (*auger boring*): o solo é escavado por uma cabeça de corte rotativa fixada a um trado que remove continuamente o material de escavação (Figura 10.36); a tubagem é traccionada simultaneamente com um trado mas independente deste;
- **Perfuração com martelo** (*hammer drilling*): esta técnica utiliza um martelo de percussão montado na cabeça de corte, colocado no fundo da abertura escavada, com ou sem invólucro; o material de escavação é removido mecanicamente, por água ou por ar comprimido;
- **Perfuração com barra munida de mandril** (*rod pushing with a reamer*): o solo é deslocado através da impulsão de uma barra piloto rígida; a tubagem definitiva é instalada por tracção após a passagem de um mandril rotativo.

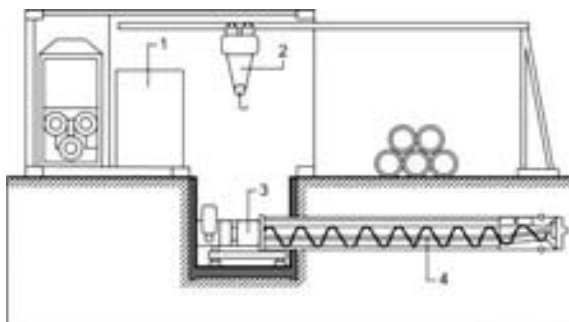


**Legenda:**

- |                       |                    |                          |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|
| 1 – Compressor        | 3 – Linha de visão | 5 – Martelo de percussão |
| 2 – Mangueira para ar | 4 – Invólucro      |                          |

**Figura 10.35 – Escavação com sistema de impacto**

Na Figura 10.36 apresenta-se um esquema do processo construtivo de perfuração com trado e na Figura 10.37 ilustra-se esta situação construtiva correspondente à instalação de uma condutas nova de reforço de sistema existente.



**Legenda:**

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| 1 – Consola de controlo | 3 – Sistema de empurre |
| 2 – Monta cargas        | 4 – Trado              |

**Figura 10.36 – Escavação por perfuração com trado**



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



**Figura 10.37 – Instalação de conduta nova com perfuração com trado:**  
(a),(b) cabeça de corte rotativa fixada a um trado;  
(c),(d) perfuração do solo e inserção da tubagem nova;  
(d),(e) soldadura da tubagem

## **10.8. Selecção da técnica de reabilitação de condutas**

### **10.8.1. O processo de selecção**

Uma vez descritas as principais técnicas de reabilitação mais utilizadas em condutas e tendo presente que a escolha da técnica em cada caso tenha de levar em conta aspectos locais particulares, apresenta-se uma metodologia para a selecção da técnica de reabilitação mais adequada a cada caso concreto. O processo de selecção da solução de reabilitação a utilizar para cada caso compreende os seguintes passos principais (ISO 11925: 2008):

- avaliação características da conduta existente e das suas deficiências do desempenho actual (anomalias);
- identificação dos requisitos necessários para atingir o desempenho funcional pretendido;
- determinação das opções de reabilitação tecnicamente viáveis para o desempenho funcional pretendido;
- comparação de custos e de vantagens e inconvenientes de cada técnica seleccionada.

Nas secções seguintes passa-se à descrição dos passos atrás referidos, de acordo com a norma ISO 11295: 2008. No final do subcapítulo é apresentado um quadro síntese com as principais características e vantagens associadas a cada técnica descrita.

### **10.8.2. Avaliação das características da conduta existente e das deficiências do desempenho actual**

Numa primeira fase deverá proceder-se ao *levantamento de informação de base* sobre a conduta a reabilitar como sejam:

- material;
- classe de pressão;
- diâmetro;
- tipo de juntas;
- tipo de acessórios;
- características físico-químicas do fluido transportado;
- tipos e histórico de anomalias observadas.

Posteriormente e dependendo do diâmetro e importância da conduta a reabilitar, pode proceder-se à *inspecção visual da conduta* recorrendo, por exemplo, a CCTV, que deverá registar de uma forma sistemática todas as deficiências e singularidades observadas (e.g., acessórios e juntas). A avaliação da severidade de cada deficiência encontrada pode ter por base:

- as características geométricas da conduta (e.g., alteração de diâmetro, grau de ovalização, deslocamento radial ou axial);
- a condição hidráulica da conduta (e.g., perdas, incrustação);
- a condição estrutural da conduta (e.g., fugas/roturas, corrosão).

Finalmente, deverá proceder-se à caracterização das *condições locais da zona* onde se encontra a conduta, nomeadamente:

- acessibilidade à conduta existente (e.g., profundidade, existência de caixas de acesso ou necessidade de escavação, disponibilidade de espaço em zonas de pontos de acesso, existência de tráfego, proximidade de outras infra-estruturas);
- restrições físicas ao processo construtivo (e.g., profundidade do nível freático, distância entre pontos de acesso, mudanças de direcção, juntas, válvulas, ramais laterais, existência de alternativas de abastecimento durante os trabalhos).

### **10.8.3. Identificação dos requisitos necessários para atingir o desempenho funcional pretendido**

Consoante o tipo de problemas encontrados, assim se deverão especificar quais os principais requisitos da solução de reabilitação a adoptar para atingir o desempenho funcional pretendido. No Quadro 10.19 apresentam-se exemplos de requisitos em função do tipo da natureza da anomalia identificada (ver Secção 2.2.2). Para cada situação concreta poder-se-ão identificar uma ou mais anomalias e, portanto, definir-se um ou mais requisitos necessários.

**Quadro 10.19 – Principais anomalias detectadas  
e respectivos requisitos necessários para a melhoria  
do desempenho**

<b>Tipos de anomalias</b>	<b>Requisitos</b>
Anomalias de qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> <li>– necessidade de isolamento a parede da conduta do fluido transportado para evitar reacções entre ambos (e.g., corrosão da conduta existente por água agressiva ou incrustação devida dureza da água);</li> <li>– aumento da velocidade de escoamento (tempo de retenção elevado)</li> </ul>
Anomalias hidráulicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– aumento da capacidade hidráulica da conduta através da limpeza da conduta e redução da rugosidade da parede (e.g., secção útil muito reduzida por elevado grau de incrustação);</li> <li>– aumento significativo da capacidade hidráulica da conduta relativamente à situação inicial com necessidade de aumento do diâmetro (e.g., elevadas perdas de carga para o diâmetro existente e pressão insuficiente).</li> </ul>
Anomalias estruturais	<ul style="list-style-type: none"> <li>– aumento a resistência estrutural da conduta (e.g., espessura da conduta reduzida devido à corrosão ou necessidade de aumentar a pressão);</li> <li>– selagem de orifícios, fissuras ou juntas abertas, existentes na conduta para evitar perdas ou a contaminação da água.</li> </ul>
Anomalias de operação e manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>– associadas à topologia, à necessidade de aumentar o número de órgãos de manobra e segurança e de medidores.</li> </ul>

#### **10.8.4. Determinação das opções de reabilitação tecnicamente viáveis**

Esta fase consiste na determinação das diferentes opções de reabilitação para a situação a análise em função dos requisitos especificados. Existem diferentes modelos de decisão mais ou menos simplificados para a selecção do conjunto de técnicas mais adequadas a cada situação (NRC, 2003, Grilo, 2007). No Quadro 10.20 apresentam-se alguns exemplos de problemas tipo, a identificação dos requisitos necessários para a melhoria de desempenho e as técnicas de reabilitação tecnicamente viáveis para cada caso.

**Quadro 10.20 – Tipificação de problemas em condutas,  
requisitos para melhoria de desempenho e potenciais técnicas  
de reabilitação**

Tipificação de problemas	Requisitos	Potenciais técnicas de reabilitação
Elevado grau de tuber-culização ou incrustação, causando problemas de qualidade da água ou de redução da capacidade transporte numa conduta estruturalmente robusta	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Isolamento da parede da conduta</li> <li>– Aumento da capacidade de transporte da conduta (sendo suficiente o diâmetro existente)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Revestimento interior</li> <li>– Entubamento com cura <i>in situ</i></li> <li>– Entubamento com manga adesiva</li> </ul>
Juntas defeituosas ou corrosão localizada provocando perdas de água elevadas numa conduta estruturalmente robusta	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Isolamento da parede da conduta</li> <li>– Selagem de orifícios, fissuras ou juntas abertas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reparação pontual de juntas</li> <li>– Entubamento com cura <i>in situ</i></li> <li>– Entubamento com manga adesiva</li> </ul>
Elevado grau de corrosão com perda de resistência estrutural causando elevado grau de degradação, perdas de água elevadas ou roturas frequentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aumento a resistência estrutural da conduta</li> <li>– Isolamento a parede da conduta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Entubamento simples</li> <li>– Entubamento ajustado</li> <li>– Entubamento com cura <i>in situ</i></li> <li>– Substituição com vala aberta</li> <li>– Rebentamento, esmagamento ou corte longitudinal da conduta existente</li> <li>– Extracção da conduta existente</li> <li>– Construção de microtúnel</li> <li>– Perfuração dirigida</li> </ul>
Secção da conduta insuficiente com necessidade de aumento de capacidade numa conduta com perda de resistência estrutural	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aumento da capacidade de transporte da conduta (necessidade de aumento de diâmetro)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Substituição com vala aberta</li> <li>– Substituição com vala aberta</li> <li>– Rebentamento, esmagamento ou corte longitudinal da conduta existente</li> <li>– Extracção da conduta existente</li> <li>– Construção de microtúnel</li> <li>– Perfuração dirigida</li> </ul>
Secção da conduta insuficiente com necessidade de aumento de capacidade numa conduta estruturalmente robusta	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aumento da capacidade de transporte da conduta (necessidade de aumento de diâmetro)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Idem do anterior</i></li> <li>– Não intervir directamente na conduta mas adoptar alternativas de reforço (e.g., criar troços de ligação a outras zonas, duplicar a conduta sem a desactivar)</li> </ul>

#### 10.8.5. Comparação de custos e de vantagens e inconvenientes das técnicas seleccionadas

Uma vez identificadas as principais técnicas a adoptar a decisão final passa pela análise do domínio de aplicação de cada técnica (*i.e.*, diâmetros, profundidades e materiais utilizados) e de outras variáveis a ter em conta no processo de decisão (*e.g.*, existência de curvas e acessórios, existência de ramais, restrições de espaço) assim como pela comparação das vantagens e inconvenientes de cada técnica em termos construtivos e em termos económicos.

A solução a adoptar nem sempre é óbvia e, para o mesmo problema de reabilitação, pode variar de país para país, ou de continente para continente. Depende muitas vezes da existência de equipamento e de pessoal especializado para a aplicação da tecnologia, assim como da existência de mercado potencial para a realização de mais intervenções daquela natureza.

Em Portugal, a técnica de reabilitação mais económica ainda é a solução de vala aberta, embora se adoptem outras tecnologias de reabilitação motivadas por razões associadas à população (*e.g.*, minimizar interrupções de trânsito em zonas com muito movimento ou minimizar a perturbações aos comerciantes locais) ou por restrições impostas por entidades gestoras de outras infra-estruturas (*e.g.*, impossibilidade de remover pavimento novo durante 5 anos, estabelecida pela Câmara Municipal, ou impedimento de travessias estradas nacionais com abertura de vala, pela Junta Autónoma de Estradas).

No Quadro 10.21 apresentam-se as principais características de cada tecnologia atrás apresentada em termos de resistência estrutural, capacidade hidráulica, gama de diâmetros, distância máxima de alcance, facilidade de execução de curvas e área necessária para a realização dos trabalhos. No mesmo quadro constam também custos apresentados num estudo efectuado por Selvakumar *et al.* (2002), nos Estados Unidos da América, a título meramente indicativo. É apresentada, também, na última coluna do mesmo quadro, uma classificação qualitativa dos custos de cada tecnologia, tendo por base apenas a dificuldade construtiva e o grau de sofisticação do equipamento necessário para a realização da intervenção.

**Quadro 10.21 – Síntese das características das principais técnicas de reabilitação de condutas**

Técnica (métodos)	Resistência não estrutural	Resistência semi-estrutural	Resistência estrutural	Capacidade hidráulica	Gama de diâmetros típica (mm)	Extensão máxima típica (m)	Execução de curvas	Área necessária	Custo (€/cm de diâmetro /m de comprimento)	Custo qualitativos
<b>Renovação</b>										
<b>Reparação pontual de juntas</b>	✓			=	250-6000	200	-	+		€
<b>Revestimento interior</b>										
A: instalação meios mecânicos					200-600	100	Sem limite	+	3-8 <sup>(3)</sup>	€
B: instalação manual					≥ 1600	s/lim.				
– argamassa de cimento	✓			↗						
– resina <i>epoxi</i>	✓			↗					23-38 <sup>(3)</sup>	€€
<b>Entubamento com tubagem contínua</b>			✓	↓	100-2000	300	Difícil	+/+	10-15 <sup>(3)</sup>	€€
<b>Entubamento com trechos de tubagem</b>										
– compressão ou tracção			✓	↓	100-600	150	Difícil	+		€€
– método combinado			✓	↓	600-4000	150				
<b>Entub. com tubagem ajustada</b>										
– tubagem dobrada		✓	✓	↗	100- 500	500	até 45°	+	10-15 <sup>(3)</sup>	€€
– tubagem deformada		✓	✓	↗	200-1500			++		
<b>Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i></b>									15-35 <sup>(3)</sup>	
A: inserção por inversão					100-2800	600	até 90°	+		
B: inserção com guincho				↗	100-2800	150				
– Manga termorrígida		✓	✓		-					
– Manga têxtil com elastómero		✓	✓		-	-				
– Membrana de elastómero	✓				-					
<b>Entubamento com manga adesiva por reversão</b>		✓		↗	50-1500	150	até 90°	+		€€
<b>Substituição</b>										
<b>Execução com vala aberta</b>			✓	↑	S/limite	S/limite	S/limite	+++		€€
<b>Rebetamento da conduta</b>			✓	↑	50-1200 <sup>(1)(2)</sup>	150 <sup>(1)</sup> , 400 <sup>(2)</sup>	Difícil	++	18-23 <sup>(3)</sup>	€€€
<b>Esmagamento da conduta</b>			✓	↑	-	-	Difícil	++		€€€
<b>Corte longitudinal da conduta</b>			✓	↑	-	-	Difícil	++		€€€
<b>Extracção da conduta</b>			✓	↑	-	-	Difícil	++		€€€
<b>Construção de microtúnel</b>			✓	↑	300 -3000 <sup>(1)</sup> 200-2500 <sup>(4)</sup>	200 <sup>(1)</sup>	Difícil	++	40 – 60 <sup>(3)</sup>	€€€€
<b>Perfuração dirigida</b>			✓	↑	100-1200 <sup>(1)</sup>	500 <sup>(1)</sup>	Difícil	++	25-63 <sup>(3)</sup>	€€€€

**Legenda:** ↑ aumento significativo; ↗ aumento mediano; = mantém; ↓ diminuição significativa.

+ área mínima; ++ área média; +++ área elevada; € baixo custo; €€€€ custo elevado

<sup>(1)</sup>NRC (2003); <sup>(2)</sup>Simicevic e Sterling (2001); <sup>(3)</sup>Selvakumar *et al.* (2002); <sup>(4)</sup>Orchard (2006)

## 10.9. Técnicas de reabilitação de reservatórios

### 10.9.1. Tipificação de anomalias

Os reservatórios são componentes do sistema de adução e de distribuição com funções de regularização compensando as flutuações de consumo face à adução, reserva de emergência, equilíbrio de pressões na rede e regularização do funcionamento de bombagens. Consoante a sua implantação, podem ser enter-rados, semi-enter-rados ou elevados (torres de pressão), e de acordo com a sua capacidade, podem ser pequenos ( $< 500 \text{ m}^3$ ), médios ( $500\text{-}5000 \text{ m}^3$ ) ou grandes ( $> 5000 \text{ m}^3$ ) (DL 23/95, de 23 de Agosto).

Os reservatórios têm um grande componente de construção civil e outro, de menor dimensão, de equipamento e circuitos hidráulicos (e.g., válvulas de seccionamento, de controlo e de segurança). São, na sua maioria, estruturas de betão armado, pelo que muitas das anomalias estruturais observadas conducentes à necessidade de reabilitação são muito similares às das infra-estruturas de betão armado (e.g., fendilhação, corrosão, assentamentos), com a agravante de serem infra-estruturas que armazenam água potável e portanto, necessitam de ser estanques e dos materiais utilizados não poderem libertar em quaisquer circunstâncias substâncias nocivas para a saúde pública. Exemplos típicos de anomalias estruturais são a falta de estanquidade devidas a deficiências de fundação (*i.e.*, a assentamentos diferenciais) ou de impermeabilização (*i.e.*, impermeabilização inadequada face às características químicas da água), e a perda de resistência estrutural decorrente de deficiências de construção (e.g., deficiente execução de juntas de betonagem, resultando em fissuras horizontais, recobrimento insuficiente das armaduras, deficiente ligação da parede à laje de fundo ou à de cobertura, deficiente betonagem ou vibração em zonas pontuais).

De acordo com o Decreto-Lei n.º 23/95 de 23 de Agosto, em termos construtivos, os reservatórios (a) deverão ser resistentes, ser estanques e ter o fundo inclinado a, pelo menos, 1% para as caleiras ou a caixa de descarga, (b) deverão permitir a sua colocação fora de serviço para intervenções de O&M, pelo que deverão estar dotados de bypass (excepto se forem constituídos por mais de uma célula), (c) deverão ser constituídos (pelo menos) por duas células que, em funcionamento normal, se intercomuniquem, estando preparadas para funcionar isoladamente (à excepção das torres de pressão), e (d) cada célula deverá dispor, no mínimo, de



circuito de alimentação equipada com válvula de seccionamento à entrada, circuito de distribuição com entrada protegida por ralo e equipado com válvula de seccionamento, circuito de emergência através de descarregador de superfície, circuito de esvaziamento e limpeza através da descarga de fundo, ventilação adequada e fácil acesso ao seu interior.

Muitas vezes, estes e outros aspectos construtivos não são respeitados (EN 1508:1998), o que se traduz mais tarde numa necessidade de reabilitação precoce associada a anomalias de qualidade da água (e.g., existência de zonas de estagnação) ou de O&M (e.g., célula única sem circuito de *bypass* para efectuar intervenções de limpeza sem interromper o abastecimento). Existem outras anomalias decorrentes de situações não previstas nem previsíveis em projecto, como sejam problemas estruturais ou de qualidade da água devidos mudanças das características da água captada, ou a problemas hidráulicos devidos ao aumento das solicitações.

Consoante a essência da anomalia, assim estas podem ser classificadas em anomalias de natureza estrutural, hidráulica, de qualidade da água e de operação e manutenção. No Quadro 10.22 apresentam-se os principais tipos de anomalias observadas em reservatórios conducentes à necessidade de reabilitação, as principais causas e as soluções para a sua resolução. Este quadro teve por base a informação constante dos Quadros 2.4 a 2.7, particularizada para o caso do componente reservatório.

**Quadro 10.22 – Sistematização da natureza e tipo de anomalia observadas em reservatórios, e suas principais causas e soluções**

Natureza da anomalia	Tipo de anomalia	Principais causas	Soluções
<b>Estrutural</b>	Perda de resistência estrutural	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Incorreções de projecto</li> <li>– Construção deficiente</li> <li>– Assentamentos diferenciais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reconstrução ou reforço de partes</li> <li>– Substituição total</li> </ul>
	Falta de estanquidade (fissuras e orifícios)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Intervenções no subsolo</li> <li>– Danos provocados por terceiros</li> <li>– Corrosão/lixiviação dos materiais</li> <li>– Deslizamento de taludes</li> <li>– Sismos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Impermeabilização</li> <li>– Pintura interior e exterior</li> </ul>
<b>Hidráulica</b>	Insuficiente capacidade de armazenamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Incorreções de planeamento e projecto</li> <li>– Alteração das condições de exploração</li> <li>– Alteração das solicitações</li> <li>– Desactivação de outros reservatórios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Construção de células adicionais incorporando ou não as existentes (expansão do sistema)</li> </ul>
<b>Qualidade da água</b>	Deficiente condição de funcionamento (existência de zonas de estagnação)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Incorreções no planeamento e projecto (deficiente configuração interna e de circuitos hidráulicos)</li> </ul>	Construção de septos no interior das células Instalação de novos circuitos hidráulicos
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alteração da origem ou das características físico-químicas da água</li> <li>– Alteração das condições de exploração</li> <li>– Alteração das solicitações</li> </ul>	Instalação de novos circuitos hidráulicos Alteração das práticas de O&M (e.g., adição de cloro ou limpeza mais frequente)
<b>Operação e manutenção</b>	Dificuldades de O&M (dificuldade de limpeza, garantindo o abastecimento)	Inadequado número de células ou inexistência de circuito de by-pass	Construção de células adicionais Construção de circuito de bypass

### 10.9.2. Tipo de intervenções de reabilitação

As intervenções em reservatórios de água potável de sistemas de adução e distribuição podem ser classificadas em intervenções de **manutenção, renovação, substituição e expansão**. A primeira e a última não se referem a intervenções de reabilitação. As intervenções de renovação, por sua vez, dividem-se noutras duas categorias consoante garantam ou não a resistência estrutural do reservatório: renovação não estrutural (e.g., pintura ou impermeabilização) e intervenções de renovação estrutural (e.g., reparação de lajes, reforço da fundação).

Existem também outras intervenções sobre a estrutura associadas à renovação de carácter preventivo e que recorrem, muitas vezes, a tecnologias idênticas às utilizadas em reabilitação, mas que não se referem a intervenções de reabilitação (e.g., revestimento de reservatórios para evitar a degradação da qualidade da água).

No Quadro 10.23 apresentam-se diferentes tipos de intervenções em reservatórios e as respectivas acções para a sua aplicação.

**Quadro 10.23 – Classificação das intervenções em reservatórios**

Tipo de intervenção		Intervenção
Manutenção ( <i>maintenance</i> )	NR	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Operações de limpeza e desinfecção</li> <li>– Operações de inspecção</li> <li>– Ensaios de estanquidade</li> </ul>
Renovação ( <i>renovation</i> )	Renovação não estrutural	R <ul style="list-style-type: none"> <li>– Pintura interior e exterior (<i>painting</i>): remoção, preparação da superfície e aplicação</li> <li>✓ Tratamento com tintas <i>epoxi</i></li> </ul>
		R <ul style="list-style-type: none"> <li>– Revestimento e impermeabilização interior e exterior (<i>coating</i>): remoção, preparação da superfície e aplicação incluindo protecção anticorrosiva de armaduras</li> <li>✓ Tratamento de fissuras</li> <li>✓ Tratamento de armaduras à vista</li> <li>✓ Tratamento com argamassas impermeabilizantes</li> <li>✓ Tratamento da superfície interior da laje de fundo e de cobertura</li> <li>✓ Tratamento de juntas de dilatação</li> <li>✓ Tratamento de escada de acesso interior</li> <li>✓ Tratamento com argamassas impermeabilizantes</li> <li>✓ Reparação de superfícies exteriores de betão</li> <li>✓ Impermeabilização da cobertura</li> <li>✓ Tratamento de escada de acesso exterior</li> </ul>
		R <ul style="list-style-type: none"> <li>– Construção de novos circuitos hidráulicos</li> <li>– Construção de componentes novos de construção civil (septos)</li> </ul>
	Renovação estrutural	R <ul style="list-style-type: none"> <li>– Alterações na fundação, na camada de assentamento da soleira, nas lajes de fundo e de cobertura, ou na estrutura do reservatório (pilares)</li> </ul>
		R <ul style="list-style-type: none"> <li>– Substituição de equipamentos acessórios do reservatório (e.g., escadas, sistema de ventilação, sistema de descarga)</li> </ul>
		R <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reforço da soldadura de equipamento de aço</li> </ul>
Substituição ( <i>replacement</i> )	R	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desactivação e substituição</li> </ul>
Expansão ( <i>expansion</i> )	NR	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Construção de novas células e respectivos circuitos hidráulicos</li> </ul>

**Legenda:** R = Intervenção de reabilitação; NR = Não se trata de intervenção de reabilitação

### 10.9.3. Soluções de revestimento

Um dos principais problemas associados aos reservatórios de betão armado decorre dos riscos associados à oxidação das armaduras de aço, potenciados pelo facto de, normalmente, estar em causa ambientes agressivos. Assim, a grande maioria das intervenções de reabilitação tem como objectivo proteger o betão com materiais que impeçam a oxidação das armaduras quer através isolamento físico da parede de betão quer através da protecção química promovendo um ambiente alcalino com um efeito inibidor do fenómeno da oxidação do ferro.

Existem três tipos de revestimento correntemente utilizados para protecção dos elementos de betão armado betão:

- argamassas cimentícias de elevada compacidade;
- resinas *epoxi*;
- poliuretano ou poliureia.

Nos parágrafos seguintes descreve-se cada uma destas soluções assim como as suas principais vantagens e inconvenientes.

#### ***Revestimento com argamassas cimentícias de elevada compacidade***

As argamassas cimentícias de elevada compacidade são argamassas caracterizadas pela utilização de ligantes hidráulicos de cimento e de agregados finos (areias), com uma distribuição granulométrica contínua, muito específica de modo a reduzir ao mínimo os interstícios do material, assegurando uma elevada compacidade do material. Muitas vezes adiciona-se um gel que preenche os interstícios mais pequenos. Esta argamassa deverá ser aplicada com uma espessura adequada às características do meio envolvente, podendo variar entre 5 e 20 mm. Por exemplo, em argamassas em contacto com águas muito agressivas, a destruição da camada superficial da argamassa pode atingir espessuras de 15 mm.

O revestimento com esta argamassa tem o duplo efeito de garantir a protecção física e química do betão: por um lado, a argamassa constitui uma barreira física que dificulta a acção dos agentes químicos com propensão para atacar o betão, evitando que estes penetrem e ataquem as armaduras; por outro lado, promove um ambiente altamente alcalino (elevando o pH do betão) com um efeito inibidor do fenómeno da oxidação do ferro das armaduras.

A utilização deste tipo de revestimento tem como principal vantagem apresentar um comportamento semelhante ao do betão

e o conjunto argamassa-betão comportar-se como um elemento monobloco perante a deformação decorrente da variação de temperatura, do assentamento do terreno, da ocorrência de sismos ou de esforços diversos. Por esta razão, a probabilidade de desprendimento da argamassa do betão é muito reduzida. Tem igualmente como vantagens o baixo custo e a fácil aplicação. Pode ser aplicada a qualquer tipo de superfície – parede, pilar, laje de fundo, tecto.

No entanto tem como desvantagem ser um material pouco flexível e, portanto, pouco recomendável para superfícies com grandes fissuras ou sujeitas a grandes deformações mecânicas ou térmicas; nestes casos, opta-se pelas soluções que se apresentam de seguida.

### ***Revestimento com resinas epoxi***

A solução de revestimento com resinas *epoxi* requer a preparação prévia da superfície para garantir adequadas condições de aderência (*i.e.*, requer uma base limpa, seca e adequada). Esta preparação consiste na limpeza da superfície a reabilitar e na aplicação de uma camada primária de argamassa que regulariza e uniformiza a superfície. Depois, aplica-se uma ou várias camadas de resina *epoxi* até obter a espessura pretendida.

As principais vantagens desta solução são o baixo custo, a elevada resistência da superfície ao ataque químico (*e.g.*, cloro) e a elevada facilidade de limpeza da superfície com agulheta, aspecto este muito importante para as operações de lavagem e higienização regulares do reservatório.

A grande desvantagem deste tipo de solução advém do revestimento aplicado ser totalmente impermeável e, portanto, reter bolhas de água provenientes do interior do reservatório, por condensação, ou do exterior, por fenómenos de infiltração. Estas bolhas levam à perda de aderência do revestimento ao betão e, em última instância, estas podem rebentar e desproteger completamente o betão. Muitas vezes, erradamente, adoptam-se soluções como aumentar a espessura da camada da resina *epoxi* para evitar as bolhas, solução esta que prova ser pouco eficaz uma vez que não evita que as bolhas se formem e encobre a perda de aderência do material ao betão. Por esta razão, esta solução não deve ser utilizada em tectos de reservatórios que são muito susceptíveis à infiltração de água proveniente do exterior e que tende a ficar retida dentro do revestimento.

### **Revestimento com poliuretano ou poliureia**

O poliuretano e a poliureia são copolímeros, ou seja, são materiais que resultam da junção de dois ou mais monopolímeros. A forma e cuidados de aplicação destes materiais em revestimentos são similares aos das resinas *epoxi*, exigindo sempre uma superfície de aplicação limpa, seca e homogênea e podendo necessitar, ou não, da aplicação prévia de uma camada primária de argamassa. Apresentam as mesmas vantagens e desvantagens das do revestimento com resinas *epoxi*. No entanto, são revestimentos com elevada elasticidade e durabilidade (superior ao das resinas *epoxi*) e têm como principais desvantagens o seu elevado preço que pode atingir mais do dobro do da técnica anterior e alguma dificuldade de aplicação. Hoje em dia, começam a aparecer revestimentos híbridos que combinam, de forma controlada e em função das aplicações, as características dos poliuretanos com as das poliureias.

De salientar que estes três tipos de revestimentos podem ser utilizados em paredes, pilares, vigas e lajes de fundo de betão; no entanto, apenas o primeiro (as argamassas cimentícias) podem ser utilizadas em tectos dada a sua porosidade permitir a drenagem da água condensada no betão e evitando a formação de bolhas característica dos outros dois tipos de revestimento que são totalmente impermeáveis.

Quer no caso das resinas *epoxi* quer no caso dos poliuretanos e poliureias, o fenómeno da condensação pode ser fortemente reduzido mediante a aplicação prévia de uma primeira camada de revestimento com argamassa com características de impermeabilização adequadas, o que requer que a mesma contenha na sua composição compostos epoxídicos ou outros que lhe confirmem essas propriedades. Naturalmente que esta situação implicará um acréscimo significativo no custo total do sistema de revestimento.

#### **10.9.4. Notas finais**

Após a conclusão dos trabalhos de reabilitação, será necessariamente efectuada a desinfecção do reservatório e das caleiras associadas, e realizadas análises laboratoriais à água armazenada necessárias para verificar os parâmetros de qualidade.

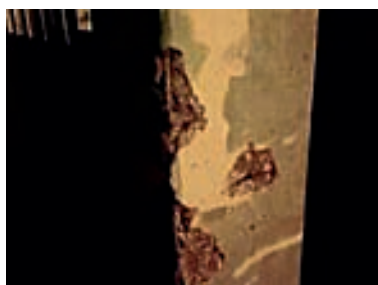
Os produtos a aplicar para revestimento das superfícies deverão ter em consideração os diversos parâmetros relativos à qualidade da água para consumo humano, não podendo libertar em quaisquer circunstâncias substâncias nocivas à saúde pública. Os

revestimentos a utilizar serão, portanto, de qualidade alimentar para água potável.

Na figuras seguintes apresentam-se alguns exemplos de anomalias observadas em reservatórios de betão armado e de intervenções de reabilitação.



**Figura 10.38 – Fissuras na cobertura de um reservatório:  
antes e após a reparação com argamassa**

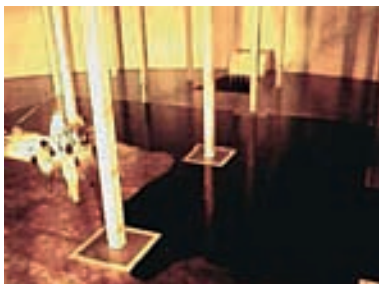


**Figura 10.39 – Estrutura de um reservatório com armaduras à vista  
(antes da reparação)**



**Figura 10.40 – Remoção do revestimento exterior e impermeabilização  
de reservatório (durante trabalhos de reparação)**





**Figura 10.41 – Reparação da laje de fundo do reservatório**



**Figura 10.42 – Impermeabilização da cobertura do reservatório com tela impermeabilizante**



## BIBLIOGRAFIA

ABREU, M. M. M.; LUCAS, J. A. C. (2003). *Terminologia geral sobre patologia da construção*. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Relatório 326/02-SCPN (240 p.).

ADAMOWSKI, J. F. (2008). Peak Daily Water Demand Forecast Modeling Using Artificial Neural Networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 134(2), 119-128.

ALEGRE, H. (1992). *Instrumentos de apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água*. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa e LNEC, ISBN 972-49-1608-1 (598 p.).

ALEGRE, H. (2007). *Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais* Programa de investigação e programa de pós-graduação apresentados para a obtenção do título de “Habilitado para o Exercício de Funções de Coordenação de Investigação Científica”, LNEC (385 p.).

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; JR., E. C.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. (2006a). *Performance indicators for water supply services, 2<sup>nd</sup> edition*. Londres, IWA Publishing, ISBN:1843390515 (305 p.).

ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; ALMEIDA, M. D. C.; VIEIRA, P. (2005). *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. IRAR, LNEC e INAG. Série Guias Técnicos N.º3, ISBN: 972-99354-4-0 (306 p.).

ALEGRE, H.; COVAS, D. I. C.; MONTEIRO, A. J.; DUARTE, P. (2009). *A novel methodology to prioritize investment proposals*. In “Strategic Asset Management of Water Supply and Wastewater Infrastructures”. Eds. Alegre, H., Almeida, M.C., IWA Publishing, ISBN 978-184-33918969, 59-82.

ALEGRE, H.; DÓRIA, M. F. (1998). *Develop decision criteria to prioritize replacement and rehabilitation of mains and appurtenances – survey results*, American Water Works Research Foundation AWWARF 459. LNEC, Lisboa, Relatório 292/98 – NES (49 p.).

ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J. M.; PARENA, R. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de água (versão portuguesa actualizada e adaptada de “Performance indicators for water supply services”, IWA Publishing, 2000)*. Lisboa, IRAR e LNEC., ISBN: 972-99354-2-4 (278 p.).

- ALEGRE, H.; MARQUES, J.; PINA, A.; COELHO, S. T. (2006b). Methodological approach for the rehabilitation of water distribution systems: case study application of the CARE-W system. *Water Distribution System Analysis Symposium, Cincinnati, Ohio, EUA*, 19.
- ALMEIDA, M. C.; CARDOSO, M. A. (2010). *Gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais – Uma abordagem centrada na reabilitação*. ERSAR e LNEC, Série Guias Técnicos (em publicação).
- ANACOM (2005). *Consulta pública sobre modelos de custeio, ANACOM – Autoridade Nacional de Comunicações*. Lisboa (36pág.).
- ARAÚJO, L.; RAMOS, H.; COELHO, S. T. (2002). Gestão integrada de sistemas de abastecimento de água para um melhor controlo de perdas. 6.º Congresso da Água, Porto.
- ARAÚJO, L.; RAMOS, H.; COELHO, S. T. (2004). Maximização do desempenho de redes de distribuição de água através da inserção e ajuste de válvulas. *SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, Brasil*.
- ARMSTRONG, J. S. (1982). The Value of Formal Planning for Strategic Decisions. *Strategic Management Journal* 3, 197-211.
- ARMSTRONG, J. S. (1990). Review of Corporate Strategic Planning. *Journal of Marketing*, 54, 114-119.
- ARMSTRONG, M. (1996). *Management Processes and Functions*. London, ISBN 0-85292-438-0.
- AS/NZS 4360: 2004. *Risk management*. Standards of Australia and Standards of New Zealand. Sidney, Australia.
- ASCE (2001). *Standard Construction Guidelines for Microtunneling (CI / ASCE 36-01)*. ISBN: 0784405727 (56 p.).
- BAPTISTA, J. M. (1994). *Reabilitação de sistemas de distribuição de água. Uma metodologia de abordagem*. Programa de investigação para acesso a investigador coordenador, LNEC.
- BAPTISTA, J. M.; ALEGRE, H. (Eds.) (2000a). *Especificação de materiais para as redes de abastecimento de água de Oeiras e Amadora, Relatório 193/00 – NES, LNEC, Lisboa*. (282 p.).
- BAPTISTA, J. M.; ALEGRE, H. (2000b). Selecção de materiais de tubagens para sistemas de abastecimento de água. *IX Encontro Nacional de Saneamento Básico, APESB, Loures*, 14.

BAPTISTA, J. M.; ALEGRE, H.; MATOS, R.; NEVES, E. B.; CARDOSO, A.; DUARTE, P.; PÁSSARO, D. Á.; SANTOS, R. F. D.; PIRES, J. S.; FERNANDES, T.; ALMEIDA, J.; ESCUDEIRO, M. H.; LOBO, F.; NUNES, M.; SILVA, J.; COSTA, A.; LOPES, R.; RIBEIRO, A.; SILVA, J. C.; NEVES, T.; FREIXIAL, P.; FERREIRA, R.; RAMOS, R.; RODRIGUES, R. (2009). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores. 1.ª Geração do sistema IRAR de indicadores de qualidade de serviço. Guia Técnico n.º 12*. Lisboa, Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Lisboa, Portugal (175 p.).

BAPTISTA, J. M.; MATOS, R. (Eds.) (2000). *Guia de apoio ao processo de garantia da qualidade de sistemas multimunicipais de abastecimento de água – Volume 2*. Lisboa, Relatório 226/00 – NES, (386 p.).

BARTON, T. L.; SHENKIR, W. G.; WALKER, P. L. (2002). *Making enterprise risk management pay off: how leading companies implement risk management*. Financial Times / Prentice Hall PRT, ISBN: 0-13-008754-8, (257).

BORDA D'ÁGUA, R.; MATOS, C.; PALMA, J. (2000). Abastecimento de água – Reabilitação de reservatórios. *REPAR 2000, Lisboa, Publicação LNEC*, 79-88.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C. (1998). *Princípios de Finanças Empresariais (5.ª Edição)*. McGrawHill.

BURNS, P.; HOPE, D.; ROORDA, J. (1999). *Automation in Construction*, Volume 8(6), 689-703

CALDEIRA, J. (2001). *Finanças Empresariais – Avaliação de Projectos de Investimento Valor Actual Líquido – VAL. IAPMEI*. Disponível em <http://www.iapmei.pt/iapmei-art-03.php?id=576> (em Temas A-Z, consultado em Fevereiro de 2010).

CARVALHO, J. C. D.; FILIPE, J. C. (2006). *Manual de Estratégia – Conceitos, Prática e Roteiro*. Lisboa, ISBN: 072-618-431-2 (263 p.).

CESARIO, L. (1995). *Modeling, Analysis, and Design of Water Distribution Systems*. American Water Works Association, Denver, EUA.

COELHO, S. T. (1988). *A System for Demand Analysis and Forecasting in Water Supply Systems*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Newcastle, Reino Unido.

COELHO, S. T. (1997). *Performance in Water Distribution – A System Approach*. Research Studies Press, Reino Unido; distr. John Wiley & Sons, EUA, ISBN 0 86380 219 2, (225).

COELHO, S. T.; ALEGRE, H. (1999). *Indicadores do desempenho de sistemas de saneamento básico*. LNEC, (562).

COELHO, S. T.; LOUREIRO, D.; ALEGRE, H. (2006a). *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água*. Lisboa, IRAR e LNEC., 972-99354-8-3, (335).

COELHO, S. T.; LOUREIRO, D.; ALEGRE, H. (2006b). *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água*. Lisboa, IRAR e LNEC., ISBN: 972-99354-8-3 (335 p.).

COX, D. R.; OAKES, D. (1984). *Analysis of survival data*. Chapman and Hall, London, New York.

DECRETO-LEI n.º 69/2000, de 3 de Maio. *Regime jurídico da avaliação do impacte ambiental dos projectos públicos e privados susceptíveis de produzirem efeitos significativos no ambiente*.

DECRETO-LEI n.º 155/95, de 1 de Julho. *Princípios gerais de promoção da segurança, higiene e saúde no trabalho*.

DECRETO-LEI n.º 235/86, de 18 de Agosto. *Regime jurídico das empreitadas e fornecimento de obras públicas*.

DECRETO-LEI n.º 113/93, de 10 de Abril. *Directiva dos Produtos da Construção*.

DECRETO-LEI n.º 207/94, Diário da República, I Série A, N.º181, de 6 de Agosto. *Revisão e Actualização dos Regulamentos Gerais das Canalizações de Água e de Esgoto*.

DECRETO-LEI n.º 50/2008. *Diário da República, 1.ª Série, N.º 56, de 19 de Março, que aprova a Alteração ao Artigo 17.º do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 38 382, de 7 de Agosto de 1951, com a redacção que lhe foi dada pelo Decreto-Lei n.º 290/2007, de 17 de Agosto*.

DECRETO LEI n.º 194/2009, de 20 de Agosto. *Regime dos serviços municipais de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos*.

DECRETO REGULAMENTAR n.º 2/90, de 12 de Janeiro. *Regime das reintegrações e amortizações para efeitos do imposto sobre o rendimento das pessoas colectivas*.

DECRETO REGULAMENTAR n.º 23/95, de 23 de Agosto. *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*.

DECRETO REGULAMENTAR n.º 25/2009 de 14 de Setembro. *Regime regulamentar das depreciações e amortizações*.

DESPACHO n.º 2339/2007, Diário da República, 2.ª série, N.º 32, de 14 de Fevereiro de 2007. *Aprovação do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais para o período 2007-2013.*

DIAS, N. (2004). *Diagnóstico de sistemas de abastecimento de água para diferentes condições de operacionalidade e segurança.* Trabalho Final de Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa.

DIRECTIVA 97/11/EC, de 3 de Março de 1997 relativa à alteração da Directiva 85/337/EEC sobre “*The assessment of the effects of certain public and private projects on the environment*”.

DUARTE, P. (2010). *Metodologia para a gestão de infra-estruturas de abastecimento de água com base na avaliação de desempenho. Uma abordagem integrada.* Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

DUARTE, P.; FARMANI, R.; HELENA ALEGRE, H.; SAVIC, D.; WALTERS, G.; MONTEIRO, A. J. (2005). Water distributions systems optimisation and technical performance assessment – Using technical performance assessment for comparing solutions. *Conference 8th International Conference on Computing and Control for Water Industry – CCWI, Universidade de Exeter, U.K.*

EISENBEIS, P.; GAT, Y. L.; LAFFRÉCHINE, K.; GAUFFRE, P. L.; KÖNIG, A.; RØSTUM, J.; TUHOVČAK, L.; VALKOVIC, P. (2002). *WP2 – Description and validation of technical tools: D3 – Models description.* Report No. 2.1, CARE-W, EVK1-CT-2000-00053, (116).

EN 639: 1994 *Common requirements for concrete pressure pipes including joints and fittings.*

EN 642: 1994. *Prestressed concrete pressure pipes, cylinder and non-cylinder, including joints, fittings and specific requirements for prestressing steel for pipes.*

EN 752: 2007. *Drain and sewer systems outside buildings.*

EN 805: 2000. *Water supply – Requirements for systems and components outside buildings.*

EN 1508: 1998 *Water supply – Requirements for systems and components for the storage of water.*

EN 13566-1: 2002 (ISO/DIS 11296-1: 2008). *Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 1: General.*

EN 13566-2: 2005. *Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Part 2: Lining with continuous pipes.*

EN 13566-3: 2002. *Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 3: Lining with close-fit pipes.*

EN 14409-1:2004. *Plastics piping systems for renovation of underground water supply networks. General.*

EN ISO/IEC 17025:2000. *General requirements for competence of testing and calibration laboratories.*

EN ISO 11295: 2008. *Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation.*

EPAL (2006). *Manual de Gestão de Obras – Renovação e Ampliação da Rede. Direcção de Renovação e Ampliação da Rede de Distribuição de Lisboa* (314 p.).

ERSAR (2009). *Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal 2008 (RASARP 2008). Vol 3 – Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores.* Lisboa, ISBN: 978-989-95392-0-4 (388 p.).

ERSAR (2010). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 2.ª Geração do sistema de avaliação.* ERSAR e LNEC, Lisboa (253 pp.) (disponível em [www.ersar.pt](http://www.ersar.pt)).

ESPECIFICAÇÃO LNEC E 378:1996 *Betões – Guia para a utilização de ligantes hidráulicos.*

FENNER, R. A. (2000). Towards assessing sewer performance and serviceability using knowledge-based systems. *Urban Drainage 2002, Portland, Oregon, USA, ASCE*, 82.

GHIASSI, M.; DAVID, K. Z.; SAIDANE, H. (2008). Urban Water Demand Forecasting with a Dynamic Artificial Neural Network Model. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 134(2), 138-146.

GODINHO, G. (2004). *Modelação, planeamento e análise de sistemas de distribuição de água.* Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Técnica de Lisboa.

GORDON, A. R.; SHORE, K. R. (1998). Life cycle renewal as a business process. *Innovations in Urban Infrastructure Seminar, Las Vegas, Nevada, USA, APWA International Public Works Congress*, 41-53.



GRILO, T. V. (2007). *Técnicas de Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água: Metodologia conceptual e aplicação a casos de estudo*. Mestrado em Engenharia Civil, IST (123 p.).

HASSANAIN, M. A.; FROESE, T. M.; VANIER, D. J. (2003). Framework model for asset maintenance management. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, Vol. 17 (n.º 1), 51.

HEIJN, E.; LARSEN, P. (2004). Water Main Rehabilitation Alternatives. *Florida Water Resources Journal*, December.

HENRIQUES, J. D.; PALMA, J. C. P. D.; RIBEIRO, Á. S. (2007). *Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas*. ERSAR e LNEC, Série Guias Técnicos N.º 9.

HILL, T.; WESTBROOK, R. (1997). SWOT. Analysis: It's Time for a Product Recall. *Long Range Planning* 30(1), 46-52.

HONG, H. P.; ALLOUCHE, E. N.; TRIVEDI, M. (2006) Optimal scheduling of replacement and rehabilitation of water distribution systems. *Journal of Infrastructures Systems*, Vol. 12(3), pp. 184-191.

IGN 4-02-02. "Code of practice: in situ resin lining of water mains". *Water UK*.

IIMM (2002). *International infrastructure management manual, version 2.0* Association of Local Government Engineering NZ Inc (INGENIUM), ISBN: 0-473-09137-2.

INAG (2006). *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e Drenagem e Tratamento de Águas Residuais. Sistemas Públicos Urbanos. Campanha INSAAR 2006*. ISBN: 978-972-9412-75-2.

INGENIUM; IPWEA (2006). *International infrastructure management manual, version 3.0*. Association of Local Government Engineering NZ Inc (INGENIUM) and the Institute of Public Works Engineering of Australia (IPWEA), ISBN: 0-473-10685-X (360 p.).

IRAR (2008a). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores (Versão 4)*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Lisboa, Portugal., (140).

IRAR (2008b). *Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal 2007 (RASARP 2007)*. Vol 3 – Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores. Lisboa, ISBN: 978-989-95392-0-4 (300 p.).

ISO/DIS 11296-1: 2008. *Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Part 1: General*.

ISO/DIS 11296-2: 2008. *Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Part 2: Lining with continuous pipes.*

ISO/DIS 11296-3: 2008. *Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Part 3: Lining with close-fit pipes.*

ISO/DIS 11298-2: 2008. *Plastics piping systems for renovation of underground water supply networks – Part 2: Lining with continuous pipes.*

ISO/DIS 11298-3: 2008. *Plastics piping systems for renovation of underground water supply networks – Part 3: Lining with close-fit pipes.*

ISO 10816-1: 1995. *Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 1: General guidelines.*

ISO 11295: 2008. *Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation.*

ISO 11298-1: 2008. *Plastics piping systems for renovation of underground water supply networks. Part 1: General.*

ISO 14040: 2006. *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.*

ISO 14041: 1998. *Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis.*

ISO 14042: 2002. *Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment.*

ISO 15686-5: 2008. *Service life planning – Buildings and constructed assets. Part 5: Life cycle costing.*

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. *Activities relating to drinking water and wastewater services – Guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services.*

ISO 25780: 2008. *Plastics piping systems for pressure and non-pressure water supply, irrigation, drainage or sewerage.*



*Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) systems based on unsaturated polyester (UP) resin. Pipes with flexible joints intended to be installed using jacking techniques.*

ISO 31000: 2008. *Risk Management – Guidelines on principles and implementation of risk management.*

JACOB, A. C. (2006). *Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água: o caso de estudo da ZMC 320 da EPAL.* Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Técnica de Lisboa.

JACOB, A. C.; COVAS, D.; RAMOS, H. (2006). *Avaliação de perdas em sistemas de distribuição de água. XII SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Figueira da Foz, Portugal.*

JAE (1998). *Caderno de Encargos, Junta Autónoma das Estradas.*

JAIN, A.; VARSHNEY, A. K.; JOSHI, U. C. (2001). Short-term water demand forecasting modeling at IIT Kampur using artificial neural networks. *Water Resources Management*, 15, 299-321.

KEVANY, M.; SWAIN, L. (2005). *AGS de Paços de Ferreira requirements analysis.* relatório produzido para a AGS Paços de Ferreira S.A. pela PlanGraphics, Inc. no âmbito do consórcio SLG – Sociedade Lusa de Geoengenharia e Engigás – Tecnologia Multi-Serviços de Engenharia, S.A., Frankfurt, E.U.A. (73).

KJELLBERG, S.; JAYARATNE, A.; CADAN, E.; SUKUMARAN, N.; VREEBURG, J.; VERBERK, J. (2009). The resuspension potential method: Yarra Valley water's novel approach to routine mains cleaning. *Water Science & Technology: Water Supply*, 9(5), 549-556.

KLEINER, Y.; RAJANI, B. (2002). Forecasting variations and trends in water-main breaks. *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 8 (n.º 4).

KLEINER, Y.; SADIQ, R.; RAJANI, B. (2004). Modeling failure risk in buried pipes using fuzzy Markov deterioration process. *Pipeline Engineering and Construction: Whats on the Horizon?, Proceedings of the Pipeline Division Specialty Congress, ASCE, San Diego, California.*

LOUREIRO, D. (2010). *Metodologias de Análise de Consumos para a Gestão Eficiente de Sistemas de Distribuição de Água.* Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

MARQUES, J. A. A. D. S.; SOUSA, J. J. D. O. (2008). *Hidráulica Urbana. Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. Coimbra, Imprensa da Universidade de Coimbra, 978-989-8074-65-2 (426 p.).

MATOS, J. P. G. D. S. C. (2008). *Utilização de redes neuronais artificiais para a modelação da degradação de sistemas de distribuição de água*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa (183).

MICEVSKI, T.; KUCZERA, G.; COOMBES, P. (2002). Markov model for storm water pipe deterioration. *Journal of Infrastructure Systems*, Volume 8 (Issue 2), pp. 49-56.

MOTA, A. G.; CUSTÓDIO, C. (2008). *Finanças da Empresa*. Booknomics, ISBN 978-989-8020-16-1, (310 p.).

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R. (1998). Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples. *Journal of Global Optimisation*, vol. 12, 157-174.

NEWTON, L. A.; VANIER, D. J. (2004). *MIIP Report: Case studies on municipal infrastructure investment planning*. National Research Council Canada, B-5123.5, (17).

NIST/SEMATECH (2006) *NIST/SEMATECH ebook of statistical methods*. <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>, ref. Fev. 2007.

NP 881: 1971. *Redes de esgoto – Câmaras de visita – Características*.

NP 882: 1971. *Redes de esgoto – Elementos pré-fabricados para câmaras de visita – Características e recepção*.

NP 883: 1971. *Redes de esgoto – Degraus das câmaras – Características e montagem*.

NP EN 124: 1995. *Dispositivos de entrada de sumidouros e dispositivos de fecho de câmaras de visita, para zonas de circulação de peões e veículos – Princípios construtivos, ensaios, marcação, controlo da qualidade*.

NP EN 512: 1996 *Produtos de fibrocimento – Tubos e juntas para canalizações sob pressão*.

NP EN 545: 2000. *Tubos, acessórios e componentes de ferro fundido dúctil, e respectivas juntas, para sistemas de abastecimento de água – Requisitos e métodos de ensaio*.

NP EN 685: 1996. *Revestimentos de piso resilientes – Classificação*.

NP EN 12889:2008 *Construção em galeria e ensaio de ramais de ligação e colectores de águas residuais.*

NP EN ISO 9001:2000. *Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos.*

NP EN ISO 14001: 2004. *Sistemas de gestão ambiental – Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização.*

NP ENV 206:1993. *Betão – Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade.*

NRC (Ed.) (2003) *Selection of Technologies for the Rehabilitation or Replacement of Sections of a Water Distribution System.* (47 p.).

ORCHARD, J. S. (2006) *What is microtunnelling?* . Briefing Sheet of Institution of Civil Engineers.

PORTARIA n.º 762/2002 de 1 de Julho. *Regulamento de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho na Exploração dos Sistemas Públicos de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.*

prEN 15885: 2008. *Classification and performance characteristics of techniques for renovation and repairs of drains and sewers.*

ROY, B. (1996) *Multicriteria Methodology for Decision Aiding.* Kluwer Academic Publishers Group, ISBN: 9780792341666, (316).

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.).

SELVAKUMAR, A.; CLARK, R. M.; SIVAGANESAN, M. (2002). Costs for water supply distribution system rehabilitation. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 128(4), 303-306.

SHAHIN, M. Y.; BURKHALTER, J. A. (2000). Infrastructure M&R using engineered management systems (EMS). *APWA International Public Works Congress, Louisville*, <http://www.nrcuca/irc/uir/apwa> (Louisville 2000 proceedings), ref. Agosto 2005.

SIMICEVIC, J.; STERLING, R. L. (2001). *Guidelines for pipe bursting.* *TTC Technical Report #2001.02.* US Corps of Engineers (55 p.).

- SOUSA, C. (2007). *Optimização multicritério da operação de sistemas de abastecimento de água utilizando algoritmos genéticos*. Tese de Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Técnica de Lisboa (142).
- STEIN, D. (2001). *Rehabilitation and maintenance of drains and sewers*. ISBN 3-433-01316-0.
- STEWART, T. A. (2000). Managing Risk in the 21st Century. *Fortune*, February 7(202).
- SYNNOTT, W. R. (1987). *The Information Weapon: Winning Customers and Markets with Technology*. New York, John Wiley.
- TROESKEN, W. (2003). *Lead Water Pipes and Infant Mortality in Turn-of-the-Century Massachusetts*. NBER Working Papers 9549, National Bureau of Economic Research, Inc..
- TROESKEN, W. (2006). *The Great Lead Water Pipe Disaster*. ISBN: 0262201674 (318 p.).
- TZU, S. (2007). *A arte da guerra: por uma estratégia perfeita. Tradução de "Art of War" por Heloisa Sarzana Publiesi, Márcio Publiesi.*, ISBN: 978-85-370-0194-3.
- USEPA (2005). *USEPA Advanced Asset Management Workshop*. US Environmental Protection Agency.
- VANGDAL, A. C.; KLOOSTERMAN, E.; SÆGROV, S.; UGARELLI, R. (2009). *Condition assessment of water networks – with pipe scanning*. IWA, Miami, Florida, USA.
- VANIER, D. J. (2000). Advanced asset management: tools and techniques. *APWA International Public Works Congress, Louisville*.
- VANRENTERGHEM-RAVEN, A.; HAFSKJOLD, S.; ROSTUM, J.; LAUGHTER, G.; SIMPSON, P. (2007). Planning the rehabilitation of the Las Vegas distribution network using CARE-W. *LESAM 2007 – Leading Edge Conference on Strategic Asset Management, Lisboa, International Water Association e LNEC*, 15.
- VIEIRA, P.; RAMALHO, P.; ROSA, M. J.; ALEGRE, H.; SILVA, C.; LUCAS, H. (2008). Uma ferramenta de cálculo automático para avaliação de desempenho de ETA 13.º *ENASB, 14-17 de Outubro de 2008, APESB, Covilhã*, 14.
- VREEBURG, J. H. G.; SCHAAP, P. G.; VAN DIJK, J. C. (2004). Particles in the drinking water system: from source to discolouration. *Water science and technology: water supply*, 4 (5-6), 431-438.

WALSKI, T. M., CHASE, D. V., SAVIC, D. A. (2003). *Advanced Water Distribution Modeling*. Haestad Methods Press, EUA (www.haestad.com).

WRC (1994). *Water Industry: Managing Leakage (Reports A to F). Engineering and Operations Committee, UK*.

WRC (2001). *Sewerage rehabilitation manual, 4ª Edição*. Water Research Centre, Swindon, Reino Unido, ISBN 1-898920-39-7.

ZHANG, J.; SONG, R.; BHASKAR, N. R.; FRENCH, M. N. (2006). *Short-term water demand forecasting. A case study*. 8th Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium, Cincinnati, Ohio (EUA).



## ANEXOS

---





# ANEXO I – EXEMPLO DE ÍNDICE DE CADERNO DE ENCARGOS-TIPO PARA OBRAS DE RENOVAÇÃO E AMPLIAÇÃO

## CONCURSO PÚBLICO PARA ADJUDICAÇÃO DA EMPREITADA DE RENOVAÇÃO E AMPLIAÇÃO EM CONDUTAS E ÓRGÃOS DE MANOBRA DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO E DE ÁGUA EM LISBOA

VERSÃO 3.3 CTE – REVISÃO JULHO 2008

### CADERNO DE ENCARGOS – Cláusulas Técnicas Especiais

#### 1. – MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- 1.1. – Recepção, armazenagem e aplicação de materiais
  - 1.1.01. – *Condições gerais*
  - 1.1.02. – *Recepção de materiais*
  - 1.1.03. – *Regras de aceitação / rejeição*
  - 1.1.04. – *Armazenagem de materiais*
  - 1.1.05. – *Aplicação dos materiais*
  - 1.1.06. – *Substituição de materiais*
  - 1.1.07. – *Depósito de materiais não destinados à obra*
  - 1.1.08. – *Remoção de obra de materiais / equipamentos*
  - 1.1.09. – *Colheita de amostras*
  - 1.1.10. – *Ensaaios / inspeções a realizar*
  - 1.1.11. – *Ensaaios / inspeções obrigatórios*
  - 1.1.12. – *Ensaaios / inspeções facultativos*
  - 1.1.13. – *Casos especiais*
- 1.2. – Materiais de construção civil
  - 1.2.01. – *Água*
  - 1.2.02. – *Areia*
  - 1.2.03. – *Cimento, cal aérea e pozolanas*
  - 1.2.04. – *Brita, godo e burgau*
  - 1.2.05. – *Materiais para camadas granulares*
  - 1.2.06. – *Betão*
  - 1.2.07. – *Aços para armaduras*
  - 1.2.08. – *Madeiras*
  - 1.2.09. – *Argamassas*
  - 1.2.10. – *Aditivos para argamassas e betões*
  - 1.2.11. – *Serralharias*

- 1.3. – Tubos e acessórios em polietileno
  - 1.3.01. – *Certificados de qualidade*
  - 1.3.02. – *Processo de fabrico e fabricante*
  - 1.3.03. – *Modo de fornecimento de tubos e acessórios*
- 1.4. – Tubos e acessórios em aço e ferro fundido dúctil
  - 1.4.01. – *Transporte, armazenamento e manuseamento*
  - 1.4.02. – *Corte dos tubos*
  - 1.4.03. – *Revestimento de tubos e acessórios de aço em obra*
  - 1.4.04. – *Revestimento em tubos e acessórios de FFD*
  - 1.4.05. – *Protecção catódica*
  - 1.4.06. – *Massas lubrificantes*
- 1.5. – Tubos e acessórios em pvc rígido
  - 1.5.01. – *Disposições gerais*
  - 1.5.02. – *Tubos e acessórios de PVC rígido para escoamento com superfície livre*
- 1.6. – Equipamentos mecânicos
  - 1.6.01. – *Natureza e qualidade*
  - 1.6.02. – *Válvulas de seccionamento*
  - 1.6.03. – *Válvulas de serviço de ramais de ligação*
  - 1.6.04. – *Ventosas*
  - 1.6.05. – *Juntas de montagem e transição de materiais*
  - 1.6.06. – *Acessório em T com válvula de cunha incorporada na derivação*
  - 1.6.07. – *Capacetes*
  - 1.6.08. – *Marcos de água*
  - 1.6.09. – *Flanges*
  - 1.6.10. – *Parafusos e porcas*
- 1.7. – Materiais não especificados

## **2. – CONDIÇÕES TÉCNICAS DE EXECUÇÃO DOS TRABALHOS DE INSTALAÇÃO DE CONDUTAS, ÓRGÃOS DE MANOBRA E OBRAS ACESSÓRIAS**

- 2.1. – Estaleiro
- 2.2. – Aspectos ambientais
- 2.3. – Implantação das obras e trabalhos preparatórios
- 2.4. – Sinalização dos trabalhos
- 2.5. – Arranque e reposição de pavimentos
- 2.6. – Pavimentos betuminosos
- 2.7. – Movimento de terras na abertura de valas
  - 2.7.01. – *Escavações*
  - 2.7.02. – *Largura das valas*
  - 2.7.03. – *Entivações e escoramentos*
  - 2.7.04. – *Extracção da água*
  - 2.7.05. – *Instalações de subsolo*
  - 2.7.06. – *Aterro das valas e compactação*
  - 2.7.07. – *Materiais de escavação impróprios para aterro*
- 2.8. – Trabalhos em estradas e outras vias
- 2.9. – Travessias com vala aberta

- 2.10.– Soldadura de PEAD
  - 2.10.01. – *Qualificação dos procedimentos de soldadura*
  - 2.10.02. – *Qualificação de soldadores*
  - 2.10.03. – *Soldadura em obra*
- 2.11.– Soldadura de aço
  - 2.11.01. – *Unões e acessórios de ligação*
  - 2.11.02. – *Materiais de adição para soldadura*
  - 2.11.03. – *Qualificação dos procedimentos de soldadura*
  - 2.11.04. – *Qualificação dos soldadores*
  - 2.11.05. – *Soldadura em obra*
- 2.12.– Instalação das tubagens
  - 2.12.01. – *Trabalhos preparatórios*
  - 2.12.02. – *Fundação das tubagens*
  - 2.12.03. – *Movimentação de tubos e sua colocação nas valas*
  - 2.12.04. – *Zonas da rede terminadas em extremo*
  - 2.12.05. – *Instalação de tubagem fora de cota*
  - 2.12.06. – *Procedimento para a realização de uniões soldadas de fecho*
  - 2.12.07. – *Procedimento para a realização da operação de esmagamento da tubagem de polietileno*
  - 2.12.08. – *Métodos de instalação de tubagem sem abertura de vala*
  - 2.12.09. – *Especificidades na instalação de tubagem de FFD*
  - 2.12.10. – *Especificidades na instalação de tubagem de Aço*
- 2.13.– Maciços de amarração
- 2.14.– Fornecimento e colocação, em obra, de bandas avisadoras
- 2.15.– Preparação de betões e argamassas
- 2.16.– Betonagens
- 2.17.– Armaduras
- 2.18.– Moldes
- 2.19.– Rebocos
- 2.20.– Caixas para órgãos de manobra e outras
- 2.21.– Descargas de fundo, ligações a colectores
- 2.22.– Protecção anticorrosiva
- 2.23.– Trabalhos não especificados

### **3. – CONDIÇÕES DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS, LAVAGEM, DESINFECÇÃO E LIGAÇÕES DAS CONDUTAS RENOVADAS**

- 3.1. – Ensaio de condutas para escoamento em pressão
  - 3.1.01. – *Generalidades*
  - 3.1.02. – *Instrumentos de registo e medida*
  - 3.1.03. – *Procedimento de ensaio das tubagens*
  - 3.1.04. – *Método alternativo de procedimento de ensaio*
  - 3.1.05. – *Método de ensaio de ramais de ligação não desenvolvidos*
  - 3.1.06. – *Outros requisitos*
- 3.2. – Relatórios de ensaio
- 3.3. – Lavagem e desinfecção de condutas
- 3.4. – Ligações

#### **4. – ORGANIZAÇÃO, DOCUMENTAÇÃO E RECEPÇÃO DE OBRAS**

- 4.1. – Descrição da organização do empreiteiro
- 4.2. – Relatórios do empreiteiro e da fiscalização
  - 4.2.01. – *Actas de reunião técnica semanal*
  - 4.2.02. – *Relatórios mensais*
  - 4.2.03. – *Modelos de relatórios:*
- 4.3. – Documentação final de obra
  - 4.3.03. – *Documentos de gestão de obra a incluir na documentação final*
  - 4.3.03. – *Documentação cadastral para “telas finais”*
- 4.4. – Métodos de cotagem
- 4.5. – Levantamento topográfico, perfil altimétrico e livros de tubos para condutas DN≥400
  - 4.5.01. – *Identificação dos tubos, acessórios, soldaduras e/ou juntas*
  - 4.5.02. – *Levantamento topográfico para Telas Finais*
  - 4.5.03. – *Referencial geodésico*
  - 4.5.04. – *Projecção plana*
  - 4.5.05. – *Cartografia para zonas não urbanas*
  - 4.5.06. – *Cartografia para zonas urbanas*
  - 4.5.07. – *Elementos a Restituir*
  - 4.5.08. – *Apresentação final*
  - 4.5.09. – *Documentação*
- 4.6. – Conclusão e protocolo de entrada em exploração da frente de obra
- 4.7. – Recepção provisória e definitiva
  - 4.7.01. – *Recepção provisória*
  - 4.7.02. – *Conta da empreitada*
  - 4.7.03. – *Final do período de garantia, “Auto de Recepção de Obra”*
- 4.8. – Manual de gestão de obras
- 4.9. – Condições específicas do projecto de execução

#### **ANEXOS**

ANEXO A – Modelos de relatórios

ANEXO B – Ordem de serviço CML – 1/2004 – Repavimentações em obras executadas na via pública

ANEXO C – Especificações dos capacetes de FF para válvulas de sectionamento

ANEXO D – Procedimento operativo EPAL “lavagem e desinfecção de condutas

ANEXO E – Especificações técnicas da EPAL – PEAD, FFD, aço e válvulas de cunha

ANEXO F – Materiais em contacto com água

ANEXO G – Descargas de fundo, ligações a colectores

ANEXO H – Condições específicas deste projecto de execução

# ANEXO II – PROPOSTA DE REQUISITOS PARA A REALIZAÇÃO DE ESTUDOS PRÉVIOS E DE PROJECTOS DE EXECUÇÃO

## Anexo II-A – Fase de projecto

### *Requisitos gerais de projecto*

#### Pr 1 – Existência de projecto

**Uma intervenção infra-estrutural de reabilitação deve ter sempre como base um projecto elaborado previamente.**

A entidade gestora deve garantir a elaboração atempada do projecto relativo à intervenção em causa. O projecto deve cumprir o estabelecido nos termos de referência da consulta e na legislação aplicável (e.g., Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto). Recomenda-se que atenda à normalização portuguesa (NP), europeia (EN) e internacional (ISO) aplicável.

#### Pr 2 – Consideração de princípios gerais no projecto

**A elaboração de projecto deve ter em atenção um conjunto de princípios gerais que ajudem a garantir a eficiência e eficácia da entidade gestora.**

O projecto deve em geral observar os seguintes requisitos gerais: capacidade adequada da obra para a gama de solicitações prevista; durabilidade adequada das estruturas e dos equipamentos; facilidade de operação e manutenção; optimização do custo total (construção, operação e manutenção); consideração de eventuais ampliações e seu faseamento; garantia de segurança do pessoal nas condições normais de operação; facilidade de recolha de dados de exploração; minimização da quantidade de resíduos produzidos e sua reutilização sempre que possível; satisfação das disposições legais aplicáveis.

#### Pr 3 – Adequação do conteúdo do projecto

**O conteúdo do projecto deve ser adequado à sua finalidade e desenvolvido com nível de pormenor suficiente e com o tipo de organização exigido.**

#### Pr 4 – Autoria do projecto

**O projecto deve ser elaborado por uma equipa técnica idónea e experiente, interna ou externa à entidade gestora, que integre as diversas valências necessárias.**

Quer se trate de uma equipa interna ou externa à entidade gestora, deve garantir-se a sua adequada qualificação.

Na elaboração do projecto devem fazer-se intervir as especialidades adequadas tendo em conta a especificidade do problema, escolhidas em geral do seguinte leque: engenharia civil (incluindo hidráulica, recursos hídricos, geologia, estruturas e sísmica), química, sanitária, do ambiente, mecânica, electrotécnica, electrónica, de materiais e do território, arquitectura, paisagismo, biologia e ciências da terra, geologia, ciências económicas, ciências sociais e direito.

No caso de adjudicação a uma equipa externa, o processo de selecção deve conter regras claras e adequadas e o critério do preço não deve sobrepor-se ao da qualidade técnica.

<b>Pr 4 – Autoria do projecto</b>
<b>O projecto deve ser elaborado por uma equipa técnica idónea e experiente, interna ou externa à entidade gestora, que integre as diversas valências necessárias.</b>
A equipa deve ser coordenada por um técnico responsável pelo projecto. As suas funções iniciam-se com o começo do projecto e terminam com a conclusão da obra ou com a aprovação do projecto, se a obra não for executada. No caso de elaboração directa, o técnico responsável deve ser designado pela entidade gestora, e no caso de elaboração indirecta, deve ser indicado pelo adjudicatário e obter a aceitação da entidade gestora.
<b>Pr 5 – Aprovação do projecto</b>
<b>O projecto deve ser sujeito a um processo formal de avaliação e aprovação pela entidade gestora antes da passagem à fase de construção.</b>
Com base em parecer de uma comissão que integre as valências técnicas mais relevantes, se necessário com especialistas externos, o projecto deve ser sujeito a um processo de avaliação e aprovação pela entidade gestora antes da passagem à fase de construção. Quando aplicável, nomeadamente nos termos do contrato de concessão, o projecto deve ser adicionalmente sujeito a um processo de avaliação e aprovação pela entidade concedente. Após aprovação, quaisquer alterações ao projecto só podem ser executadas com autorização da entidade gestora, que pode exigir a apresentação prévia do respectivo projecto de alterações. No caso deste ser dispensado, devem ser entregues, após a execução da obra, as peças de projecto que reproduzam as alterações introduzidas.
<b>Pr 6 – Validade do projecto</b>
<b>Caso seja ultrapassada a validade do projecto, este deve ser sujeito a reavaliação prévia antes da sua concretização em obra.</b>
Decorridos três anos sobre a data de entrega de um projecto sem que a respectiva obra tenha sido iniciada por motivos estranhos ao técnico responsável, o projecto não deve ser executado sem a prévia reavaliação por equipa qualificada, salvaguardando os direitos de autor, na medida em que há um risco elevado de se encontrar desactualizado, quer ao nível da informação de base, quer ao nível das tecnologias utilizadas.

## ***Requisitos específicos comuns à globalidade do sistema***

<b>Pr 7 – Definição dos objectivos do projecto</b>
<b>Para efeitos de elaboração do projecto, a entidade gestora deve começar por definir claramente a finalidade e os objectivos pretendidos através do programa preliminar, tendo por base o plano director existente.</b>
A elaboração do projecto deve ser iniciada pela definição clara dos objectivos pretendidos, tendo naturalmente como base o plano director. Essa definição, da responsabilidade da entidade gestora, deve assumir a forma de Programa Preliminar, previsto na legislação, e é essencial para que a equipa autora do projecto tenha uma referência clara do pretendido. Tratando-se de situações não previstas no âmbito do plano director existente, deve este ser reanalisado e, se justificável, actualizado em conformidade.
<b>Pr 8 – Recolha da informação necessária para o projecto</b>
<b>A elaboração do projecto deve ser precedida pela recolha cuidada e com o nível de pormenor adequado de todos os elementos de base necessários.</b>
É indispensável proceder a uma cuidada recolha de informação, em gabinete e localmente, para além de visitas de reconhecimento local. Essa recolha é da responsabilidade do autor do projecto, devendo a entidade gestora fornecer toda a informação útil.

#### **Pr 8 – Recolha da informação necessária para o projecto**

**A elaboração do projecto deve ser precedida pela recolha cuidada e com o nível de pormenor adequado de todos os elementos de base necessários.**

Essa informação, embora variável consoante o tipo de projecto, refere-se na maioria dos casos a: caracterização do local de implantação (topografia, caracterização geotécnica e hidrológica, acessibilidades e alimentação de energia eléctrica); características da qualidade química, biológica e microbiológica da água na origem, com a compilação de dados durante um período de tempo representativo das flutuações da qualidade da água (idealmente três anos, com um mínimo de um ano de modo a abranger as variações sazonais); características de qualidade a ser satisfeitas pela água a distribuir de acordo com legislação nacional e comunitária em vigor.

Para além disso, o projecto deve ser baseado numa estimativa tão rigorosa quanto possível das solicitações a satisfazer, incluindo consumo humano (residencial, público, comercial, industrial), caudais para rega de espaços verdes, lavagem de ruas, combate a incêndios e caudais perdidos por fugas. A caracterização das necessidades deve incluir uma previsão da evolução dos consumos médios ao longo da vida útil da obra a projectar. Sempre que necessário devem proceder-se a estudos experimentais exploratórios de caracterização de consumos de água.

#### **Pr 9 – Aspectos a considerar no projecto de execução**

**A elaboração do projecto deve ter por base o plano táctico de reabilitação e atender aos requisitos de desempenho pretendidos.**

Após a definição clara dos objectivos do projecto e a recolha de informação, é necessário proceder à concepção geral da solução de forma a ter em conta os objectivos pretendidos e as condicionantes existentes, assegurando o bom desempenho do sistema para toda a vida útil da obra, e considerando quer situações normais quer situações excepcionais de funcionamento.

O projecto deve atender conjuntamente aos diversos aspectos relevantes, tais como aspectos hidráulicos, sanitários, geotécnicos, estruturais, sísmicos, arquitectónicos, ambientais, sociais, de construção civil, de equipamentos, de instrumentação e automação, de acessibilidades, de fiabilidade, de funcionalidade, e de segurança e higiene. Alguns destes aspectos podem dar origem a projectos de especialidade (e.g., hidráulico-sanitário, estrutural, de electricidade, de instrumentação e automação, de arquitectura, etc.). Outros requerem análises qualitativas, avaliações posteriores e estabelecimento de disposições construtivas (ambientais, sociais, de funcionalidade, segurança e higiene, etc.).

O caderno de encargos integrante do projecto deve ser suficientemente flexível de modo a permitir soluções variantes ou alternativas à solução-base do projecto.

#### **Pr 10 – Implantação dos componentes ao nível do projecto**

**Depois de feita a concepção geral da solução é necessário proceder à implantação exacta nas cartas topográficas de todos os componentes.**

A localização dos diversos componentes do sistema deve ser cuidadosamente definida, tendo por base as indicações do plano director e factores locais.

#### **Pr 11 – Dimensionamento dos componentes**

**Depois de feita a implantação, é necessário proceder ao dimensionamento de todos os componentes.**

O dimensionamento da solução deve ser feito com uma abordagem integrada, incluindo os aspectos hidráulico-sanitários, estruturais, sísmicos, arquitectónicos e ambientais, com vista a satisfazer as necessidades de fiabilidade, de funcionalidade de operação e manutenção, de higiene e segurança, de conservação de água e energia, de preservação do ambiente e de sustentabilidade.

#### Pr 11 – Dimensionamento dos componentes

**Depois de feita a implantação, é necessário proceder ao dimensionamento de todos os componentes.**

A capacidade de cada órgão deve ser determinada de forma a garantir que a capacidade e a fiabilidade globais do sistema são as desejadas e que a solução encontrada minimiza os custos no ciclo de vida da obra.

#### Pr 12 – Consideração de aspectos de fiabilidade no projecto

**O projecto deve ser avaliado em termos de fiabilidade da solução preconizada, dos pontos de vista mecânico, topológico, hidráulico e de qualidade da água, para situações normais e excepcionais de funcionamento, e eventualmente reconcebido e redimensionado.**

A fiabilidade mecânica, que traduz a capacidade de cada componente físico do sistema se manter em funcionamento com o desempenho desejado, deve, nesta fase, ser equacionada de forma a compatibilizar os requisitos de operação e manutenção dos tipos de equipamento inerentes às soluções delineadas e a capacidade da entidade gestora e do mercado fornecedor dos equipamentos darem uma resposta compatível.

A fiabilidade topológica é introduzida por redundância de tubagens (através da criação de malhas e da duplicação de tubagens) e de equipamentos, e também pelo adequado posicionamento e dimensionamento dos órgãos de armazenagem e elevação.

A fiabilidade hidráulica traduz a capacidade do sistema manter o desempenho hidráulico desejado em face de múltiplas situações de operação ou de consumo, decorrentes tanto de condições normais como de condições acidentais.

A fiabilidade em termos de qualidade da água traduz a capacidade do sistema manter um fornecimento de água com as características desejáveis.

#### Pr 13 – Consideração de aspectos de funcionalidade no projecto

**Após avaliação da fiabilidade, o projecto deve ser avaliado em termos de funcionalidade, e eventualmente reconcebido e redimensionado.**

Após a avaliação da fiabilidade, a solução preconizada deve ser avaliada em termos de funcionalidade para situações normais e excepcionais, e eventualmente reconcebido e redimensionado se necessário.

A funcionalidade do sistema pode ser conseguida através da introdução de topologias favoráveis e de equipamentos que permitam em cada momento controlar os fluxos de água e as pressões de serviço de forma a ajustar o modo de funcionamento à disponibilidade de recursos e às necessidades dos consumidores, com elevado grau de eficiência. Deve ser equacionada a utilização de válvulas telecomandadas, ou comandadas localmente com autómatos, que permitam alterar os circuitos da água ou ajustar pressões ou caudais, contribuindo para melhorar os níveis de serviço ou para reduzir as perdas de água ou o consumo de energia.

#### Pr 14 – Consideração de aspectos de segurança no projecto

**Após a avaliação da funcionalidade, o projecto deve ser avaliado em termos de segurança, e eventualmente reconcebido e redimensionado.**

Após a avaliação da funcionalidade, a solução preconizada deve ser avaliada em termos de segurança, e eventualmente reconcebida e redimensionada se necessário, para assegurar a higiene e a segurança de trabalhadores e utentes durante a construção, a operação e a manutenção.

O projecto dos componentes do sistema deve atender à necessidade de assegurar a higiene e a segurança de trabalhadores e utentes durante a construção, a operação e a manutenção. Esta avaliação deve ser realizada por um especialista, de forma a garantir o cumprimento das exigências regulamentares.



#### Pr 14 – Consideração de aspectos de segurança no projecto

**Após a avaliação da funcionalidade, o projecto deve ser avaliado em termos de segurança, e eventualmente reconcebido e redimensionado.**

As medidas de segurança devem ser especialmente criadas sempre que os trabalhos se realizem ao longo de vias de comunicação, em locais nas proximidades de edifícios ou quando se realizarem entivações.

O acesso de pessoas à instalação, e em particular aos compartimentos de armazenagem, deve ser controlável na medida em que a segurança da instalação e a integridade da água armazenada devem ser adequadamente garantidas.

Na fase de projecto deve ser elaborado um Plano de Segurança e Saúde para a fase de construção, no qual estejam identificados os trabalhos com riscos especiais para os trabalhadores.

#### Pr 15 – Cumprimento de regulamentos e normas no projecto

**Na elaboração do projecto devem ter-se em atenção as disposições relativas à legislação nacional aplicável, incluindo regulamentação, e a normas técnicas eventualmente relevantes.**

Em todos os aspectos da elaboração do projecto, incluindo, para além dos aspectos técnicos de engenharia, a segurança, a saúde pública e a protecção do ambiente, devem cumprir-se os regulamentos ou outros diplomas legais aplicáveis, nomeadamente os resultantes da transposição de legislação europeia. Recomenda-se também a adopção das normas portuguesas, europeias ou internacionais que forem aplicáveis.

### **Requisitos hidráulico-sanitários**

#### Pr 16 – Consideração de aspectos hidráulicos no projecto

**Na elaboração do projecto deve proceder-se ao dimensionamento hidráulico do sistema, considerando os cenários de funcionamento previsíveis ao longo da vida da obra, e tendo em conta as situações de regime permanente e as de regime transitório.**

O dimensionamento hidráulico do sistema inclui a definição das dimensões de todos os elementos de modo a garantir um perfil hidráulico adequado, uma capacidade de transporte suficiente e velocidades e perdas de carga dentro de limites de aceitabilidade. O dimensionamento hidráulico também deve garantir que o sistema não sofre colapso por efeito de choques hidráulicos.

Deve utilizar-se o caudal de cálculo adequado a cada órgão, que corresponde ao caudal médio anual afectado de um factor de ponta. O dimensionamento hidráulico deve ser baseado em modelos de simulação tão exactos quanto a informação disponível permita.

#### Pr 17 – Consideração de aspectos sanitários no projecto

**Na elaboração do projecto deve ser feita a verificação de todos os aspectos sanitários relevantes do sistema, considerando os cenários de funcionamento previsíveis ao longo da vida da obra.**

A água a fornecer ao sistema deve ser sujeita a tratamento adequado de forma a cumprir os objectivos de qualidade definidos na legislação.

A evolução da qualidade da água ao longo do sistema, tendo em conta as suas características e os seus tempos previsíveis de percurso, deve ser avaliada de forma a que não se coloquem riscos de saúde pública, devendo para tal utilizar-se modelos de simulação devidamente calibrados.

#### **Pr 17 – Consideração de aspectos sanitários no projecto**

**Na elaboração do projecto deve ser feita a verificação de todos os aspectos sanitários relevantes do sistema, considerando os cenários de funcionamento previsíveis ao longo da vida da obra.**

Os materiais que vão estar em contacto com a água não devem provocar a deterioração da sua qualidade de forma a pôr em causa a conformidade com a legislação aplicável. Devem ser tomadas as medidas necessárias para prevenir a ocorrência de contaminações vindas do exterior, sendo necessário garantir pressões internas superiores às exteriores, a utilização de válvulas de retenção que impeçam o retorno de água de casa dos consumidores e o afastamento das tubagens de fontes de contaminação.

#### **Pr 18 – Critérios de cálculo hidráulico-sanitário**

**Os aspectos hidráulicos e os aspectos sanitários devem ser tratados conjuntamente adoptando critérios de cálculo e disposições construtivas específicas de cada componente.**

O dimensionamento das instalações elevatórias deve ser feito de modo a que todas as bombas funcionem tão próximo quanto possível do ponto de rendimento óptimo para todos os cenários de funcionamento previsíveis. Sempre que os caudais a bombear sejam variáveis deve ser equacionada a opção de bombas de velocidade variável.

O projecto do sistema de adução ou de distribuição requer o estudo do funcionamento hidráulico em regime permanente para todos os cenários de funcionamento críticos. É necessário garantir que as pressões de serviço satisfaçam as necessidades dos consumidores e, em qualquer caso, sejam sempre positivas e superiores às pressões exteriores. Devem evitar-se pressões acima das necessárias, por conduzirem a maiores volumes de perdas de água. Deve ser feita a verificação do funcionamento do sistema em regime transitório, em particular para os sistemas adutores.

A capacidade dos reservatórios deve ser a suficiente para satisfazer as necessidades, sem ser excessiva, de modo a evitar tempos de retenção elevados. O projecto de reservatórios deve ter conta os aspectos de ventilação, de geometria interna (para evitar a criação de curto-circuitos), de condicionamento de exposição à luz, de adequabilidade do revestimento das paredes e do fundo, de condicionamento de acesso, de facilidade de manutenção, de facilidade de recolha de amostras e protecção térmica da água armazenada.

### ***Requisitos estruturais***

#### **Pr 19 – Consideração de aspectos geotécnicos no projecto**

**Deve ser realizada uma adequada caracterização geotécnica das fundações para apoio ao projecto de edifícios e órgãos do sistema.**

Esta caracterização deve permitir avaliar as características geotécnicas, a escavabilidade e a consistência/compacidade do solo.

O projecto de edifícios e órgãos do sistema de elevação e armazenamento deve incluir a análise de estabilidade, o estudo das condições de fundação, a avaliação das possíveis implicações de intercepção dos níveis de água durante a escavação e a previsão das condições de escavação.

O projecto de adutoras deve incluir a análise de estabilidade, o estudo das condições de assentamento da conduta, a avaliação das possíveis implicações de intercepção dos níveis de água durante a abertura da vala, a previsão das condições de escavação e a decisão da reutilização ou não dos materiais escavados e determinar a resistividade do solo.

#### **Pr 19 – Consideração de aspectos geotécnicos no projecto**

**Deve ser realizada uma adequada caracterização geotécnica das fundações para apoio ao projecto de edifícios e órgãos do sistema.**

No projecto de redes de distribuição devem ser identificadas as áreas com maiores probabilidades de ocorrência de assentamentos diferenciais e com risco de liquefacção. A caracterização geotécnica dos maciços terrosos e rochosos a realizar deve ser feita através da realização de ensaios de laboratório e de campo, recomendando-se que sejam os requisitos constantes na legislação nacional, em Normas Portuguesas e em Especificações LNEC.

#### **Pr 20 – Dimensionamento de fundações no projecto**

**Na elaboração do projecto deve proceder-se a um adequado dimensionamento das fundações de edifícios e órgãos do sistema.**

No dimensionamento das fundações de edifícios e órgãos do sistema deve ser tida em conta a satisfação dos estados-limite últimos e dos estados-limite de utilização. No caso específico do dimensionamento das fundações do sistema de adução e distribuição deve ter-se em conta a sua grande variabilidade espacial, recorrendo, se necessário, a ensaios de campo e laboratoriais.

#### **Pr 21 – Consideração de aspectos estruturais no projecto**

**Na elaboração do projecto deve ser feita a concepção das estruturas e o dimensionamento estrutural de edifícios e órgãos do sistema.**

Na elaboração do projecto deve ser feita a concepção das estruturas tendo em conta as condições dos locais de implantação, os processos construtivos e os materiais mais adequados às situações reais, seguindo-se o dimensionamento estrutural elaborado tendo em conta a legislação em vigor.

Os sistemas de elevação e de armazenamento devem ser dimensionados do ponto de vista estrutural, incluindo a verificação aos sismos, com base em critérios de cálculo fiáveis. No projecto das estruturas dos reservatórios devem ser aplicados os Eurocódigos após entrada em vigor, que podem no entanto ser utilizados de imediato como complemento da regulamentação portuguesa.

Nos projectos de estruturas deve ser dada especial atenção à agressividade do meio, de modo a minimizar a degradação dos materiais e a garantir segurança e durabilidade adequadas. Os sistemas de adução e de distribuição devem ser dimensionados do ponto de vista estrutural, incluindo a verificação aos sismos, com base em requisitos gerais para o dimensionamento estrutural de tubagens e em métodos de verificação da segurança (métodos de cálculo) adoptados nos diversos países membros do CEN.

#### **Pr 22 – Consideração de aspectos sísmicos no projecto**

**Na elaboração do projecto deve ser feito o dimensionamento sísmico das estruturas enterradas ou elevadas consideradas críticas para o funcionamento do sistema.**

Esse dimensionamento deve ser feito de acordo com a regulamentação nacional ou, na sua ausência, basear-se em regulamentação europeia ou internacional.

A aplicação dos Eurocódigos em Portugal deve ser feita em conjunto com os respectivos Documentos Nacionais de Aplicação (DNA) incluídos nas versões portuguesas publicados pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ).

Em elementos particularmente críticos para o funcionamento do sistema ou cujo mau funcionamento possa ter consequências muito graves (por exemplo, reservatórios em zona urbanizada) pode justificar-se a realização de estudos especiais para caracterização da sismicidade do local, incluindo a definição da acção sísmica para várias probabilidades de ocorrência (ou, dito de outra forma, para vários períodos de retorno).

## Pr 22 – Consideração de aspectos sísmicos no projecto

**Na elaboração do projecto deve ser feito o dimensionamento sísmico das estruturas enterradas ou elevadas consideradas críticas para o funcionamento do sistema.**

Em zonas de risco sísmico médio ou elevado, deve ser dada preferência a soluções estruturais e a materiais que apresentem ductilidade. Tal aplica-se também às tubagens e aos respectivos sistemas de ligação.

## Requisitos relativos à construção civil

### Pr 23 – Selecção e especificação de materiais

**Os materiais a utilizar no sistema devem ser cuidadosamente especificados, tendo em atenção nomeadamente aspectos funcionais e normativos existentes.**

Os materiais em contacto com a água não devem dar origem à degradação das características da mesma. Por outro lado, para garantir a sua vida útil, estes materiais não devem sofrer degradação (corrosão, dissolução de constituintes, etc.) originada por características químicas da água. O caderno de encargos deve, assim, especificar adequadamente todos os requisitos dos materiais que minimizam a sua interacção com a água (e.g., composição química, grau de pureza, revestimentos de protecção, modo de aplicação, etc.).

As tubagens que não se encontrem protegidas ou estejam sujeitas a vibrações, nomeadamente em travessias de obras de arte, o material a utilizar deve ser o ferro fundido ou o aço. Sempre que o material das tubagens seja susceptível de ataque interno ou externo, deve prever-se a sua conveniente protecção de acordo com a natureza do agente agressivo.

Na fase de execução da obra deve estar disponível um mapa de nós contendo a pormenorização da colocação dos acessórios da tubagem.

Para viabilizar o dimensionamento ou a selecção mais adequada do material das condutas, o projecto deve especificar (EN 805: 2000):

- *forças interiores*: pressões em regime permanente, pressões máximas e pressões de ensaio;
- *forças exteriores (estáticas ou dinâmicas)*: cargas do terreno sobre a tubagem (verticais ou horizontais), sobrecargas, cargas de tráfego à superfície, acção da água no solo e peso próprio dos tubos e da água transportada;
- *diâmetros interiores* das tubagens;
- *acção da temperatura*, em consequência de variações da temperatura exterior ou entre a montagem e o regime de funcionamento das tubagens;
- *trajecto das tubagens*, dando especial atenção às zonas em curva para que estas, na medida do possível, sejam descritas com tubos de série, sem necessidade de grande número de peças especiais e respeitando as deflexões angulares máximas admissíveis, estabelecidas nas normas (EN 639: 1994) ou nos catálogos dos fabricantes;
- *localização dos blocos de ancoragem e dos troços de tubagem com juntas de movimentos restringidos*;
- *localização de todos os acessórios, válvulas, peças especiais, etc.*;
- *características do terreno* relevantes para a instalação ou recobrimento das tubagens e necessidade eventual de materiais especiais para enchimento das valas;
- *características da água transportada*, se esta for agressiva para as tubagens e obrigar à utilização de revestimentos interiores especiais;
- *agentes agressivos do solo, ou do meio ambiente, e respectivos teores*, quando interfiram com os constituintes das tubagens, ou obriguem à utilização de revestimentos especiais ou a alterações de composição. Os documentos normativos aplicáveis aos diversos tipos de tubos estabelecem exigências ou recomendações para a adequação desses produtos aos agentes agressivos no caso dos tubos de betão (NP ENV 206: 1993, Especificação LNEC E 378: 1996, EN 642: 1994), no caso dos tubos de fibrocimento (NP EN 512: 1996) e no caso dos tubos de ferro fundido dúctil (NP EN 545: 2000);

#### Pr 23 – Selecção e especificação de materiais

**Os materiais a utilizar no sistema devem ser cuidadosamente especificados, tendo em atenção nomeadamente aspectos funcionais e normativos existentes.**

- *distâncias a respeitar relativamente a outras obras enterradas*, em planta e na vertical;
- *condições especiais* (e.g., as cargas e os suportes em troços de tubagens sujeitos a flexão);
- *exigências relativas à resistência dos tubos à flexão longitudinal* dada pelo momento flector e à rigidez diametral dos tubos (NP EN 545: 2000);
- *respeito pelos limites de tensão e de deflexão diametral* indicados pelos fabricantes dos tubos, tendo em conta que a deflexão depende do tipo de juntas (flexíveis ou soldadas) e do tipo de revestimento dos tubos.

Quando os elementos de tubagens forem de materiais plásticos, deve ter-se presente que tais tubagens são flexíveis e que, por isso, quando enterradas, são susceptíveis não só à acção das solicitações verticais, mas também à acção de todo o material envolvente. Deverão, por isso, ser tidos em conta os seguintes aspectos adicionais:

- *adequação da classe de pressão e da classe de rigidez circunferencial* específica da tubagem;
- *respeito pelos valores máximos admissíveis para a deflexão da tubagem*, seguindo as indicações presentes nos catálogos dos fabricantes ou das normas aplicáveis;
- *estabelecimento da tensão (ou deformação) máxima permitida* na parede da tubagem que resulta da acção combinada da pressão hidráulica interna e das cargas externas;
- *selecção do material de enchimento da vala*;
- *cálculo da deflexão inicial da tubagem e verificação da satisfação dos limites admissíveis*;
- *cálculo da deflexão da tubagem a longo prazo e verificação da satisfação dos limites admissíveis*;
- *adopção de um factor de segurança* que evite o colapso da tubagem.

#### Pr 24 – Controlo da qualidade dos materiais no projecto

**Os materiais a especificar no projecto devem ter a qualidade adequada, o que passa pelo cumprimento de requisitos específicos e por procedimentos de certificação.**

Os materiais e produtos da construção devem garantir a satisfação das exigências essenciais de resistência mecânica e estabilidade das infra-estruturas, de segurança na sua utilização e em caso de incêndio, de higiene, saúde e protecção do ambiente, de protecção contra o ruído, de economia de energia, de isolamento térmico e das demais exigências estabelecidas no Decreto-Lei nº 50/2008, de 19 de Março, ou em legislação específica.

A utilização de materiais e produtos da construção em edificações novas, ou em intervenções, é condicionada, nos termos da legislação aplicável, à respectiva marcação CE ou, na sua ausência, sem prejuízo do reconhecimento mútuo, à certificação da sua conformidade com especificações técnicas em vigor em Portugal (Decreto-Lei n.º 50/2008, de 19 de Março). Nos casos em que os materiais e produtos de construção não preencham nenhuma destas condições, e sempre que a sua utilização possa comportar risco para a satisfação das exigências essenciais, fica a mesma condicionada à respectiva homologação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, devendo este dispensá-la se tais produtos possuírem certificados de conformidade emitidos por entidade aprovada em Estado membro da União Europeia, na Turquia ou em Estado subscritor do acordo do espaço económico europeu que atestem suficientemente a satisfação das referidas exigências.

#### **Pr 25 – Selecção e especificação de coberturas dos edifícios**

**As coberturas dos edifícios devem ser seleccionadas e especificadas em função das exigências de segurança em caso de incêndio, e de higiene, saúde e ambiente.**

Uma das funções fundamentais dos revestimentos de coberturas é garantir a estanquidade à água da chuva. É corrente classificarem-se as coberturas, consoante a sua pendente, em inclinadas e em terraço, sendo 15% um valor usual abaixo do qual as coberturas são classificadas como coberturas em terraço. A escolha de um destes dois tipos de cobertura é muitas vezes condicionada pela utilização que dela se pretende obter. É o caso que ocorre, por exemplo, quando há necessidade de instalar na cobertura equipamentos electromecânicos com fácil acessibilidade e sem necessidade de protecção contra a acção da água da chuva; nestas situações poder-se-ão rentabilizar estes espaços do edifício através da adopção duma cobertura em terraço convenientemente protegida e impermeabilizada.

As exigências fundamentais aplicáveis aos revestimentos de cobertura para os edifícios objecto deste documento são as que se aplicam aos revestimentos de coberturas da generalidade dos edifícios. Das exigências essenciais preconizadas na Directiva dos Produtos da Construção (Decreto-Lei n.º 113/93, de 10 de Abril), as relevantes para o caso dos revestimentos de coberturas são as que dizem respeito à segurança em caso de incêndio (exigência essencial 2) e à higiene, saúde e ambiente (exigência essencial 3).

#### **Pr 26 – Selecção e especificação de revestimentos de paredes e do piso**

**Os revestimentos de paredes e do piso dos edifícios e órgãos devem ser adequadamente seleccionados e especificados, tendo em conta as respectivas exigências funcionais, incluindo os respectivos processos de aplicação e os eventuais ensaios a realizar.**

O tipo de revestimentos de paredes dos edifícios e órgãos deve ser adequadamente seleccionado tendo, nomeadamente, em conta as exigências funcionais aplicáveis aos revestimentos de paredes de edifícios, em geral, e as especificidades próprias dos edifícios relacionados com o sistema de abastecimento de água. Os revestimentos exteriores e interiores de paredes têm como principais funções a regularização das imperfeições dos toscos das paredes, o acabamento dos paramentos e a protecção das alvenarias, formando uma barreira às acções externas potencialmente deteriorantes. Aos revestimentos exteriores é em geral requerida a função de impermeabilização das fachadas à água das chuvas.

Os revestimentos interiores das paredes de reservatórios devem cumprir as exigências aplicáveis relativas a exigências para sistemas e componentes para armazenagem de água (EN 1508: 1998). Nomeadamente, devem ser resistentes à água, não tóxicos e não contaminantes, laváveis, não contribuir para a acumulação de poeiras e de sujidades e ser resistentes ao desenvolvimento de fungos e bactérias. Devem também ter uma boa capacidade de impermeabilização à água em zona corrente. Contudo, não se deve recorrer ao revestimento interior para garantir a estanquidade à água, que deve antes ser conseguida através de um adequado dimensionamento e pormenorização da estrutura.

Os revestimentos de piso destinam-se a assegurar a protecção do pavimento resistente contra as acções de natureza mecânica, física ou química resultantes da utilização do local de aplicação, nomeadamente, acções de desgaste, de punção, estático ou dinâmico, e acção da água ou de produtos químicos eventualmente derramados. Complementarmente, os revestimentos devem ainda assegurar adequadas condições para a circulação dos utentes e manter, durante um período de tempo razoável, um aspecto estético aceitável. Na selecção e especificação de revestimentos de piso deve atender-se às exigências preconizadas na legislação nacional e normas portuguesas e europeias (Decreto-Lei n.º 113/93, de 10 de Abril, NP EN 685: 1996).

**Pr 26 – Selecção e especificação de revestimentos de paredes e do piso**

**Os revestimentos de paredes e do piso dos edifícios e órgãos devem ser adequadamente seleccionados e especificados, tendo em conta as respectivas exigências funcionais, incluindo os respectivos processos de aplicação e os eventuais ensaios a realizar.**

Nos espaços onde seja provável o piso estar frequentemente molhado, o revestimento de piso deve ser antiderrapante. Nas zonas de armazenagem, preparação e dosagem de reagentes é importante que, além de não escorregadio, o piso seja resistente aos ataques de ácidos e bases. No que respeita ao sistema de armazenagem, os materiais utilizados devem garantir a resistência estrutural e de estanquidade, com garantias de durabilidade para o tipo de água, ambientes com cloro a que se destinam e para o meio externo (solo, água freática, atmosfera, etc.).

**Pr 27 – Disposições construtivas relativas à mitigação dos efeitos da chuva**

**Devem ser previstas medidas a implementar durante a fase de construção de forma a mitigar os efeitos da chuva durante a execução da obra, corrigir efeitos negativos por estas provocados e permitir que os trabalhos prossigam com a necessária qualidade.**

Devem ser propostas medidas a implementar durante a fase de construção, quer com o objectivo de mitigar os efeitos da chuva durante a execução das obras, quer com o objectivo de corrigir efeitos negativos provocados por estas e permitir que os trabalhos prossigam com a necessária qualidade. Estas medidas são particularmente importantes para os trabalhos de instalação de tubagens e de construção de vias de acesso que envolvam o terreno natural (escavações e aterros).

**Pr 28 – Disposições construtivas relativas à reposição de pavimentos**

**O projecto deve conter a descrição dos trabalhos de reposição de pavimentos a realizar quando aplicável.**

Quando a construção implique a remoção do pavimento existente, como acontece com a instalação de tubagens em vala aberta, deve o projecto conter a descrição dos trabalhos a realizar e a especificação dos materiais e processos construtivos a adoptar: leito do pavimento, camadas granulares e camadas betuminosas.

## ***Requisitos relativos a tubagens e equipamentos***

**Pr 29 – Selecção dos tubos e acessórios**

**Os tubos e os acessórios devem ser objecto de um processo de selecção assente em critérios técnicos, funcionais e económicos.**

Os principais materiais utilizados em intervenções de reabilitação de condutas são o polietileno de média ou alta densidade, o policloreto de vinilo, o ferro fundido dúctil, o aço e o betão armado. Podem ainda ser utilizados outros materiais desde que reúnam as necessárias condições de utilização e sejam devidamente certificados.

A entidade gestora deve definir uma tática a adoptar para a selecção de condutas e acessórios para o seu sistema de adução e de distribuição com o objectivo de aumentar a fiabilidade e a longevidade do sistema e facilitar a sua operação e manutenção. A tática deve assentar em critérios de selecção técnica, funcional e económica.



#### Pr 29 – Selecção dos tubos e acessórios

**Os tubos e os acessórios devem ser objecto de um processo de selecção assente em critérios técnicos, funcionais e económicos.**

A metodologia para a selecção de materiais passa pela implementação dos seguintes passos:

- Fase 1 – Selecção técnica: consiste na pré-selecção de um número restrito de materiais considerados mais adequados, utilizando exclusivamente critérios técnicos que avaliem a adequação de cada material às condições hidráulicas, às características químicas das águas, às características químicas e físicas dos solos e das suas águas intersticiais e às condições geotécnicas, sísmicas e mecânicas;
- Fase 2 – Selecção funcional: consiste na identificação dos materiais considerados mais adequados tendo por base a lista restrita resultante da Fase 1 e tendo em conta os critérios funcionais considerados mais importantes;
- Fase 3 – Selecção económica: consiste numa análise económica comparativa das alternativas seleccionadas e na identificação de um número restrito de materiais considerados mais adequados, tendo por base os seus custos médios de instalação, procurando ter em conta a grande variabilidade e aleatoriedade destes valores no tempo, por razões de funcionamento do mercado.y

#### Pr 30 – Assentamento de tubagens

**O projecto deve definir a geometria da vala de assentamento das tubagens, o seu modo de enchimento e o processo construtivo a utilizar, e ainda a estabilidade da escavação.**

A largura da vala deve ser estabelecida em função da natureza dos terrenos e do diâmetro das tubagens a colocar, em conformidade com o preconizado no Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto. Sempre que se trate de condutas com serviço de percurso, o projecto deve incluir também os ramais de ligação e as respectivas disposições construtivas de assentamento.

A profundidade de assentamento das condutas não deve ser inferior a 0,80 m, medida entre a geratriz exterior superior da conduta e o nível do pavimento. Pode aceitar-se um valor inferior ao indicado desde que se protejam convenientemente as condutas para resistir a sobrecargas ou a temperaturas extremas. Em situações excepcionais, admitem-se condutas exteriores ao pavimento desde que sejam convenientemente protegidas mecanicamente, térmica e sanitariamente.

Para assentamento das tubagens até à profundidade de 3 m a vala deve ter, salvo condições especiais devidamente justificadas, a largura mínima definida pelas fórmulas:  $L = D_e + 0,50$  para tubagens de diâmetro exterior não superior a 0,50 m;  $L = D_e + 0,70$  para tubagens de diâmetro exterior superior a 0,50 m em que:  $L$  – Largura da vala (m) e  $D_e$  – Diâmetro exterior da conduta (m). Para profundidades superiores ou para atender a condicionantes como tipo de terreno, a largura mínima das valas pode ter de ser aumentada em função do tipo de terreno, processo de escavação e nível freático.

Para a abertura da vala deve ser feita uma avaliação do processo construtivo (escavação manual, mecânica ou com fogo) e de estabilidade da escavação. Caso esta seja considerada não autoportante, deve-se prever a entivação necessária para garantir a estabilidade da vala e a segurança dos operários durante a execução dos trabalhos. As tubagens devem ser assentes por forma a assegurar-se a sua perfeita estabilidade. Para tal, o fundo da vala deve ser regularizado e preparado de modo a permitir que cada troço de tubagem se apoie contínua e directamente sobre terrenos de igual resistência. Quando, pela sua natureza, o terreno não assegure as necessárias condições de estabilidade das tubagens ou das peças acessórias, deve fazer-se a sua substituição por material mais resistente ou a sua prévia consolidação por processos devidamente justificados. Quando a escavação for feita em terreno rochoso, as tubagens devem ser assentes, em toda a sua extensão, sobre uma camada uniforme previamente preparada de 0,15 a 0,30 m de espessura, de terra cirandada, areia ou gravela cuja maior dimensão não exceda 20 mm.



### Pr 30 – Assentamento de tubagens

**O projecto deve definir a geometria da vala de assentamento das tubagens, o seu modo de enchimento e o processo construtivo a utilizar, e ainda a estabilidade da escavação.**

No aterro das valas, depois de assentes as tubagens, a primeira camada de enchimento sobre estas, com uma espessura entre 0,15 e 0,30 m, deve ser constituída por material granular limpo (areia natural ou material britado) cujas dimensões não excedam 20 mm. A compactação do material do aterro deve ser feita cuidadosamente de forma a não danificar as tubagens e a garantir a estabilidade dos pavimentos. Quando for necessária a reposição do pavimento, para garantir adequadas condições da sua fundação, deve garantir-se uma espessura mínima de, pelo menos, 80 cm de solos granulares convenientemente compactados com um cilindro. Esta camada constitui o leito do pavimento, no qual devem ser aplicados materiais com as características especificadas em JAE (1998) para aquele tipo de camada.

### Pr 31 – Dimensionamento de maciços de amarração

**O projecto do sistema de adução e de distribuição deve prever maciços de amarração sempre que necessário para estabilização da tubagem.**

É obrigatória a implantação de maciços de amarração em todos os pontos onde os esforços gerados pelo escoamento e pelo peso próprio possam vir a provocar deslocamentos e consequentes roturas das tubagens, nomeadamente em alterações de direcção (curvas em planta e em perfil), derivações (forquilhas e tês), alterações de secção (cones de redução), seccionamentos (válvulas e tampões) e troços muito inclinados. Os maciços de amarração devem ser dimensionados de forma a que a sua estabilidade seja assegurada unicamente pelo peso próprio. Só em casos excepcionais se deve contar com o impulso passivo dos terrenos, havendo que dar especial atenção à fase de execução e à fase de ensaio de recepção da rede.

Os maciços de amarração têm por finalidade: evitar o deslocamento e consequente rotura das tubagens nas curvas e em pontos sujeitos a esforços assimétricos quando é ultrapassada a resistência das juntas às tensões longitudinais; resistir aos esforços gerados sempre que as tubagens são muito inclinadas e é ultrapassada a resistência das juntas às tensões longitudinais; controlar a dilatação ou a contracção de juntas rígidas quando sujeitas a gradientes térmicos.

Os maciços de amarração são blocos de betão moldados no local, cuja geometria varia conforme o tipo de solicitações a absorver e o espaço disponível. São geralmente de betão simples ou parcialmente armado, podendo em casos excepcionais de terrenos de fraca qualidade ser fundados em estacas. As tubagens devem ser embebidas nos maciços ou a eles amarradas por intermédio de abraçadoras e chumbadouros.

### Pr 32 – Concepção e dimensionamento de câmaras de manobra

**O projecto do sistema de adução e de distribuição deve prever a instalação de câmaras de manobra sempre que necessário para facilidade da exploração.**

As câmaras de manobra destinam-se fundamentalmente à instalação de acessórios no sistema e a facilitar o acesso para observação e operações de leitura ou de manobra em condições de segurança e eficiência e devem ser concebidas e constituídas de acordo com as mesmas regras previstas para as câmaras de visita do sistema público de drenagem de águas residuais (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto).

Podem ser de planta rectangular com cobertura plana ou de planta circular com cobertura plana ou tronco-cónica assimétrica, ou com outras formas geométricas caso se justifique. Podem ainda ser centradas ou descentradas em relação ao alinhamento da conduta.

### Pr 32 – Concepção e dimensionamento de câmaras de manobra

**O projecto do sistema de adução e de distribuição deve prever a instalação de câmaras de manobra sempre que necessário para facilidade da exploração.**

As câmaras de visita são constituídas por: a) soleira, formada em geral por uma laje de betão que serve de fundação às paredes; b) corpo, formado pelas paredes, com disposição em planta habitualmente rectangular ou circular; c) cobertura, plana ou tronco-cônica assimétrica, com uma geratriz vertical na continuação do corpo para facilitar o acesso; d) dispositivo de acesso, formado por degraus encastrados ou por escada fixa ou amovível, devendo esta última ser utilizada somente para profundidades iguais ou inferiores a 1,7 m; e) dispositivo de fecho resistente. As dimensões interiores das câmaras de manobra devem permitir a fácil operação e manutenção dos equipamentos nelas instalados, não podendo em caso algum ser inferior a 1,10 m para profundidades da câmara superiores a 0,60 m.

Sobre esta matéria devem ser respeitados a legislação nacional (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto) e um conjunto de normas portuguesas (NP 881: 1971, NP 882: 1971, NP 883: 1971, NP EN 124: 1995).

### Pr 33 – Selecção, especificação e ensaio de equipamentos em geral

**Os equipamentos electro-mecânicos a utilizar no sistema devem ser adequadamente seleccionados e especificados na fase de projecto, tendo nomeadamente em atenção as disposições regulamentares e o normativo existente.**

Todos os equipamentos sujeitos a falhas eventuais de funcionamento (e.g., bombas e compressores) devem ser instalados com suficiente capacidade de reserva mecânica, de modo a garantir o funcionamento do sistema quando uma unidade estiver fora de serviço. Nos casos em que não seja possível instalar capacidade de reserva, o projecto deve prever a existência de outra unidade de reserva em armazém, que possa rapidamente substituir a unidade fora de serviço.

No caso de equipamento de bombagem, constituído por grupos electrobomba, submersíveis ou não, de eixo horizontal ou vertical, na definição e caracterização dos grupos electrobomba deve ter-se em consideração (Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto): a) o número máximo de arranques por hora admissível para o equipamento a instalar; b) a velocidade máxima de rotação compatível com a natureza do material; c) a instalação, no mínimo, de um dispositivo de elevação de reserva, com potência igual a cada um dos restantes instalados e destinado a funcionar como reserva activa mútua e, excepcionalmente, em conjunto para reforço da capacidade elevatória.

O projecto deve prever equipamento de elevação (e.g., guinchos) ou outros meios para remoção de equipamentos (e.g., compressores e bombas hidráulicas) para efeito de trabalhos de manutenção, reparação ou substituição.

Deve ser previsto um gerador de energia eléctrica para suprir falhas de fornecimento de energia, principalmente nos casos em que é elevada a probabilidade de ocorrência destas falhas.

Quanto à instrumentação e automação, o projecto deve considerar as necessidades de recolha de dados qualitativos e quantitativos de funcionamento das diversas unidades constituintes da estação de tratamento inerentes à monitorização do seu funcionamento. Com este objectivo, o projecto deve considerar: a identificação das grandezas a medir (caudal, pressão, temperatura, pH, turvação, outras características físico-químicas da água, etc.), o ponto de medição e a frequência de medição; os pontos de medição e/ou de colheita de amostras, que devem ser representativos e de fácil acesso à entidade gestora; a instrumentação de medida, que deve ser seleccionada com base na sua fiabilidade, robustez e sensibilidade na gama de valores previstos.

## Requisitos arquitectónicos e paisagísticos

### Pr 34 – Consideração de aspectos arquitectónicos no projecto

**Na elaboração do projecto deve ser garantida a adequação arquitectónica dos componentes do sistema, de forma a que resulte uma solução esteticamente agradável e funcional.**

A solução preconizada no projecto deve ser, quando aplicável, objecto de uma intervenção arquitectónica adequada, por parte de um especialista qualificado, de forma a garantir-se uma solução que seja simultaneamente esteticamente agradável e funcional e garanta uma adequada integração urbanística e paisagística.

### Pr 35 – Aproveitamento de estruturas existentes no projecto

**Na elaboração do projecto deve ser analisada a possibilidade de aproveitamento de estruturas existentes para instalar os componentes do sistema.**

Deve ser analisada a possibilidade de reaproveitamento de edifícios e de outras estruturas existentes, para localização dos componentes do sistema, em alternativa à ocupação de novos locais e à criação de novas construções. Para além de se minimizar a ocupação do solo, esta situação permite o aproveitamento e a valorização de edifícios não utilizados ou de outras construções.

### Pr 36 – Integração urbana e paisagística do sistema no projecto

**Na elaboração do projecto deve ser garantida a integração urbana e paisagística dos componentes do sistema, de onde resulte uma solução esteticamente agradável.**

As instalações localizadas em zonas urbanas deverão, em geral, adoptar estruturas enterradas ou, se tal não for possível, ser objecto de estudo arquitectónico cuidado tendo em conta o estilo da arquitectura envolvente; pode optar-se por uma arquitectura escultural que torne as instalações numa referência da zona urbana, por exemplo aproveitando as potencialidades do betão armado e do betão pré-esforçado; a solução de uma postura de grande visibilidade e sem qualidade arquitectónica deve ser evitada; as instalações podem, também, assumir um estilo residencial, com janelas abertas para o exterior através das quais os transeuntes possam ver o seu funcionamento e aceitá-las mais naturalmente; pode, ainda, adoptar-se a integração do sistema com outra construção, para habitação ou para estacionamento, quer na horizontal quer na vertical.

As instalações localizadas em zonas rurais deverão, em geral, ser de baixa altura ou mesmo enterradas, procurando minimizar grandes volumetrias, fazendo recurso, tanto quanto possível, a materiais de construção e a estilos arquitectónicos locais, a cores adequadas à região e à cobertura vegetal, bem integradas na paisagem e com acabamentos tradicionais (por exemplo, os reservatórios elevados podem ser substituídos por reservatórios apoiados ou enterrados, com estações elevatórias equipadas com bombas de velocidade variável e as condutas em sifão invertido nas travessias das linhas de água podem passar a ser enterradas, constituindo um sifão não invertido).

Quando aplicável, o projecto deve incluir a vertente de espaços exteriores, que preveja áreas de estacionamento suficientes para ter em conta as necessidades de estacionamento das viaturas da entidade gestora, das viaturas próprias dos trabalhadores e das viaturas dos visitantes.

#### Pr 37 – Preservação paisagística no projecto

**Na elaboração do projecto devem ser previstas medidas de protecção da flora local.**

O projecto de espaços exteriores das instalações deve incorporar plantas com baixos consumos de água e que minimizem o uso de pesticidas e de fertilizantes químicos.

Deve prever-se a revegetação das áreas perturbadas pela construção utilizando, tanto quanto possível, vegetação nativa, ou outra que promova a preservação dos *habitat* locais.

Deve ser tirado partido das características naturais das plantas a utilizar na revegetação dos espaços exteriores (por exemplo, a plantação de árvores que provoquem sombra junto de janelas dos edifícios pode conduzir a uma redução dos consumos de energia e constituir uma barreira eficaz contra o vento).

Deve ser analisada a viabilidade de recurso a técnicas de recarga artificial dos aquíferos quando o rebaixamento do nível freático puder afectar gravemente a vegetação local.

Deve prever-se a utilização, ou venda, de árvores derrubadas durante a construção (como madeira ou composto).

### **Requisitos ambientais**

#### Pr 38 – Avaliação de impactes ambientais no projecto

**Sempre que obrigatório ou quando recomendável devem ser realizados, complementarmente ao projecto, estudos de avaliação de impactes ambientais provocados pelo sistema.**

É obrigatório o desenvolvimento de um processo de Avaliação de Impactes Ambientais (AIA) para projectos que estejam incluídos no Anexo I da Directiva 97/11/EC, de 3 de Março de 1997, transporta para a ordem jurídica nacional pelo Decreto-Lei n.º 69/2000, de 3 de Maio; é obrigatória a análise da necessidade do desenvolvimento de um processo de AIA para projectos que estejam incluídos no Anexo II da referida directiva (Directiva 97/11/EC, de 3 de Março de 1997), caso a caso, com base em limites e critérios a definir pelas entidades competentes; deve ser analisada a necessidade do desenvolvimento de um processo de AIA para projectos que, embora não constem dos anexos atrás referidos, o justifiquem por razões de estratégia, ou outras; quando aplicáveis, os processos de AIA devem ser implementados de acordo com a legislação nacional e comunitária em vigor, nomeadamente no que se refere à consideração dos critérios de avaliação constantes do Anexo III da referida directiva (Directiva 97/11/EC, de 3 de Março de 1997); quando aplicáveis, os processos de AIA devem ser parte integrante do processo de aprovação e licenciamento dos respectivos projectos, devendo o correspondente Estudo de Impacte Ambiental (EIA) ser elaborado em coordenação e complementaridade com o projecto, uma vez que alguns dos seus resultados podem justificar, desde logo, alterações conducentes à minimização, ou mesmo anulação, de impactes ambientais negativos.

Mesmo em situações em que não seja obrigatório nem recomendável a elaboração de estudos de avaliação de impactes ambientais, a equipa autora do projecto deve procurar o melhor enquadramento ambiental das instalações, a valorização dos locais de construção e, de uma forma geral, a minimização de impactes ambientais negativos previsíveis nas fases de construção e de operação e manutenção do sistema.

#### **Pr 39 – Avaliação ambiental dos componentes do sistema**

**Os diferentes componentes do sistema devem ser avaliados em termos ambientais de forma a minimizarem-se os eventuais impactes envolventes e a promover a sua valorização em termos ambientais.**

A solução preconizada deve ser avaliada em termos ambientais de forma a minimizarem-se os eventuais impactes envolventes e a promover a sua valorização em termos ambientais, e eventualmente reconcebida e redimensionada se necessário.

No sistema elevatório devem ser seleccionados equipamentos cujos níveis expectáveis de ruído estejam dentro dos limites impostos pela legislação em vigor, prevenindo-se se necessário nesta fase medidas específicas de controlo.

O projecto de intervenções no sistema de adução deve prever medidas de protecção dos *habitat* locais. Tanto quanto possível, deve ser feito um adequado planeamento das obras de abertura das valas, em função da época do ano e do ciclo de vida da vegetação local. O traçado das condutas adutoras deve tirar partido de percursos e caminhos já existentes, evitando a perturbação de um maior número de habitat.

O projecto de intervenções no sistema de distribuição deve promover a preservação do solo e minimizar as áreas a ocupar pela instalação de tubagens. Sempre que possível, deve prever-se a instalação conjunta das tubagens com outras já existentes, ou o aproveitamento de outros corredores já utilizados, para que se minimizem perturbações em solos desocupados. Deve ser analisada a viabilidade de instalação de galerias técnicas para alojar, não só a rede de distribuição de água, como as restantes infra-estruturas públicas (embora, em geral, só sejam economicamente viáveis em zonas específicas, por exemplo, áreas históricas e áreas de grande tráfego).

Deve prever-se a criação de zonas-tampão entre os locais de construção e linhas de água ou a linha de costa e, de uma forma geral, entre as áreas ocupadas e os *habitat* locais, a fim de minimizar impactes negativos nos ecossistemas, nomeadamente aquáticos.

Deve evitar-se a fragmentação de *habitat* existentes, o que pode levar à diminuição do número de organismos individuais e da diversidade das espécies.

Deve proceder-se à identificação de áreas da bacia hidrográfica que constituam fontes de poluição e de contaminação e prever, em articulação com as entidades competentes, acções de recuperação ambiental (e.g., existência de fossas sépticas, de locais de produção de resíduos de instalações de produção animal, zonas de erosão de solos e minas abandonadas).

Deve promover-se a coordenação entre intervenções no sistema de abastecimento em paralelo com intervenções em outras infra-estruturas públicas.

#### **Pr 40 – Utilização de tecnologias ambientalmente amigáveis**

**As tecnologias previstas no projecto devem ser tanto quanto possível ambientalmente amigáveis e promover a conservação de recursos.**

Na fase de projecto deve prever-se, desde logo, o recurso a tecnologias e práticas com elevada eficiência energética, nomeadamente, ser especificado o uso de sistemas de iluminação eficientes e um isolamento térmico suficiente para se promova a conservação de energia e se reduzam perdas de calor; a selecção de materiais deve considerar como critério, tanto quanto possível, a energia necessária ao seu fabrico.

Deve prever-se, sempre que possível, o recurso a tecnologias e práticas de conservação de água, promovendo de uma forma geral a redução e a reutilização (e.g., com recurso a equipamento de arrefecimento com ar e dispositivos de conservação de água nas instalações sanitárias). Deve, por exemplo, ser equacionada a possibilidade de instalação de turbinas de recuperação de energia em grandes adutoras, à entrada dos reservatórios, para aproveitamento da energia residual, sendo a energia gerada introduzida no sistema de distribuição eléctrica, constituindo uma receita adicional para a entidade gestora.

#### **Pr 41 – Utilização de materiais ambientalmente adequados**

**Os materiais a utilizar devem ser os mais adequados do ponto de vista ambiental, minimizando a quantidade de resíduos a que podem dar origem e os seus eventuais impactes negativos no ambiente envolvente e no interior das próprias instalações.**

Os materiais de construção civil devem ser especificados de forma adequada, tendo também em vista a minimização da quantidade de resíduos a que poderão dar origem durante a construção, a sua influência futura nos consumos de energia e o conforto dos trabalhadores e dos utentes durante a operação e manutenção do sistema.

Devem ser seleccionados, tanto quanto possível: materiais duráveis que minimizem, a longo prazo, a necessidade da sua substituição e a consequente produção de resíduos; materiais fornecidos com um mínimo de embalagem, para minimização da produção de resíduos; materiais de produção local, minimizando os consumos de energia e a eventual poluição provocada pelo seu transporte; materiais alternativos, mais adequados do ponto de vista ambiental (e.g., tintas e revestimentos sem chumbo e com baixo teor de compostos orgânicos voláteis, e aço reciclado para uso em estruturas metálicas). Deve ser dada preferência a soluções de reutilização e de reciclagem dos resíduos de materiais de construção, reintegrando-os como materiais de uso produtivo. Deve ser analisada a viabilidade de utilização de materiais de construção com constituintes reciclados, devidamente homologados (e.g., betão contendo cinzas de alto forno e isolamentos térmicos contendo celulose, ou seja, papel de jornal recuperado e de ignição retardada).

### **Requisitos sociais**

#### **Pr 42 – Valorização de aspectos sociais e culturais no projecto**

**O projecto deve prever medidas que valorizem e promovam os aspectos sociais e culturais associados ao sistema.**

Deve ser permitido o acesso condicionado do público às instalações, sensibilizando-o para a complexidade e para o custo elevado deste serviço, criando um ambiente de zona verde e não de unidade industrial, com parques, jardins, passeios pedestres, zonas de desporto ou de lazer, zonas de miradouro, etc., ou integrando um museu da água, espaços lúdicos com esculturas ou jogos de água e instalações para espectáculos culturais no seu interior, promovendo a arte e a cultura com uma política de mecenato.

#### **Pr 43 – Mitigação do impacto social no projecto**

**Sempre que o sistema interfira significativamente com a envolvente humana, devem ser estudadas e projectadas medidas que permitam minimizar as perturbações resultantes.**

Sempre que o sistema interfira significativamente com a envolvente humana, devem ser estudadas e projectadas medidas que permitam minimizar as perturbações, por exemplo à circulação do tráfego, e efectuar as obras com rapidez e segurança.

Deve prever-se a criação de zonas tampão (e.g., zona verde) entre os locais de construção e as áreas ocupadas pelas populações locais, a fim de minimizar impactes negativos.

Devem ser claramente identificadas no projecto as situações em que o sistema de adução ou de distribuição a construir interfira com arruamentos existentes. Identificadas essas situações, devem ser estudadas e especificadas medidas que permitam minimizar as perturbações à circulação do tráfego (e.g., horários de trabalho desfasados com as horas de maior circulação, desvios de tráfego, interdição de estacionamento, interdição de circulação num dos sentidos, etc.); efectuar as obras com rapidez e em condições de segurança (e.g., sinalização, rendimento dos equipamentos a utilizar).

## Anexo II-B – Fase de construção

### Requisitos gerais

#### Co 1 – Consideração de princípios gerais de construção

##### **A construção deve ter em atenção um conjunto de princípios gerais que contribuam para garantir a eficiência e eficácia da entidade gestora**

A construção deve observar os seguintes requisitos gerais: conformidade com o projecto; controlo da qualidade da construção e dos materiais utilizados; segurança do pessoal afecto à construção, dos visitantes e do público em geral.

#### Co 2 – Selecção do modelo de gestão da obra

##### **A entidade gestora deve escolher a figura de gestão da obra mais adaptada às funções que pretende desenvolver e que seja compatível com a sua estrutura orgânica.**

As obras de sistemas de abastecimento de água podem ser executadas directamente pela entidade gestora ou indirectamente por terceiros, devendo obrigatoriamente ser empreiteiros de obras públicas ou industriais de construção civil, dotados do competente alvará.

A gestão da obra, da responsabilidade da entidade gestora, pode ser atribuída por esta, parcial ou totalmente, a outra entidade.

O controlo da qualidade deve ser sempre incluído como atribuição qualificada. Numa visão mais abrangente da qualidade, esta deve incluir as fases de projecto, acompanhamento de execução, exploração corrente e manutenção. Esta actividade pode ser desempenhada por entidades especializadas, através de assessorias directas para cada uma das fases, ou adoptando mecanismos do tipo da Marca de Qualidade LNEC.

A gestão administrativa da obra durante o período de execução deve ser definida em pormenor conjuntamente com um calendário rígido de procedimentos e prazos de realização.

Os contratos a celebrar devem ser elaborados de acordo com a legislação em vigor para este tipo de obra.

#### Co 3 – Preparação da obra

##### **As actividades de preparação da obra devem ser realizadas nos prazos legais cumprindo as especificações existentes.**

Devem ser analisados os vários tipos de concurso e escolhida a modalidade que mais se adapte à obra e às condições requeridas pela entidade gestora, tendo nomeadamente em conta a eventual necessidade de realizar concurso internacional.

A fase de lançamento do concurso inclui: preparação dos anúncios nos concursos públicos nacionais e internacionais; preparação dos documentos para concurso: anúncio, programa de concurso e caderno de encargos do concurso; lançamento do concurso (devendo-se criar uma estrutura mínima capaz de responder aos concorrentes durante a fase de elaboração das propostas; as questões colocadas pelos concorrentes devem ter respostas escritas e a todos os concorrentes); nomeação da comissão de abertura de propostas e comissão de apreciação.

A selecção dos empreiteiros e a adjudicação da obra devem ser feitas pela entidade gestora de acordo com as disposições legais aplicáveis a empreitadas de obras públicas, devendo optar-se pela proposta que melhores garantias técnicas e financeiras oferecer. A apreciação das propostas é uma actividade que pode ser assessorada por uma equipa técnica exterior. Numa fase final de apreciação podem ser contactados os concorrentes mais bem classificados para eventuais pedidos de esclarecimentos. A elaboração do relatório de apreciação das propostas deve ser fundamentada nos critérios de apreciação das propostas constantes no Programa do Concurso e estritamente baseada em informação que conste das propostas.



<p><b>Co 3 – Preparação da obra</b></p> <p><b>As actividades de preparação da obra devem ser realizadas nos prazos legais cumprindo as especificações existentes.</b></p> <p>Seguidamente, deve ser elaborada a carta de adjudicação e auto de consignação com o concorrente ganhador e comunicada, em simultâneo, esta informação aos restantes concorrentes.</p> <p>Devem ser oportunamente preparadas todas as licenças de obra.</p>
<p><b>Co 4 – Designação de um técnico responsável pela obra</b></p> <p><b>Qualquer que seja o modelo adoptado para a execução da obra deve sempre ser designado um técnico responsável.</b></p> <p>Qualquer que seja a forma adoptada para a execução da obra, directamente pela entidade gestora, ou indirectamente por contratação, deve sempre ser designado um técnico responsável, cujas funções se iniciam com o começo da obra e terminam aquando da sua recepção. No caso de execução directa, o técnico responsável deve ser designado pela entidade gestora. No caso de execução indirecta, o técnico responsável deve ser indicado pelo adjudicatário e obter aceitação da entidade gestora.</p> <p>O técnico responsável pela execução da obra deve ter formação técnica superior em engenharia, com especialização ou experiência adequada nesta área. Para poder desempenhar a sua actividade profissional, o técnico responsável pela execução do sistema de distribuição de água, municipais ou outros, deve estar inscrito na respectiva associação profissional e no pleno gozo dos seus direitos.</p> <p>São deveres do técnico responsável: cumprir as disposições da legislação; respeitar as normas deontológicas estabelecidas pela associação profissional a que pertence; assegurar a execução da obra de acordo com o projecto, a legislação aplicável e as condições contratuais; encontrar as soluções mais adequadas à satisfação dos objectivos fixados, atendendo aos aspectos de natureza económica, à garantia de qualidade e de segurança da construção; prestar todos os esclarecimentos que sejam pedidos pelas entidades licenciadoras e pela entidade gestora, indispensáveis à perfeita interpretação do andamento dos trabalhos; acordar com a entidade gestora, sempre que recorra a subempreiteiros, quais devem intervir na execução da obra e qual o seu grau de intervenção, com as consequentes definições de direitos, deveres e responsabilidades de cada um, de acordo com a legislação aplicável.</p> <p>São direitos do técnico responsável: alertar a entidade gestora, por escrito, de eventuais incorrecções ou omissões do projecto em aspectos essenciais ou erros de execução realizados à sua revelia, para que sejam accionados os mecanismos que considerem adequados; declinar a sua responsabilidade se a entidade gestora não atender ao aviso formulado nos termos da alínea anterior (Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto).</p>
<p><b>Co 5 – Execução da obra</b></p> <p><b>A obra deve ser executada em estrita conformidade com o projecto.</b></p> <p>A obra deve ser executada rigorosamente em conformidade com o projecto e em estreita articulação com a entidade gestora, a fiscalização interna e externa, o empreiteiro, os subempreiteiros e os fornecedores de materiais, equipamentos e mão-de-obra. Quaisquer alterações ao especificado no projecto só devem ser aceites em situação excepcional ou em caso de deficiência deste, devendo o projectista ser sempre consultado.</p> <p>A entidade gestora deve exigir ao empreiteiro um planeamento pormenorizado da obra, a ser aprovado por esta, do qual devem constar as frentes e as fases de execução parcial da obra, o pessoal envolvido, a elaboração do manual de qualidade da obra, e uma actualização do plano de segurança e higiene realizado em fase de projecto, tendo em atenção o modo como vai realizar a obra.</p>



### **Co 5 – Execução da obra**

#### **A obra deve ser executada em estrita conformidade com o projecto.**

A entidade gestora deve impor ao empreiteiro o cumprimento de procedimentos administrativos que devem constar de manual específico.

A entidade gestora deve proceder à verificação prévia da adequabilidade do equipamento que o empreiteiro se propõe utilizar na obra.

As ligações da obra às redes públicas (água, electricidade, comunicações, gás, etc.) devem ser previstas atempadamente de modo a não provocarem atrasos na entrada em funcionamento.

Deve ficar patente no local da obra um exemplar completo do projecto aprovado, devidamente autenticado, em bom estado de conservação e ao dispor das entidades fiscalizadoras.

### **Co 6 – Consideração de aspectos de higiene e segurança na obra**

#### **A construção de todos os componentes do sistema deve atender à necessidade de assegurar a higiene e a segurança na obra.**

Na construção do sistema deve atender-se à necessidade de assegurar a segurança de trabalhadores, de visitantes e do público em geral durante a construção, de acordo com as disposições constantes do anexo VII da Portaria n.º 762/2002, de 1 de Julho.

Para o efeito deve ser dado cumprimento integral ao Plano de Segurança e Saúde (Decreto-Lei n.º 155/95, de 1 de Julho) anteriormente elaborado e complementado pelo adjudicatário, nomeadamente quanto aos aspectos seguintes: plano de trabalhos; cronograma da mão-de-obra; projecto de estaleiro e respectiva sinalização; lista de trabalhos e de materiais com riscos especiais; acções para prevenção de riscos (planos de protecções colectivas e individuais, plano de inspecção e prevenção, etc.); plano de formação e informação dos trabalhadores.

O acesso de pessoas ao estaleiro deve ser controlado.

### **Co 7 – Minimização dos impactes ambientais na obra**

#### **Durante a construção devem ser adoptadas medidas que conduzam à minimização de impactes ambientais negativos e à preservação dos habitats locais.**

Deve assegurar-se que as acções de limpeza e de preparação dos locais de construção tenham um impacto mínimo no ambiente envolvente, designadamente sobre eventuais perdas de habitat de vida animal, fenómenos de erosão e sedimentação associados ao uso de equipamento pesado, perda de vida vegetal nativa e contaminação de solos e de águas superficiais e subterrâneas.

Materiais em excesso e não utilizados durante as operações de escavação e de limpeza dos locais da obra (podendo incluir betão, tijolo, asfalto, madeiras, metais, plásticos e materiais para isolamento térmico), alguns dos quais poderão ter constituintes tóxicos, devem ser encaminhados para destino final adequado, privilegiando-se a sua redução, reutilização e reciclagem (o destino final em aterro sanitário deve ser encarado como último recurso e com as devidas precauções perante a eventualidade da presença de substâncias tóxicas).

Deve ser elaborado um plano de controlo e de remediação de eventuais derramamentos de materiais tóxicos e perigosos e deve ser minimizada a introdução no ambiente de poluentes bioacumuláveis.

Tanto quanto possível, quaisquer materiais excedentes após a conclusão da obra devem ser reutilizados no âmbito de outros projectos, em alternativa à sua rejeição.

Tanto quanto possível, materiais danificados ou, por qualquer outra razão, não utilizados, devem ser recuperados para uso no âmbito de outros projectos, nomeadamente de construção habitacional (e.g., portas, peças de redes interiores e do sistema de iluminação, ladrilhos, painéis de parede, espelhos de instalações sanitárias, corrimãos de escadas; as comissões de moradores poderão estar entre os potenciais interessados na utilização destes materiais).

## Co 7 – Minimização dos impactes ambientais na obra

### **Durante a construção devem ser adoptadas medidas que conduzam à minimização de impactes ambientais negativos e à preservação dos habitats locais.**

Materiais tóxicos e perigosos (por exemplo, óleos lubrificantes e gorduras derivados do petróleo, combustíveis, solventes, tintas, baterias e materiais diversos para manutenção de equipamentos) devem ser armazenados de forma adequada nos locais de construção, em edificações (com retenção secundária e estrutura resistente) fora das zonas em actividade.

Deve ser assegurado o controlo da erosão e da acumulação de sedimentos (durante e após a construção), minimizando-se potenciais efeitos adversos na qualidade das águas e na vida aquática.

O calendário da construção, ou das operações para remoção de terras, deve ter em consideração, tanto quanto possível, variações sazonais da precipitação, para que seja evitado o arraste de sedimentos para habitat aquáticos sensíveis.

Devem ser adoptadas medidas para prevenir a entrada de águas superficiais nos locais de construção e devem ser mitigados impactes negativos provocados pelas águas pluviais, através do recurso, sempre que aplicável, a bacias de retenção, a zonas de infiltração, ou a outros métodos que reduzam o escoamento superficial.

Eventuais perturbações na vegetação local devem ser reduzidas (por exemplo, em determinadas circunstâncias, será possível preservar árvores isoladas ou plantações de árvores de grande longevidade e de crescimento lento).

O solo proveniente das escavações deve ser reutilizado; o solo de cobertura pode ser espalhado em áreas a tratar do ponto de vista paisagístico para valorização das instalações.

A limpeza dos equipamentos de construção deve ser feita em áreas controladas e afastadas de águas superficiais, devendo evitar-se que as correspondentes águas residuais sejam directamente lançadas nas linhas de água.

Devem ser adoptadas medidas de controlo de poeiras em excesso resultantes da movimentação de terras, nomeadamente através da consolidação dos solos com água, a níveis adequados.

Quando necessário, durante a obra, deve recorrer-se ao uso de técnicas de redução da poluição sonora.

Tanto quanto possível, deve ser feito um adequado planeamento da obra de abertura das valas em função da época do ano e do ciclo de vida da vegetação local; as condutas devem ser implantadas suficientemente afastadas das árvores existentes, a uma distância mínima de dois metros; quando não for possível evitar a proximidade de árvores, deve ser obrigatória a escavação manual próxima de raízes ou, em alternativa, o recurso a tecnologia sem abertura de valas, quer para assentamento, quer para reparação de condutas.

O solo e o asfalto retirados para instalação de condutas que não possam ser reaproveitados para o enchimento das valas (por razões de heterogeneidade), devem ser encaminhados para destino final adequado ou, de preferência, reciclados (se for possível garantir características adequadas de compatibilidade e valores reduzidos de matéria orgânica, teor em sais e contaminação).

A reconstrução dos pavimentos, após fecho das valas, deve ser feita de forma, tecnicamente correcta, mas também visualmente aceitável, evitando-se a degradação progressiva dessas superfícies por recurso a novas tecnologias de corte e de restauro do pavimento.

Devem ser criadas comissões interdepartamentais pelas entidades intervenientes na via pública (como as companhias de água e águas residuais, de arruamentos, de electricidade, de gás, de comunicações, de televisão por cabo, etc.), com reuniões periódicas para coordenação das intervenções no subsolo, conciliando as diversas intervenções em simultâneo, sempre que possível aproveitando eventuais reparações ou reposições do pavimento.

#### **Co 8 – Uso de tecnologias que protejam o ambiente**

**Sempre que possível, as tecnologias utilizadas durante a construção devem ser ambientalmente amigáveis e promover a conservação de recursos, a protecção de condutas e a minimização de inconvenientes para o tráfego.**

Durante a construção deve recorrer-se às tecnologias mais adequadas em termos ambientais, nomeadamente, execução de valas e de zonas laterais de trabalho tão estreitas quanto possível, sem pôr em causa os aspectos de segurança no trabalho; tecnologias sem abertura de valas, quer para assentamento, quer para reparação de condutas que, embora recentes e geralmente dispendiosas, permitem já, em alguns casos, soluções competitivas (especialmente quando se consideram os custos sociais); utilização de dispositivos que minimizem os inconvenientes para o tráfego, como seja a colocação de chapas de aço para cobertura das valas; e colocação das condutas dentro de tubagem metálica em todas as travessias de auto-estradas, estradas principais e linhas de caminho de ferro, para minimização do risco de interrupção do trânsito.

#### **Co 9 – Comunicação com o público durante a construção**

**Durante a construção devem ser minimizados os impactes negativos no conforto e na segurança do público.**

Durante a execução da obra, devem ser promovidas acções de informação e de sensibilização da opinião pública. Deve ser comunicada atempadamente aos utentes qualquer intervenção que esteja planeada, explicando-se em linguagem acessível os objectivos pretendidos e os benefícios esperados, de forma a tornar a intervenção aceitável pela opinião pública.

Deve proceder-se a um adequado planeamento das intervenções no subsolo, de forma a minimizar a duração da obra, evitando que as valas se mantenham abertas por tempo excessivo.

#### **Co 10 – Cumprimento de regulamentos e normas na construção**

**Na execução da obra devem ter-se em atenção as disposições relativas à legislação nacional aplicável, incluindo regulamentação, e às normas técnicas eventualmente relevantes.**

Em todos os aspectos da execução da obra, incluindo, para além dos aspectos técnicos de engenharia, segurança, saúde e protecção do ambiente, devem cumprir-se os regulamentos ou outros diplomas legais aplicáveis, nomeadamente os resultantes da transposição de legislação europeia. Recomenda-se também a adopção das normas portuguesas, europeias ou internacionais que forem aplicáveis.

#### **Co 11 – Controlo da qualidade da execução da estrutura**

**A realização dos trabalhos de execução da estrutura deve ser objecto de um controlo da qualidade e de um controlo da conformidade final da obra.**

A execução da estrutura deve ser objecto de um controlo da qualidade e de um controlo da conformidade final. Este controlo deve ser feito desde o início das operações, isto é, das condições de armazenamento e manuseamento dos materiais, bem como fabrico e colocação em obra do betão, operações de desmoldagem e descimbramento, operações de pré-esforço, execução de soldaduras. Neste aspecto é fundamental o correcto preenchimento do livro de registos da obra, apontando todos os acontecimentos relevantes, nomeadamente registos dos resultados dos ensaios efectuados, datas de realização dos trabalhos, etc.

O controlo da conformidade final da obra tem em vista a observação da existência de eventuais defeitos, nomeadamente fendas, deformações excessivas, falhas de betonagem, insuficiência de recobrimentos das armaduras. Em certas estruturas, nomeadamente reservatórios e condutas, deve ser prevista a realização de ensaios de comportamento final. Só após a realização deste controlo da conformidade final da obra, deve ser feita a sua recepção (provisória) pela entidade gestora.

#### **Co 11 – Controlo da qualidade da execução da estrutura**

**A realização dos trabalhos de execução da estrutura deve ser objecto de um controlo da qualidade e de um controlo da conformidade final da obra.**

Em zonas sísmicas, o controlo da qualidade e da conformidade final da obra deve ser especialmente cuidado. Pelas suas características, a acção dos sismos tem um grande potencial de danificação, identificando habitualmente com clareza as deficiências de concepção, projecto e construção. Nestas circunstâncias, estando um sistema de abastecimento de água localizado numa zona sísmica, deve ser alvo de um cuidado acrescido no que se refere ao controlo da qualidade de construção.

Um aspecto particularmente importante é o relativo às condutas enterradas, tanto no que se refere ao cumprimento das disposições de projecto relativas a condições de assentamento e envolvimento como no que se refere à cuidada realização das ligações. Tratando-se de elementos enterrados e de grande extensão, em caso de danificação pela acção dos sismos, torna-se muitas vezes difícil a localização dos danos e a posterior reparação.

Em fase de construção, ainda no que se refere ao assentamento de condutas, dada a sua grande extensão no terreno, é possível a ocorrência de condições reais diferentes das previstas no projecto. Uma vez que o comportamento sísmico das condutas está muito dependente da deformação que os terrenos envolventes lhes impõem pela passagem das ondas sísmicas, este aspecto deve merecer atenção durante a construção de modo a, se necessário, adaptar as soluções de projecto às condições reais.

Embora não directamente ligado à construção, refere-se que para os equipamentos mais importantes, nomeadamente os de controlo global do sistema, se deve proceder à sua qualificação sísmica de modo a assegurar o seu correcto funcionamento sob a acção de vibrações sísmicas de diversas intensidades.

#### **Co 12 – Controlo da qualidade de execução de coberturas**

**Na execução de revestimentos de coberturas devem ser rigorosamente seguidas as disposições de projecto e tomados cuidados especiais nos aspectos críticos da aplicação.**

Nos aspectos relacionados com a aplicação de revestimentos de coberturas devem ter-se em conta as técnicas de boa prática adequadas.

É em geral sobre os pontos singulares da cobertura que os maiores cuidados de execução devem ser tomados. Nestes casos, devem ter-se em conta as disposições de projecto, realçando-se apenas alguns dos aspectos que se julgam mais críticos ligados à aplicação destes revestimentos. No caso das coberturas inclinadas, deve-se: ter cuidados no posicionamento dos complementos de estanquidade nas juntas de sobreposição transversais e longitudinais; controlar as forças de aperto das peças de fixação mecânica; ter cuidados no manuseamento sobre os revestimentos de equipamentos pesados, cortantes ou perfurantes; circular sobre as zonas apropriadas para tal, nomeadamente caminhos de circulação; interromper a aplicação de alguns vedantes (nomeadamente mastiques), ou mesmo dos revestimentos em zona corrente, em condições atmosféricas adversas (chuva ou vento intenso). No caso de coberturas em terraço, deve-se ainda tomar os maiores cuidados durante os trabalhos de impermeabilização.

#### **Co 13 – Controlo da qualidade da execução de revestimentos de paredes e revestimentos de piso**

**Na execução de revestimentos de paredes e de revestimentos de piso devem ser rigorosamente seguidas as disposições de projecto e tomados cuidados**

Para que se assegure um bom comportamento dos revestimentos de parede deve-se: seleccionar criteriosamente os materiais e os constituintes; evitar a aplicação em condições climáticas muito desfavoráveis; limpar e preparar adequadamente os suportes; observar os prazos mínimos de secagem e os prazos máximos de trabalhabilidade; respeitar as juntas de dilatação do suporte e as juntas pormenorizadas para os revestimentos.

**Co 13 – Controlo da qualidade da execução de revestimentos de paredes e revestimentos de piso**

**Na execução de revestimentos de paredes e de revestimentos de piso devem ser rigorosamente seguidas as disposições de projecto e tomados cuidados**

Na execução dos revestimentos interiores de paredes dos laboratórios e do sistema de armazenagem de água devem ser rigorosamente seguidas as disposições de projecto e tomados cuidados especiais nos aspectos críticos da aplicação. Complementarmente às regras de boa prática de execução comuns à generalidade dos revestimentos destacam-se as seguintes regras específicas: acabamento liso da camada de regularização e acabamento final homogéneo e liso; arredondamento de todas as arestas.

Para que se assegure um bom comportamento dos revestimentos de piso deve garantir-se: adequada preparação das bases de assentamento de modo a garantir: dureza superficial adequada; planeza e horizontalidade da superfície; grau de secura e impermeabilidade face à eventual humidade proveniente do terreno subjacente; teor de água da base de assentamento inferior a 3% em peso quando esteja previsto o assentamento de revestimentos aplicados por colagem ou de revestimentos contínuos com base em resinas sintéticas; adequada limpeza das bases de assentamento antes da aplicação dos revestimentos; execução dos trabalhos em condições climáticas que não sejam desfavoráveis; execução de camadas de barramento com massas apropriadas antes da aplicação dos revestimentos de piso aplicados por colagem; execução de modo a respeitar as juntas de dilatação do suporte e as juntas preconizadas para os revestimentos.

***Requisitos relativos a construção civil***

**Co 14 – Controlo da qualidade em termos geotécnicos**

**As hipóteses de projecto em termos de características geotécnicas devem ser aferidas durante a construção e todas as intervenções geotécnicas devem ser objecto de controlo da qualidade.**

A heterogeneidade e a grande variabilidade dos terrenos implica uma aferição em obra das características geotécnicas consideradas na fase do projecto.

As cotas de escavação apresentadas a título indicativo no projecto devem também ser aferidas em função das condições reais.

Os materiais que incorporam os aterros devem ser controlados de acordo com as prescrições do caderno de encargos. Como ensaios de rotina devem ser efectuadas determinações do grau de compactação e desvios do teor em água. Devem ser ainda realizados, com menor frequência, ensaios de laboratório e de campo, visando a caracterização dos materiais do ponto de vista da sua resistência mecânica, permeabilidade e deformabilidade.

**Co 15 – Armazenamento em obra de tubagens**

**No armazenamento em obra de tubagens deve ter-se em atenção um conjunto de precauções para se evitar a deterioração dos materiais.**

Durante a sua permanência em obra até ao momento da instalação, os elementos de tubagem devem ser objecto das seguintes precauções: devem ser protegidos das possíveis deteriorações; devem permanecer em superfícies planas, bem drenadas e sobrelevadas relativamente ao solo, se este contiver agentes que possam agredir os elementos de tubagem e respectivos revestimentos; devem ficar apoiados em todo o seu comprimento; a altura dos empilhamentos não deve ultrapassar o máximo recomendado pelos respectivos fabricantes; os cordões vedantes elastoméricos devem permanecer ao abrigo da incidência dos raios solares; não devem ser ultrapassados eventuais períodos limite de armazenamento.

#### **Co 16 – Instalação em obra de tubagens**

**Na instalação em obra de tubagens deve ter-se em atenção um conjunto de precauções para se garantir o bom funcionamento do sistema.**

A instalação das tubagens deve decorrer em conformidade com as especificações do projecto e com a EN 805: 2002 e tendo em conta as recomendações dos manuais dos fabricantes.

Os trabalhos de instalação das tubagens devem seguir as especificações do projecto e ser rodeados das precauções necessárias para que fique garantido o desempenho pretendido e minimizados os casos de patologia, durante a instalação e em serviço: verificação da adequação do leito de assentamento, nomeadamente dos pontos de vista das suas planeza ou pendente, e da natureza ou constituição do terreno; assentamento ou montagem com equipamento adequado; reposição do revestimento de protecção dos tubos ou acessórios em zonas que tenham sido sujeitas a corte em obra, e ainda sobre juntas de cordão elastomérico ou soldadas; protecção exterior especial das tubagens em terrenos cuja agressividade o exija; emboquilhamento correcto dos tubos para garantir a estanquidade das juntas, através, nomeadamente, do respeito pela posição exacta do cordão vedante e pelas deflexões angulares e aberturas de junta admissíveis para cada tipo de tubo; respeito pelas características eventualmente exigidas ao material de assentamento ou de enchimento de valas; respeito pelas distâncias requeridas relativamente a outras obras instaladas ou a instalar no terreno; assentamento dos tubos de modo a que as cargas se distribuam uniformemente sobre todo o seu comprimento, evitando nomeadamente a ocorrência de concentrações de cargas nas juntas; adopção de barreiras de estanquidade em terrenos sujeitos a movimentos de água, para evitar que estes possam prejudicar, por "lavagem", as condições de assentamento ou envolvimento dos elementos de tubagem; adopção de barreiras de filtração onde haja o risco de migração do terreno circundante para o material utilizado no assentamento ou envolvimento das tubagens e vice-versa; verificação do grau de compactação do terreno de enchimento das valas; controlo das deformações das tubagens flexíveis relativamente aos máximos admissíveis; inclusão nas tubagens, não metálicas ou sem acessórios metálicos, de elementos que permitam, no futuro e em vala fechada, a detecção do seu traçado; realização de soldaduras por pessoal especializado e sob rigoroso controlo da qualidade; utilização, exclusivamente, de produtos recomendados pelos fabricantes na lubrificação dos cordões vedantes das juntas.

Para além das exigências da EN 805: 2002 que se aplica à generalidade dos sistemas de abastecimento de água, existem para os diversos sistemas de materiais plásticos regras específicas de instalação.

#### **Co 17 – Mitigação dos efeitos da chuva na obra**

**Quando ocorrerem chuvas que provoquem a acumulação de água nas valas, os trabalhos não devem prosseguir sem que se tenha procedido à sua drenagem.**

Se, durante a instalação das condutas, antes de estar reposto o pavimento, ocorrerem chuvas que provoquem a acumulação de água na vala, os trabalhos de assentamento de condutas, enchimento da vala e reposição do pavimento não devem prosseguir sem que, previamente, se tenha procedido à drenagem da referida água e ao eventual saneamento de zonas do terreno que se encontrem demasiado húmidas.

## **Requisitos relativos a equipamentos e a instalações especiais**

### **Co 18 – Montagem de grupos electrobomba**

**A montagem de um grupo electrobomba deve ser executada de acordo com regras de boa prática de modo a garantir-se o seu funcionamento satisfatório e seguro.**

O assentamento de um grupo electrobomba deve ser efectuado em conformidade com as respectivas recomendações do fabricante. Quando o grupo possui eixo horizontal, o seu assentamento deve geralmente ser feito sobre base metálica única, comum à bomba e ao motor.

Antecedendo imediatamente a entrada em serviço de um grupo electrobomba, o alinhamento dos veios dos seus dois componentes deve ser adequadamente realizado, recorrendo-se a um dispositivo apropriado para o efeito. Após cerca de uma semana de funcionamento, o alinhamento deve ser verificado e eventualmente corrigido.

A ligação do veio de uma bomba ao do respectivo motor de accionamento deve ser feita por meio de uma união elástica equilibrada dinamicamente, bem adaptada às dimensões dos dois veios, e dimensionada para a potência a transmitir.

Como medida de segurança pessoal, as pontas dos veios de uma bomba e do respectivo motor, bem como a respectiva união elástica, devem ser adequadamente protegidas por meio de resguardos.

Aquando da montagem de uma bomba devem ser instalados nela os instrumentos de monitorização de vibrações e da temperatura das chumaceiras do veio previstos no projecto.

### **Co 19 – Montagem de válvulas**

**Todas as válvulas devem ser correctamente instaladas, testadas e colocadas em serviço.**

Todas as válvulas, dos tipos utilizados (de seccionamento, de controlo da pressão, de caudal ou de nível, ventusas, bocas de rega e lavagem e descargas de fundo), devem ser correctamente instaladas, de acordo com o projecto e com as normas aplicáveis.

### **Co 20 – Montagem de medidores de caudal**

**Todos os medidores de caudal devem ser correctamente instalados.**

Todos os medidores de caudal devem ser correctamente instalados, de acordo com o projecto e com as normas aplicáveis.

### **Co 21 – Montagem de marcos e bocas-de-incêndio**

**Todos os marcos e bocas-de-incêndio devem ser correctamente instalados.**

Todos os marcos e bocas-de-incêndio devem ser correctamente instalados, de acordo com o projecto e com as normas aplicáveis.

### **Co 22 – Montagem de instalações eléctricas e equipamentos de potência**

**A montagem das instalações eléctricas e dos equipamentos de potência deve ser executada de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.**

A construção ou montagem das instalações eléctricas e dos equipamentos de potência deve ser feita, e verificada, de forma a garantir as necessárias condições de segurança e de fiabilidade, não apenas para estes sistemas mas também para os sistemas de automação, instrumentação e comunicação vizinhos. As fases de teste e de colocação em serviço devem ser conduzidas de forma articulada com o sistema de automação.



#### **Co 22 – Montagem de instalações eléctricas e equipamentos de potência**

**A montagem das instalações eléctricas e dos equipamentos de potência deve ser executada de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.**

Na medida do possível, todos os equipamentos a instalar devem ser provenientes de fabricantes certificados.

As operações de montagem dos equipamentos e instalações devem ser realizadas unicamente por pessoal técnico especializado, sob a supervisão directa de engenheiros responsáveis.

Os equipamentos e as instalações devem ser ensaiados, individual e globalmente, após a sua montagem, de acordo com planos de teste pré-estabelecidos. Esses planos e os correspondentes procedimentos pormenorizados têm de cobrir a generalidade das condições de serviço normais previstas e as condições que originam alarmes ou situações críticas.

Os planos de teste devem estipular sempre condições reais de teste, desde que não coloquem em risco a segurança das pessoas e dos equipamentos. Quando tal não for admissível devem adoptar-se condições simuladas, tanto quanto possível, ao nível do sistema físico.

Os planos de teste devem ser organizados: por equipamentos e por subsistemas, até chegar aos testes globais; por etapas em cada subsistema (por exemplo, testes a frio ou com equipamentos desactivados / desenergizados, testes com equipamentos parcialmente activos / energizados, testes com o conjunto em plena actividade); em articulação com os planos de teste dos sistemas de automação.

Devem ser testadas exaustivamente as diferentes possibilidades de passagem entre modos de funcionamento em comando manual e modos de funcionamento automático, nos vários equipamentos e sistemas de potência. Esta fase dos testes prevê a utilização de facilidades da infra-estrutura de automação.

#### **Co 23 – Montagem de canalizações eléctricas**

**A montagem das canalizações eléctricas deve ser executada de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.**

As canalizações eléctricas de energia devem ser instaladas em caminhos separados das canalizações de sinal (com afastamentos não inferiores a 1 m nos percursos paralelos de extensão superior a 10 m). Esta separação deve ser reforçada no que respeita a canalizações de média ou alta tensão, cujo trajecto será o mais afastado possível dos circuitos e equipamentos susceptíveis.

As canalizações eléctricas correspondentes a circuitos com tensões de serviço diferentes devem passar em esteiras ou caminhos de cabos distintos.

Os cabos multipolares utilizados na alimentação de conversores estáticos de potência elevada (em particular, arrancadores e variadores electrónicos de velocidade para accionamentos) deverão, sempre que possível, possuir armadura ou blindagem metálica. Esta última será ligada à terra no interior do armário do equipamento em questão, onde também ficará ligada a estrutura e o invólucro metálico do armário.

Os cabos multipolares utilizados na ligação de conversores estáticos de potência elevada (em particular, arrancadores e variadores electrónicos de velocidade, para accionamentos) aos respectivos motores deverão, sempre que possível, possuir armadura ou blindagem metálica. Esta última será ligada à terra nos dois extremos: no armário do variador (ligação feita à estrutura do armário, no interior do mesmo), e no motor (ligação feita à caixa de terminais, no interior da mesma).



#### Co 23 – Montagem de canalizações eléctricas

**A montagem das canalizações eléctricas deve ser executada de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.**

Quando for inviável a utilização de cabos multipolares e tiverem de ser adoptados cabos monopolares em accionamentos de velocidade variável de grande potência, devem ser exigidas formas de montagem que reduzam a emissão de perturbações electromagnéticas, designadamente, pela colocação dos cabos das três fases em feixe e a sua passagem em esteiras metálicas com tampa do mesmo material. Estas condições de montagem devem ter sido previamente consideradas no dimensionamento das referidas canalizações eléctricas, conforme está previsto nas funções de projecto da infra-estrutura eléctrica.

A construção das esteiras e caminhos para cabos terá de salvaguardar a protecção destes contra agentes externos, designadamente, acções mecânicas, acções térmicas e acções químicas, inundações, roedores e radiação. É indispensável garantir e verificar a adequada drenagem das caleiras.

Nos caminhos metálicos de cabos deve ficar assegurada permanentemente a continuidade eléctrica entre todas as partes constituintes e a terra de protecção e de sinal.

#### Co 24 – Montagem de motores eléctricos e accionamentos

**A montagem de motores eléctricos e accionamentos deve ser executada de acordo com um conjunto de requisitos de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.**

Os motores eléctricos de potência superior a 100 kW devem ser sujeitos, por amostragem, a ensaios normalizados de fábrica e/ou de recepção que incluam: medição de resistências de isolamento, de correntes com rotor em vazio e bloqueado, de rendimento, de factor de potência nominal, de binário, de vibração e de ruído em condições nominais.

Na montagem de motores eléctricos têm de ser efectuados os indispensáveis alinhamentos entre os veios do motor e do sistema accionado, de acordo com as boas regras técnicas e com as características dos órgãos de transmissão interpostos. Em máquinas de potência superior a 100 kW deve ser garantido, dentro das condições normais de funcionamento, que o nível de vibração não excede os valores aceitáveis segundo a norma ISO 10816-1: 1995.

Quando os motores forem previstos para funcionar a velocidades significativamente superiores à nominal deve ser assegurada a equilibragem dinâmica do sistema rotativo para esses regimes de serviço.

Após a montagem dos motores e dos variadores electrónicos de velocidade associados, deve ser feita a parametrização preliminar destes últimos, ao que se devem seguir os ensaios de funcionamento pré-planeados dos quais resultará a parametrização definitiva.

Na fase subsequente deve ser feita a verificação exaustiva do funcionamento dos accionamentos controlados, variando a velocidade em toda a gama pretendida, de forma a detectar a possibilidade de ocorrência de ressonâncias estruturais, quer nos sistemas accionados quer em estruturas vizinhas. A registarem-se tais fenómenos, devem ser tomadas medidas no sentido de não os activar (por exemplo, inibindo, nos respectivos variadores electrónicos, as faixas de velocidade que excitam essas ressonâncias) e/ou de os impedir ou atenuar (por exemplo, alterando certas partes ou componentes dos sistemas onde as ressonâncias se manifestam).

Os motores eléctricos que careçam de manutenção preventiva devem ter chapas sinaléticas indeléveis e bem visíveis, com indicações claras quanto a essas operações, designadamente, quanto aos produtos a usar e à periodicidade. Este preceito deve ser respeitado mesmo que exista um sistema informatizado de apoio à manutenção.

Nos accionamentos unidireccionais o sentido de rotação deve estar assinalado junto ao veio do motor.

<b>Co 25 – Montagem da infra-estrutura de automação</b>
<b>A montagem da infra-estrutura de automação deve ser executada de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.</b>
Na medida do possível, todos os equipamentos a instalar devem ser provenientes de fabricantes certificados. As operações de montagem dos equipamentos e instalações devem ser realizadas unicamente por pessoal técnico especializado, sob a supervisão de engenheiros responsáveis.
<b>Co 26 – Montagem das instalações eléctricas de sinal</b>
<b>Na montagem das instalações eléctricas de sinal devem ser respeitados os requisitos exigidos para as instalações de energia aplicáveis a estas instalações.</b>
Os cabos utilizados em circuitos eléctricos de comando e de sinal devem ter todos os condutores numerados. A construção das esteiras e caminhos para cabos de sinal terá de salvaguardar a protecção destes contra agentes externos, designadamente, acções mecânicas, térmicas e químicas, roedores, inundações e radiação. Nos caminhos metálicos de cabos deve ficar assegurada permanentemente a continuidade eléctrica entre todas as partes constituintes e a terra de protecção e de sinal.
<b>Co 27 – Montagem da instrumentação</b>
<b>A montagem da instrumentação deve ser executada de acordo com um conjunto de requisitos de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.</b>
Na montagem da instrumentação, devem ser estritamente respeitadas as regras de boa prática e as recomendações do fabricante. Subsequentemente, deve ser executado um conjunto de testes, a fim de se comprovar que os objectivos definidos na fase de projecto foram atingidos. No caso dos instrumentos de medição mais importantes, em particular dos medidores de caudal, de pressão, de nível e de grandezas de qualidade da água, todas as operações de montagem e desmontagem devem ser realizadas, exclusivamente, por técnicos especializados acompanhados por engenheiros responsáveis. No que diz respeito aos medidores de caudal ultra-sónicos de grande dimensão, devem ser previstos meios para verificação da exactidão geométrica (coordenadas e alinhamentos) após a montagem.

## Anexo II-C – Fase de comissionamento e recepção

<b>CR 1 – Controlo da qualidade da execução em geral</b>
<b>A realização de todos os projectos e trabalhos de construção deve ser objecto de um controlo da qualidade.</b>
Para empreendimentos de grande envergadura ou importância é recomendável a sua certificação no âmbito da qualidade, nomeadamente através da Marca de Qualidade LNEC para empreendimentos da construção.
<b>CR 2 – Fiscalização da obra</b>
<b>A entidade gestora deve garantir uma adequada fiscalização da obra por técnicos habilitados para o efeito.</b>
A execução de obras por entidades externas à entidade gestora fica sujeita a fiscalização desta nos termos da legislação em vigor. As acções de fiscalização devem incidir no cumprimento do projecto aprovado, nos aspectos de qualidade dos materiais e equipamentos utilizados e no comportamento de conjunto da obra, devendo ser para isso utilizadas as metodologias mais adequadas, designadamente os ensaios.

## **CR 2 – Fiscalização da obra**

**A entidade gestora deve garantir uma adequada fiscalização da obra por técnicos habilitados para o efeito.**

Durante a execução da obra, cabe à fiscalização aprovar as técnicas construtivas a utilizar e mandar proceder aos ensaios que considerar necessários para garantir uma adequada qualidade dos materiais e equipamentos. Cabe ainda à fiscalização mandar proceder aos ensaios previstos e outros que considere necessários para garantir o adequado funcionamento do sistema. Todos os materiais devem ser isentos de defeitos e obedecer ao determinado nas respectivas Especificações, Documentos de Homologação ou Normas em vigor. O relatório da fiscalização deve ser claro quanto à evolução dos trabalhos, às condições de execução e às acções realizadas para aprovação dos materiais e trabalhos executados.

## **CR 3 – Controlo da qualidade dos materiais e componentes**

**Os materiais e componentes devem ser objecto de um controlo de recepção na obra com vista a avaliar a sua conformidade com as condições pré-definidas.**

A conformidade com as condições pré-definidas deve basear-se nos documentos contratuais (caderno de encargos, etc.), que devem referir os critérios de amostragem e os critérios de aceitação-rejeição. Este controlo é habitualmente realizado através da realização de ensaios de recepção, em laboratórios oficiais ou acreditados de acordo com EN ISO/IEC 17025:2000. Nos casos de produtos certificados por entidade reconhecida no âmbito do Sistema Português de Qualidade, este controlo pode limitar-se à verificação das marcas de identificação dos produtos e das etiquetas.

## **CR 4 – Recepção em obra de tubagens**

**Na recepção em obra de tubagens deve proceder-se a um conjunto de verificações e eventualmente de ensaios para se garantir a conformidade com o previsto contratualmente.**

Na recepção deve garantir-se que: os materiais ou produtos recebidos correspondem aos previamente certificados, através nomeadamente da análise do certificado de qualidade e das marcações apostas nos produtos ou nas suas embalagens; a obra dispõe do equipamento adequado para carga, descarga ou colocação em vala dos elementos de tubagem, para evitar, nomeadamente, fracturas dos tubos ou ferimentos nos revestimentos, e possibilitar montagem correcta; os elementos de tubagem fornecidos são adequados (tipo, composição, revestimento protector, etc.) à agressividade dos solos e da água; os tubos com defeitos inadmissíveis são rejeitados e os pequenos defeitos são reparados. Sempre que necessário, devem ser exigidos ensaios de recepção.

## **CR 5 – Ensaios de recepção e comissionamento de grupos electrobomba**

**Para efeitos de recepção e, eventualmente, de comissionamento, cada bomba deve ser objecto de ensaios apropriados.**

Cada bomba deve ser submetida a um conjunto de ensaios previamente programados, a efectuar após a montagem e antecedendo a sua colocação em serviço, com o objectivo de, designadamente, avaliar as condições da sua montagem e verificar as suas características efectivas de desempenho mecânico e hidráulico. Esses ensaios devem ser realizados em conformidade com as condições especificadas pelo fabricante e também com as exigências do projecto.

Os ensaios definidos no projecto com vista ao comissionamento de cada grupo electrobomba devem ser efectuados com a participação directa dos fabricantes do motor e da bomba constituintes do grupo, ou dos seus representantes, nos termos acordados entre a entidade gestora e o adjudicatário.

<b>CR 6 – Verificação da montagem de válvulas</b>
<b>Todas as válvulas devem ser correctamente testadas e colocadas em serviço.</b>
<p>Todas as válvulas, dos tipos utilizados (de seccionamento, de controlo da pressão, de caudal ou de nível, ventosas, bocas de rega e lavagem e descargas de fundo), devem ser correctamente ensaiadas, de acordo com o projecto e com as normas aplicáveis.</p> <p>Em qualquer caso, deve ser feita a verificação da informação de cadastro, incluindo tipo, sentido de abertura, dimensões, profundidade e coordenadas em planta.</p>
<b>CR 7 – Verificação da montagem de medidores de caudal</b>
<b>Todos os medidores de caudal devem ser correctamente testados e colocados em serviço.</b>
<p>Todos os medidores de caudal devem ser correctamente ensaiados, de acordo com o projecto e com as normas aplicáveis.</p> <p>Em qualquer caso, deve ser feita a verificação da informação de cadastro, incluindo tipo, gama de medição, curva de erros, dimensões, profundidade e coordenadas em planta.</p>
<b>CR 8 – Verificação da montagem de marcos e bocas-de-incêndio</b>
<b>Todos os marcos e bocas-de-incêndio devem ser correctamente testados e colocados em serviço.</b>
<p>Todos os marcos e bocas-de-incêndio devem ser correctamente ensaiados, de acordo com o projecto e com as normas aplicáveis.</p> <p>Em qualquer caso, deve ser feita a verificação da informação de cadastro, incluindo tipo, sentido de abertura, dimensões, profundidade e coordenadas em planta.</p>
<b>CR 9 – Ensaio da infra-estrutura de automação</b>
<b>A infra-estrutura de automação deve ser ensaiada de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.</b>
<p>Os equipamentos e as instalações devem ser ensaiados, individual e globalmente, após a sua montagem, de acordo com planos de teste pré-estabelecidos. Esses planos e os correspondentes procedimentos pormenorizados têm de cobrir a generalidade das condições de serviço normais previstas e cobrir as condições que originam alarmes ou situações críticas.</p> <p>Os planos de teste devem estipular sempre condições reais de teste, desde que não coloquem em risco a integridade das pessoas e dos equipamentos; quando tal não for admissível deverão, tanto quanto possível, adoptar condições simuladas. Os planos de teste devem ser organizados: por subsistemas, até chegar aos testes globais; por etapas em cada subsistema (e.g., testes a frio ou com equipamentos desactivados/desenergizados, testes com equipamentos parcialmente activos/energizados, testes com o conjunto em plena actividade); em articulação com os planos de teste, quer das instalações e equipamentos de potência, quer da parte processual.</p> <p>Devem ser testadas exaustivamente as diferentes possibilidades de passagem entre modos de funcionamento em comando manual e modos de funcionamento automático, nos vários subsistemas e no sistema global. Esta fase dos testes deve ser precedida dos testes isolados aos equipamentos e instalações e conduz aos testes globais de todo sistema.</p>

#### **CR 10 – Ensaio de motores eléctricos e accionamentos**

##### **Os motores eléctricos e accionamentos devem ser ensaiados após a montagem.**

Os motores eléctricos de potência superior a 100 kW devem ser sujeitos, por amostragem, a ensaios normalizados de fábrica e/ou de recepção que incluam: medição de resistências de isolamento, de correntes com rotor em vazio e bloqueado, de rendimento, de factor de potência nominal, de binário, de vibração e de ruído em condições nominais.

#### **CR 11 – Ensaio de recepção e comissionamento da instrumentação**

##### **A montagem da instrumentação deve ser seguida de ensaios de recepção da instrumentação.**

Para cada instrumento de medição deve ser programado um conjunto de testes iniciais, a realizar após montagem e antes da sua colocação em serviço, visando, nomeadamente, avaliar as condições da sua montagem; verificar o seu desempenho através da determinação de características metrológicas importantes, como, por exemplo, a linearidade, a estabilidade, o tempo de resposta, a sensibilidade e a deriva; determinar a sua resposta à variação de grandezas de influência associadas à severidade das condições ambientais, como, e.g., a temperatura e a humidade atmosféricas.

Os referidos testes devem ser efectuados respeitando as condições especificadas pelo fabricante e em conformidade com as exigências do projecto.

Sempre que a instrumentação a adquirir seja considerada especialmente importante ou que o seu valor de aquisição exceda um determinado montante, a fixar pela entidade gestora, deve ser programado o respectivo comissionamento, a realizar após montagem e antes de se iniciar a exploração, a fim de: avaliar o correcto funcionamento da instrumentação, através da realização de um conjunto de ensaios associados às condições de operação corrente do sistema, análogos aos mencionados na segunda alínea do primeiro parágrafo da presente secção; proceder à recepção formal da instrumentação, com base nos resultados positivos obtidos nos referidos ensaios.

O comissionamento da instrumentação é efectuado com a participação directa do fabricante ou do seu representante, nos termos acordados entre a entidade gestora e o adjudicatário, e conclui-se com um acordo celebrado entre as partes, desde que seja satisfeita a totalidade dos requisitos definidos na fase de projecto.

#### **CR 12 – Ensaio de recepção e comissionamento de instalações especiais**

##### **Para efeitos de recepção e, eventualmente, de comissionamento, cada instalação especial deve ser objecto de ensaios apropriados.**

No caso de instalações especiais para as quais o projecto preveja comissionamento, os ensaios definidos no projecto com este fim devem ser efectuados com a participação directa da entidade gestora e dos fabricantes ou dos seus representantes, nos termos acordados entre a entidade gestora e o adjudicatário.

#### **CR 13 – Recepção e garantia dos trabalhos**

##### **A entidade gestora deve proceder à recepção e à garantia dos trabalhos quando da conclusão da obra.**

As recepções provisória e definitiva e os prazos de garantia de obras públicas devem seguir o disposto na legislação vigente. No caso das obras públicas, a legislação vigente é Decreto-Lei n.º 235/86, de 18 de Agosto. No caso de obras particulares, as actividades referidas regem-se pelas disposições contratuais e do Código Civil.

#### **CR 14 – Entrada em serviço do sistema**

**A entidade gestora deve proceder à verificação de aspectos de saúde pública e de protecção do ambiente antes da entrada em serviço do sistema.**

A entrada em serviço do sistema deve ser sempre precedida da verificação, pela entidade gestora, dos aspectos funcionais de saúde pública e de protecção do ambiente.

Deste modo, nenhum sistema poderá entrar em funcionamento sem que tenha sido feita a desinfecção das canalizações e reservatórios e a vistoria geral de todo o sistema, a qual terá a presença da entidade sanitária competente, de que se lavrará o respectivo auto. Deve também ser removido todo o entulho e feita a limpeza da zona antes da entrada em funcionamento.

Aquando da conclusão de qualquer obra, é atribuição da entidade gestora proceder à actualização do cadastro, tendo em conta as características dos trabalhos realmente executados.

#### **CR 15 – Verificação das telas finais e actualização do cadastro**

**A entidade gestora deve proceder à verificação das telas finais e garantir que o cadastro é actualizado em conformidade.**

Previamente à execução da obra, a entidade gestora deve especificar ao empreiteiro os requisitos de execução das telas finais, incluindo informação a incluir, escala, código de cores, simbologia e outras convenções e formato de entrega.

No acto de recepção provisória, deve ser verificado se as telas finais foram produzidas de acordo com o especificado e feito um controlo de qualidade.

A entidade gestora deve dispor e garantir a implementação de procedimentos de actualização do cadastro a partir das telas finais, de modo fiável e rápido.

## ANEXO III – INDICADORES DE DESEMPENHO RECOMENDADOS NO SISTEMA CARE-W

### INDICADORES DE DESEMPENHO PARA APOIO À REABILITAÇÃO RECOMENDADOS NO SISTEMA CARE-W

**Nota:** os indicadores são identificados pelo código do sistema de indicadores da IWA. Os indicadores específicos do sistema CARE-W são assinalados com “\*” e codificados com base no indicador do sistema da IWA que lhes deu origem.

#### *Lista de indicadores operacionais*

Indicadores de desempenho operacionais	
INSPECÇÃO E MANUTENÇÃO DE INFRA-ESTRUTURAS	
Inspeção de infra-estruturas	
Op5 –	Reparações por controlo activo de fugas [n.º/(100 km x ano)]
REABILITAÇÃO DE CONDUTAS, DE VÁLVULAS E DE RAMAIS	
Op16 –	Reabilitação de condutas [%/ano]
	Op1 – Renovação de condutas [%/ano]
	Op2 – Substituição de condutas [%/ano]
	Op3 – Substituição de válvulas [%/ano]
PERDAS DE ÁGUA	
Op23 –	Perdas de água por ramal [m³/(ramal x ano)]
Op24 –	Perdas de água por comprimento de conduta [m³/(km x dia)]
	Op27 – Perdas reais por ramal [l/(ramal x dia com sistema em pressão)]
	Op28 – Perdas reais por comprimento de conduta [l/(km x dia com sistema em pressão)]
Op29 –	Índice infra-estrutural de fugas [-]
AVARIAS	
Op31 –	Avarias em condutas [n.º/(100 km x ano)]
	Op26a* – Avarias em tubagens [n.º/(100 km x ano)]
	Op26b* – Avarias em juntas [n.º/(100 km x ano)]
	Op26c* – Avarias em válvulas [n.º/(100 km x ano)]
	Op26d* – Avarias em pontos de inserção de ramais [n.º/(100 km x ano)]
	Op26e* – Avarias em condutas críticas [n.º/(100 km x ano)]
Op32 –	Avarias em ramais [n.º/(1000 ramais x ano)]
Op33 –	Avarias em hidrantes [n.º/(1000 hidrantes x ano)]
Op34 –	Falhas de abastecimento eléctrico [horas/(estação elevatória x ano)]

## ***Lista de indicadores de qualidade de serviço***

	<b>Indicadores de desempenho de qualidade de serviço</b>
	<b>Pressão e continuidade de serviço</b>
QS10 –	Adequação da pressão de serviço [%]
QS11 –	Adequação do abastecimento na adução [%]
QS13 –	Interrupções de fornecimento [%]
QS14 –	Interrupções por ramal [n.º/1000 ramais/ano]
QS15 –	Interrupções por ponto de entrega [n.º/ponto de entrega/ano]
	QS12a* – Interrupções críticas por ramal [n.º/1000 ramais/ano]
QS16 –	População sujeita a restrições ao uso de água [%]
QS17 –	Dias com restrições ao uso de água [%]
	<b>Qualidade da água fornecida</b>
QS18 –	Qualidade da água fornecida [%]
	QS19 – Qualidade organoléptica [%]
	QS16a* – Qualidade relativa ao sabor [%]
	QS16b* – Qualidade relativa à cor [%]
	QS20 – Qualidade microbiológica [%]
	QS21 – Qualidade físico-química [%]
	<b>RECLAMAÇÕES</b>
QS26 –	Reclamações de serviço por ramal [n.º reclamações/(1000 ramais x ano)]
QS27 –	Reclamações de serviço por cliente [n.º reclamações / (cliente x ano)]
	QS28 – Reclamações sobre a pressão [%]
	QS29 – Reclamações sobre a continuidade do serviço [%]
	QS30 – Reclamações sobre a qualidade da água [%]
	QS25a* – Reclamações sobre o sabor [%]
	QS25b* – Reclamações sobre a cor [%]
	QS31 – Reclamações sobre restrições ou interrupções [%]
	QS26a* – Reclamações sobre interrupções críticas

## ***Lista de indicadores económico-financeiros***

	<b>Indicadores de desempenho económico-financeiros</b>
	<b>CUSTOS</b>
Fi4 –	Custo unitário total [US\$/m³]
	Fi5 – Custos unitários correntes [US\$/m³]
	<b>INVESTIMENTO</b>
Fi25a* –	Investimento unitário nas redes de condutas [€/m³]
	Fi26a* – Investimento para construção de novas redes ou reforço das existentes [%]
	Fi27a* – Investimento para substituição ou renovação de redes existentes [%]
	<b>PREÇO MÉDIO DE VENDA DE ÁGUA</b>
Fi28 –	Preço médio de venda para consumo directo [€/m³]
Fi29 –	Preço médio de venda de água exportada [€/m³]



### ***Lista de indicadores de recursos hídricos***

	Indicadores de desempenho recursos hídricos
WR1 –	Ineficiência na utilização dos recursos hídricos [%]
WR2 –	Disponibilidade de recursos hídricos [%]

### ***Lista de indicadores infra-estruturais***

	Indicadores de desempenho infra-estruturais
	<b>ARMAZENAMENTO</b>
Ph3 –	Capacidade de reserva de água tratada [dias]
	<b>ADUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO</b>
	<b>Válvulas e hidrantes</b>
Ph8 –	Densidade de válvulas [n.º/km]



## ANEXO IV – ESPECIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO INTEGRADOS DE APOIO À REABILITAÇÃO

### Anexo IV-A – Componentes de uma estrutura de informação para apoio à reabilitação

Uma estrutura de informação para apoio à reabilitação deverá ser composta por cinco componentes principais, que interagem entre si de modo a satisfazer as necessidades a que se destinam:

- **Hardware** – os requisitos variam com a dimensão e a natureza da organização, mas tipicamente incluem computadores fixos e portáteis, impressoras, servidores de rede e infra-estruturas de comunicação; incluem ainda *dataloggers* e outros equipamentos destinados a facilitar a recolha de dados, equipamentos para avaliação do estado de conservação dos componentes da infra-estrutura;
- **Software** – sistemas e aplicações computacionais, adquiridos externamente ou desenvolvidos internamente; a oferta comercial de aplicações para GPI é grande; em geral, as aplicações de âmbito geral permitem integrar mais facilmente a gestão de diversos tipos de infra-estruturas (e.g., infra-estruturas urbanas geridas por um município); as aplicações comerciais temáticas tendem a ser mais potentes e sofisticadas; as aplicações desenvolvidas internamente podem responder melhor às necessidades, mas correm o risco de se estar a “reinventar a roda”, esquecendo aspectos importantes e gastando recursos excessivos pela inexistência de efeito de escala no desenvolvimento; a escolha não é tarefa trivial;
- **Dados** – os dados constituem as fundações de uma estrutura de informação; as necessidades de dados e da respectiva fiabilidade deverão ser cuidadosamente identificadas; a qualidade dos dados deverá ser controlada.
- **Procedimentos e normas** – os procedimentos de recolha, de validação, de arquivo, de actualização e de protecção são críticos para a robustez global da estrutura de informação.
- **Pessoas** – os recursos humanos que gerem a estrutura de informação permitem integrar os restantes quatro componentes desta

estrutura; incluem os gestores do sistema, os operadores e os utilizadores; a motivação e a formação dos recursos humanos são factores vitais de qualquer sistema de informação.

## **Anexo IV-B – Análise de informação**

A criação ou a revisão e consolidação de uma estrutura de informação de uma organização requer uma análise que contemple as seguintes etapas:

### **(i) Dados gerados no presente:**

- Identificação dos produtores de informação;
- Identificação dos tipos de dados gerados e respectivas características (descrição, forma de recolha, periodicidade de recolha, fiabilidade, gama de exactidão, suporte de registo, chave de identificação, flexibilidade de consulta);
- Identificação dos circuitos de informação e dos canais de informação;
- Identificação de redundâncias existentes;
- Identificação dos dados gerados que não são utilizados e avaliação da situação;
- Usos efectivos da informação gerada e avaliação de eventuais desajustes entre necessidades e disponibilidades.

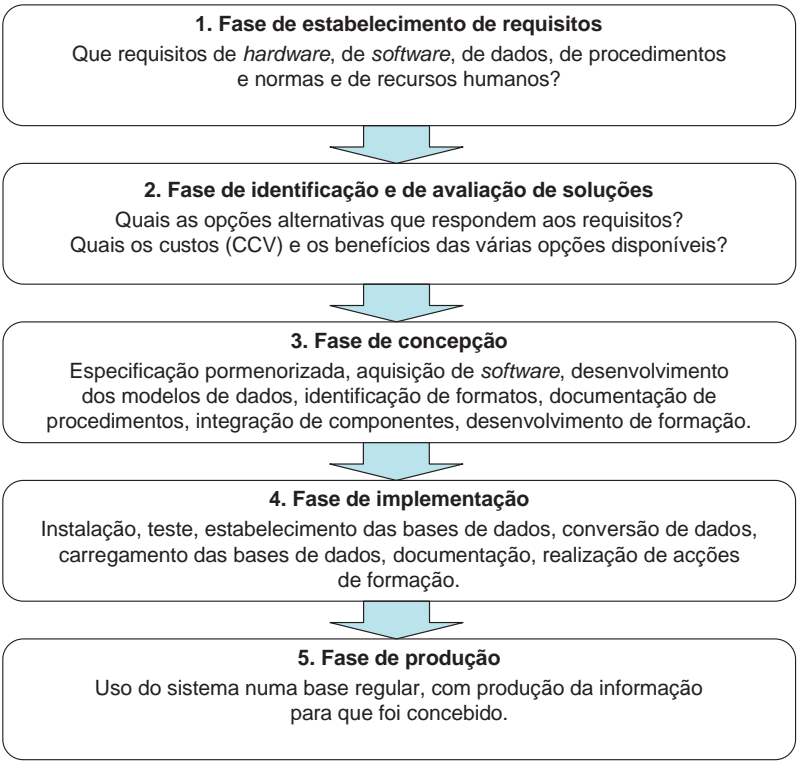
### **(ii) Dados em falta:**

- Identificação das funções-chave da entidade gestora e da informação requerida por cada uma; identificação dos dados em falta;
- Identificação das características que esses dados desejavelmente teriam (descrição, forma de recolha, periodicidade de recolha, fiabilidade, gama de exactidão, suporte de registo, chave de identificação, flexibilidade de consulta);
- Avaliação da viabilidade e dos custos de recolha, de arquivo e de manipulação;
- Avaliação dos benefícios associados à disponibilidade dessa informação.

# Anexo IV-C – Processo de desenvolvimento de sistemas de informação para GPI

## Fases do processo de desenvolvimento

O processo de desenvolvimento de um sistema de informação para GPI deverá ser antecedido pelo estabelecimento da estratégia de informação da organização e por uma pormenorizada análise e modelação de dados. O desenvolvimento, propriamente dito, contempla cinco etapas fundamentais, sintetizadas na Figura A4.1. Cada de uma destas etapas é tratada mais à frente nesta secção.



Fonte: adaptado de IIMM, 2002, p. 4.8

Figura A4.1 – Processo de desenvolvimento de um sistema de informação

### ***Factores de sucesso e princípios gerais a adoptar no desenvolvimento***

O desenvolvimento de um sistema de informação é por vezes mal sucedido. É importante estar ciente dos factores de insucesso mais frequentes de modo a agir de modo preventivo e proactivo. Salientam-se alguns dos factores críticos de sucesso:

- boa receptividade dos utilizadores finais, que requer:
  - boa gestão do processo de mudança;
  - participação dos vários agentes desde as fases iniciais do processo de desenvolvimento;
  - comunicação efectiva entre quem especifica, quem desenvolve, quem gere e quem usa o sistema;
  - motivação dos recursos humanos, combatendo a acomodação às rotinas estabelecidas que, por inércia, pode causar reacções negativas à mudança;
  - adequada e oportuna formação dos recursos humanos;
  - ajuste entre as facilidades implementadas e as necessidades efectivas;
- parcimónia no número de variáveis registadas, de modo a garantir que:
  - os tempos de resposta do sistema informático são aceitáveis pelos utilizadores;
  - o volume de dados envolvido não é excessivo, ou seja, não é demasiado pesado para os recursos informáticos usados;
  - existe capacidade de manutenção e de actualização da informação, de modo sustentável;
- optimização computacional e simplificação dos procedimentos manuais relativos às tarefas mais repetitivas;
- minimização de procedimentos complexos, que requeiram formação específica ou sejam excessivamente morosos para o resultado que produzem;
- compatibilização entre a fiabilidade dos dados e os requisitos de utilização;
- adequada integração dos dados entre sistemas de informação;
- ajuste entre a estrutura organizacional e a gestão de informação.

Em resumo, os factores de sucesso podem se sintetizados em três princípios gerais:

- **Princípio da satisfação do utilizador:** o processo de desenvolvimento dos sistemas de informação deverá ter sempre presente a necessidade de alinhamento com os objectivos estratégicos da organização e de servir bem os utilizadores, com destaque para os utilizadores da informação gerada (decisores), para os gestores desses sistemas e para os respectivos operadores;
- **Princípio da integração dos sistemas de informação:** o desenvolvimento de qualquer sistema de informação novo ou em processo de renovação deverá ser precedido de uma análise e de uma modelação de dados competentes, que garantam uma adequada integração com a restante estrutura de informação da organização e que assegurem que não existe duplicação de recolha e de mecanismos de actualização de variáveis;
- **Princípio da simplicidade:** a definição das funcionalidades de um sistema de informação e a selecção dos dados a arquivar deverão ser efectuadas de modo a distinguir claramente o fundamental do teoricamente interessante: «Things should be made as simple as possible, but no simpler» (Albert Einstein).

## **Anexo IV-D – Fase de estabelecimento de requisitos**

Nesta fase é necessário estabelecer os requisitos relativos a cada uma dos componentes do sistema de informação para GPI: *hardware*, *software*, dados, procedimentos e normas e recursos humanos. Os requisitos concretos dependem muito de caso para caso, em função da estratégia de informação, da dimensão e complexidade da organização e do grau de sofisticação pretendido para o sistema de informação. Apresentam-se seguidamente os aspectos que se afiguram dever ser objecto de especificação nesta fase, sem indicação das características concretas. Este tema pode eventualmente ser objecto de desenvolvimento técnico-científico que resulte numa sistematização das características recomendadas para casos de aplicação típicos.

### ***Uso interno e externo das comunicações electrónicas***

Nesta fase é necessário começar por definir as grandes linhas a adoptar relativamente ao modo como as comunicações electrónicas vão ser estabelecidas. Estão em causa questões como as

comunicações entre:

- locais de recolha de dados e sistemas de informação;
- sistemas de informação distintos;
- sistemas de informação e utilizadores internos;
- sistemas de informação e utilizadores externos.

Com o desenvolvimento tecnológico, o recurso a soluções que tiram partido de redes *Intranet* e *Internet* é cada vez maior. O papel pretendido para este tipo de soluções deverá ser especificado.

### **Requisitos de hardware**

Hoje em dia tende a adoptar-se uma arquitectura em camadas, constituída por clientes e servidores, sendo as camadas mais relevantes as seguintes (Kevany e Swain, 2005):

- **Camada das bases de dados** (*database tier*) – é um sistema para arquivo e localização de dados que tipicamente se apoia num computador dedicado e é acedido por utilizadores (clientes) e por aplicações através de uma rede;
- **Camada de aplicações** (*application tie*) – é a camada que executa aplicações quando solicitada por outros computadores ou camadas;
- **Camada do servidor de web** (*web server*) – é na realidade um pacote de *software* que serve conteúdos http para *browsers web* em máquinas de clientes;
- **Camada de clientes** (*client tier*) – é qualquer computador ou processo ligado a uma rede que requeira serviços (e.g., acesso a aplicações, processamento, acesso a ficheiros, serviços de impressão) de outro servidor (ou camada), em geral através de uma rede.

As primeiras três camadas deverão ter suporte em **servidores**, dedicados ou não, cuja configuração deverá ser especificada (tipo de processador, memória RAM, capacidade do disco rígido, placa gráfica, *Network interface card* (NIC), monitor, *drivers* (CD, DVD), teclado, rato.

A quarta camada é suportada em **computadores pessoais**, um por cada utilizador (equivalente a tempo integral). Os requisitos destes computadores dependem fundamentalmente da opção que for tomada relativamente à forma de acesso a sistemas de informação geográfica. O sistema de informação para GPI pode ser



suportado num SIG, tirando pleno partido das capacidades gráficas e de geo-referenciação, mas requerendo neste caso equipamentos mais potentes, ou importar dados de um SIG utilizando-os autonomamente, na forma alfanumérica. Feita esta opção, os requisitos destes computadores deverão ser estabelecidos.

Será ainda necessário dispor de **periféricos** de apoio: impressora(s), *scanner*(s) e, se o sistema se apoiar num SIG, *plotter*(s). Os requisitos mínimos a especificar incluem dimensões, resolução, paleta de cores, memória RAM e interfaces.

Servidores, computadores e periféricos deverão estar ligados por uma **rede**, em geral pré-existente. Se tal não for o caso, será necessário especificar os requisitos correspondentes (*routers*/*switches*; *firewalls*; mecanismos de segurança/detecção de intrusos; *load balancers*; pontos de entrada/saída VPN (*Virtual Private Networks*); serviços e servidores de segurança; NIP (*Network Interconnect for Platforms*); INIC (*Intelligent Network Interface Cards*); NSD (*Network Storage Devices*).

Finalmente, há ainda que especificar o tipo e os requisitos do equipamento de campo que se pretenda utilizar (e.g., *dataloggers* e outros equipamentos destinados a facilitar a recolha de dados e equipamentos para avaliação do estado de conservação dos componentes da infra-estrutura).

### ***Requisitos de software***

Esta etapa envolve a identificação e descrição sumária das aplicações que se pretende integrar no sistema, bem como a indicação da prioridade de disponibilização.

Contempla sete módulos relativos ao nível básico de GPI: (i) registo de clientes; (ii) sistema financeiro; (iii) registo de activos (global para a organização); (iv) gestão da manutenção; (v) procedimentos de manutenção; (vi) Registo da condição física dos activos; (vii) fiabilidade operacional (fiabilidade). Contempla mais cerca de 30 módulos para o nível avançado de GPI, que vão desde o “centro de atendimento de cliente” e o “centro de operações” à “estratégia de longo prazo” e aos *business plans*.



Fonte: IIMM, 2002

**Figura A4.2 – Esquema de sistema de informação para “asset management” proposto no International Infrastructure Management Manual**

O Quadro A4.1 apresenta um exemplo de uma forma possível e clara de apresentar as funcionalidades necessárias. Trata-se de um extracto das especificações estabelecidas para o sistema de informação geográfica de Paços de Ferreira (Kevany e Swain, 2005).

**Quadro A4.1 – Exemplos de requisitos de *software* do sistema de informação geográfica de Paços de Ferreira**

Application name	Description	Priority	Use example
General Interface	This application is to be developed as a Web-based browser to a GIS application server. The application will provide users with an easy-to-use GUI that will allow them to query data and perform general analysis.	High	Water Company employees will use the general interface to query infrastructure data, navigate through the mapped data, and query by feature number or attribute.
Internet/ Public Access	Public Internet access will provide a limited viewing capability to consumers. Data served via this application will include investment plan locations and other public reporting.	Low	Municipal consumers will use this application to view general data such as investment plan locations.
Activity Tracking	The activity tracking application will allow end users to map and monitor operations and maintenance activities such as valve exercising, break repairs, hydrant flushing, manhole inspections, etc. This application may be an interface to a work order management solution that will provide the ability to display the contents of the work order management system.	Moderate	The GIS will be used to assist in tracking activities of projects across the service area and to view scheduled activities of projects or projects that are about to begin.
Asset Inventory	This application will provide for the creation and maintenance of asset location data and related attribution.	Moderate	Viewing of asset data in the GIS along with repair and maintenance histories will allow Water Company staff to predict and plan maintenance and repair activities, as well as investment strategies.

Fonte: Kevany e Swain, 2005

### **Requisitos relativos aos dados**

Os requisitos relativos aos dados resultam directamente dos resultados da análise e da modelação de dados. As principais categorias de dados envolvidos num sistema de informação para GPI são:

- infra-estrutura de abastecimento de água (captações, estações de tratamento, condutas adutoras, reservatórios, estações elevatórias, postos de cloração);
- infra-estrutura de águas residuais (rede de drenagem, interceptores, estruturas de armazenamento, descarregadores, estações elevatórias, estações de tratamento, emissários);
- dados de desempenho e histórico de intervenções (estado de conservação, histórico de falhas, desempenho funcional em condições normais de funcionamento);
- dados financeiros (custo de instalação, custos de manutenção, custos de substituição, custos de operação);

Cada uma destas categorias pode ser decomposta em subcategorias. Por exemplo, a rede de distribuição de água contempla condutas, válvulas, hidrantes, postos de cloração.

Nesta etapa dever-se-ão especificar as categorias e as subcategorias a adoptar, bem como os campos a considerar para cada objecto (e.g., identificação, comprimento, diâmetro, material, data de instalação).

### ***Requisitos relativos a procedimentos e normas***

O estabelecimento de procedimentos e normas é feito predominantemente numa fase posterior do desenvolvimento. Contudo, pode ser necessário especificar requisitos *a priori*, a identificar nesta fase, de acordo com categorias tais como:

- requisitos relativos a procedimentos de recolha;
- requisitos relativos a procedimentos de validação;
- requisitos relativos a procedimentos de arquivo;
- requisitos relativos a procedimentos de actualização;
- requisitos relativos a procedimentos de protecção.

Um dos aspectos críticos a ter em conta é a partilha de dados com outros sistemas de informação já existentes. Exemplificando, um sistema de informação para GPI pode necessitar recorrentemente de um dado previamente existente num outro sistema de informação. Nesta fase, essas situações já são conhecidas, em resultado da análise de informação (cf. ANEXO IV-B). É necessário identificá-las claramente nesta fase, para que na fase de concepção seja possível decidir em qual dos SI fica a responsabilidade de recolher, validar e arquivar e como vai ser feita a ligação entre os dois SI para que o dado seja partilhado eficazmente entre ambos.

Um outro aspecto crítico desta fase prende-se com os requisitos de protecção dos dados. É preciso definir quem tem privilégios para carregar, para corrigir ou actualizar, para apagar, para aceder, questões que são determinantes das soluções de concepção e de implementação.

### **Requisitos de recursos humanos**

As necessidades em termos de recursos humanos podem também variar muito de caso para caso. Em muitas situações de entidades gestoras de média ou pequena dimensão, uma única pessoa (ou um pequeno grupo com dedicação parcial) pode acumular as funções envolvidas, que são as seguintes (Kevany e Swain, 2005):

- **Gestão do sistema**, incluindo a aquisição e a manutenção de *hardware*, a instalação de *upgrades* e a resolução de problemas; as responsabilidades incluem ainda a gestão de contratos ou outras ligações com os fornecedores;
- **Gestão do software**, incluindo a aquisição e a manutenção de *software*, a instalação de *upgrades* e a resolução de problemas; as responsabilidades incluem ainda a gestão de contratos ou outras ligações com os fornecedores;
- **Desenvolvimento e manutenção de aplicações**, incluindo a análise e a concepção de novas facilidades ou módulos, desenvolvimento ou aquisição de aplicações, manutenção das aplicações existentes, resolução de problemas, gestão de contratos e ligação com os fornecedores de *software*;
- **Administração da base de dados**, incluindo a concepção e a actualização ou a melhoria dos modelos de dados, a supervisão da manutenção das bases de dados e o controlo de qualidade dos dados.

A estas funções acrescem as seguintes:

- **Operação do sistema**, que inclui a introdução, a validação e a actualização de dados, a consulta ao sistema de informação e a produção de relatórios;
- **Tomada de decisão** com base na informação criada.

É importante especificar (ou exigir a quem conceber o sistema que especifique) os requisitos de formação para cada uma das funções referidas.

## Anexo IV-E – Fase de identificação e avaliação de soluções

A fase de identificação e avaliação de soluções envolve:

- identificação, em pormenor, das diversas soluções técnicas de sistemas de informação para GPI que se oferecem face aos requisitos estabelecidos;
- avaliação dos custos e dos benefícios das diversas opções, atendendo aos cinco componentes (*hardware*, *software*, dados, procedimentos e normas e recursos humanos) e tendo em conta o ciclo de vida do sistema de informação.

A identificação de soluções técnicas requer que seja feita uma criteriosa consulta ao mercado, com análise, para cada produto potencialmente candidato, de:

- funcionalidades;
- flexibilidade de adaptação aos objectivos específicos;
- modularidade e capacidade de *upgrade*;
- facilidade de integração como os restantes SI da organização;
- facilidade de migração de dados de SI antecessores;
- facilidades de importação/exportação de dados e de resultados;
- capacidade de uso via *web*;
- custos de aquisição;
- custos, condições e garantia de apoio técnico;
- custos, condições e garantia de actualização e correcção de *bugs* detectados;
- requisitos de especialização e condições de formação de recursos humanos;

A avaliação propriamente dita requer a prévia definição de critérios de preferência. IIMM (2002, pág. 4.12) apresenta um caso de estudo onde aspectos em apreciação são estruturados em grandes grupos:

- requisitos funcionais;
- requisitos técnicos e operacionais;
- assistência técnica ao *software*;
- eficácia de implementação.

Cada grupo é decomposto em aspectos mais elementares, a que são atribuídos pesos, de acordo com Quadro A4.2.

**Quadro A4.2 – Exemplo de pesos atribuídos aos requisitos funcionais no processo de avaliação**

Requisito funcional	Peso (%)
Indispensável	150
Obrigatório	100
Muito desejável	75
Desejável	50
Inexistente	0

Fonte: IIMM, 2002

É depois construída uma tabela com as classificações relativas máximas, atendendo aos pesos atribuídos. Cada solução alternativa é avaliada com base nesta matriz. Cada rubrica em apreciação é classificada de 0 a 1, com 0 significando que o requisito não é cumprido e 1 que é totalmente cumprido. Deste modo, a comparação e hierarquização das diversas alternativas são objectivas.

IIMM (2002, pág. 4.14) apresenta ainda um outro caso de estudo relevante, onde se identificam e quantificam as rubricas de custo a considerar numa análise de custo/benefício de soluções alternativas.

Hassanain *et al.* (2003) fazem uma análise comparativa entre alguns dos produtos comerciais mais conhecidos para gestão da manutenção, também usados para GPI: os sistemas BUILDER (U.S. Army), MAXIMO (MRO Software, Inc.) e RECAP (Physical Planning Technologies, Inc.). Concluem que qualquer destes produtos permite criar inventários de activos e de processos para controlo e segmentação de dados (*data control* e *data routing*). Porém, verifica-se haver diferenças notórias nos dados que guardam, nos processos que invocam e nos resultados que permitem produzir.

## Anexo IV-F – Fase de concepção

A fase de concepção contempla dois grandes domínios:

- concepção do sistema;
- concepção das bases de dados.

É nesta fase que se pormenorizam as especificações e se procede à aquisição ou ao desenvolvimento do *software*, se pormenorizam os modelos de dados, se identificam formatos, se documentam procedimentos, se avaliam os recursos humanos necessários e se desenvolvem programas de formação.

A concepção do sistema de informação envolve:

- definição pormenorizada da arquitectura do sistema;
- aquisição ou desenvolvimento do *software*, que terá como produto essencial uma sistema de gestão de bases de dados relacionais (RDBMS – *Relational Database Management System*), complementado com outros produtos a seleccionar em função das funcionalidade pretendidas (e.g., aplicações específicas para uso via *web*);
- desenvolvimento das aplicações em falta na empresa e identificadas como prioritárias; teste das aplicações; produção da documentação de apoio, incluindo manuais de utilizador e sistemas de ajuda *on-line*;
- especificação pormenorizada dos recursos humanos necessários, desenvolvimento dos programas de formação e início da formação;
- identificação dos ajustes necessários à estrutura organizacional, de modo a dar resposta às necessidades de gestão do sistema, administração das bases de dados e da ligação aos utilizadores.

A concepção das bases de dados tem como principais etapas:

- pormenorização do modelo de dados;
- estabelecimento dos critérios de nomenclatura e das chaves de identificação;
- definição dos dicionários de dados, por tipo de infra-estrutura e de activo.

É necessário diferenciar claramente os conceitos de nomenclatura e de chave de identificação. A nomenclatura deverá permitir aos utilizadores uma rápida percepção do elemento nomeado. A chave de identificação tende, hoje em dia, a ser um código interno, sem significado para o utilizador, mas que permite univocamente identificar o registo. Pode eventualmente haver uma coincidência entre o nome e a chave, mas esta não é a boa prática actual.

A chave de identificação interna, sendo habitualmente conferida de forma automática pelo próprio *software*, não constitui, à partida,



uma preocupação para os utilizadores. Contudo, a integração de sistemas de informação requer que este assunto seja devidamente tido em conta na fase de concepção, de modo a garantir que um dado objecto é reconhecido por toda a estrutura de informação da empresa, para que a informação que contém possa ser partilhada.

A nomenclatura a conferir aos elementos físicos da rede – condutas/colectores, válvulas, reservatórios, estações elevatórias – e aos outros elementos incluídos no sistema de informação deverá obedecer a alguns critérios que importa referir (Coelho *et al.*, 2006a).

Habitualmente, utiliza-se um código alfanumérico, composto por um campo alfanumérico, identificativo do sistema físico e do tipo de activo e por outro campo numérico sequencial. Assim, um código típico de um elemento do tipo conduta teria o seguinte aspecto:

Cza0298

A primeira letra do campo alfanumérico designa habitualmente o tipo de elemento (*e.g.*, N para nó, C para conduta ou colector, V para válvula, R para reservatório e B para bomba). Os caracteres que se lhe seguem poderão incluir informação geográfica ou do sector de rede, ou ainda especificar o tipo de dispositivo. No caso do exemplo acima apresentado, os caracteres *za* pretendem identificar o sector (Zona Alta).

A numeração a introduzir no campo numérico deverá ser sequencial, com um incremento entre códigos consecutivos não inferior a 10, para permitir a inserção posterior de novos elementos sempre que tal seja necessário.

Os dicionários de dados contemplam a definição, para todos os tipos de entidade a arquivar, de:

- nome da entidade;
- definição da entidade (curta descrição);
- notas de implementação (*e.g.*, “a implementar como uma classe de objectos”, “a implementar como funcionalidade – *feature*);
- forma de implementação (*e.g.*, “implementado como instância da classe *Objecto*”);
- campos a considerar (nome do campo, descrição, restrições do campo, formato, domínio);
- explicitação de restrições.

A concepção das bases de dados pode ser balizada pela adopção de normas existentes sobre este assunto.

No Canadá existe a *Municipal Infrastructure Data Standard* (MIDS), que estabelece definições organizadas de acordo com uma série de regras que especificam como armazenar e gerir informação relativa a infra-estruturas de rede (Vanier, 2000).

Actualmente o MIDS inclui sistemas de distribuição de água, sistemas de drenagem de águas residuais, redes viárias e ferroviárias, e estruturas. Trata-se de especificações para recolha, gestão e análise de dados, dirigidas aos administradores de infra-estruturas. Não é uma base de dados em si mesmo, mas pretende fornecer a fundação sobre a qual se concebem as bases de dados e as aplicações, garantindo um elevado grau de integridade e de partilha de informação. Ainda de acordo com os referidos autores, a norma MIDS tem as seguintes características:

- Assegura a integração dos dados: os dados são organizados por tópicos (e.g., tudo sobre estações elevatórias) e não por uso ou aplicação (e.g., manutenção de bombas hidráulicas, dados financeiros de estações elevatórias);
- É uma norma aberta: está acessível a qualquer pessoa em condições razoáveis;
- É uma norma não-proprietária: não é controlada por nenhuma organização com fins lucrativos;
- É uma norma independente da tecnologia: permite a criação de bases de dados sob condições diferentes (*hardware*, arquitectura, aplicações) sem comprometer as especificações essenciais relativas ao significado e à representação dos dados; esta característica é importante, porque quanto maior for a independência relativamente à tecnologia, mais fácil será uma futura migração para suportes tecnológicos diferentes.

## **Anexo IV-G – Fases de implementação e de produção**

A fase de implementação envolve (IIMM, 2002):

- instalação do sistema;
- teste em casos-piloto e em ambiente de produção;
- estabelecimento das bases de dados;

- conversão de dados de outros sistemas pré-existent para o novo sistema;
- carregamento das bases de dados;
- elaboração da documentação de apoio, com destaque para os procedimentos e normas;
- realização de acções de formação, aos diversos níveis (gestão do sistema, gestão do *software*, desenvolvimento e manutenção de aplicações, administração da base de dados, operação do sistema e tomada de decisão no âmbito da GPI).

A implementação pode ser realizada de diversos modos:

- em paralelo com sistemas existentes, ou por substituição;
- de todo o sistema, num dado momento para toda a organização, ou faseada no tempo ou no âmbito.

A exploração de aplicações-piloto é de forma geral vantajosa por permitir fazer ajustes ou correcções sem perturbar o funcionamento global de toda a organização.

A fase de produção refere-se ao uso pleno do sistema numa base regular, cumprindo os objectivos para que foi concebido, ou seja, com produção da informação necessária para sustentar o processo de tomada de decisão no âmbito da GPI.

O sistema CARE-W pretende ajudar a responder às seguintes questões:

- Qual é a condição estrutural de uma conduta específica e da rede no seu conjunto?
- Quais são as condutas mais vulneráveis?
- A taxa de roturas nas condutas vai crescer futuramente?
- Como definir prioridades na selecção de projectos de reabilitação?
- Quais são as necessidades de investimento futuro na rede de distribuição?
- Como se poderá gerir melhor a rede de distribuição de água?

Assim, o objectivo do projecto foi o desenvolvimento de uma abordagem integrada aos problemas da reabilitação de condutas de água, com a produção de um relatório técnico e do protótipo de uma aplicação informática, o “CARE-W Prototype”, que integra diversas ferramentas de avaliação, análise e planeamento. Este

conjunto de ferramentas ajuda a identificar as condutas mais problemáticas da rede de distribuição, a definir prioridades de reabilitação e a planejar as intervenções. É possível atender a diversos critérios de decisão simultaneamente, tais como o histórico de roturas e de perdas de água, a importância que cada elemento tem em termos da fiabilidade hidráulica da rede e a coordenação com outras obras planeadas, entre outros. Uma vez que os recursos financeiros são inevitavelmente limitados, é possível analisar estratégias diferentes de investimento e avaliar o seu impacto a médio e longo prazo.



## **Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água**

A gestão patrimonial de infra-estruturas, entendida como a gestão estratégica e sustentável das infra-estruturas existentes, deve ser desenvolvida de forma integrada, incluindo as diferentes actividades de exploração dos sistemas urbanos de águas, bem como as de reabilitação e de expansão. Esta abordagem é indispensável para assegurar o cumprimento dos níveis de serviço, através da adopção de uma estratégia de investimentos e de custos operacionais adequados, face aos objectivos estabelecidos.

A sua importância é reconhecida na legislação do sector, nomeadamente no Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto, que determina que as entidades gestoras dos serviços de águas devem dispor de informação sobre a situação actual e futura das infra-estruturas, a sua caracterização e a avaliação do seu estado funcional e de conservação. As entidades gestoras que sirvam mais de 30 mil habitantes devem, ainda, promover e manter um sistema de gestão patrimonial de infra-estruturas.

Por esta razão, a ERSAR, o LNEC e o IST decidiram publicar o presente Guia Técnico relativo a infra-estruturas de abastecimento de água, com o objectivo de apoiar as entidades gestoras na implementação de metodologias de gestão patrimonial de infra-estruturas, num processo de melhoria contínua, no sentido da sua consolidação e sofisticação.



Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

Centro Empresarial Torres de Lisboa  
Rua Tomás da Fonseca, Torre G, 8.º andar - 1600-209 LISBOA