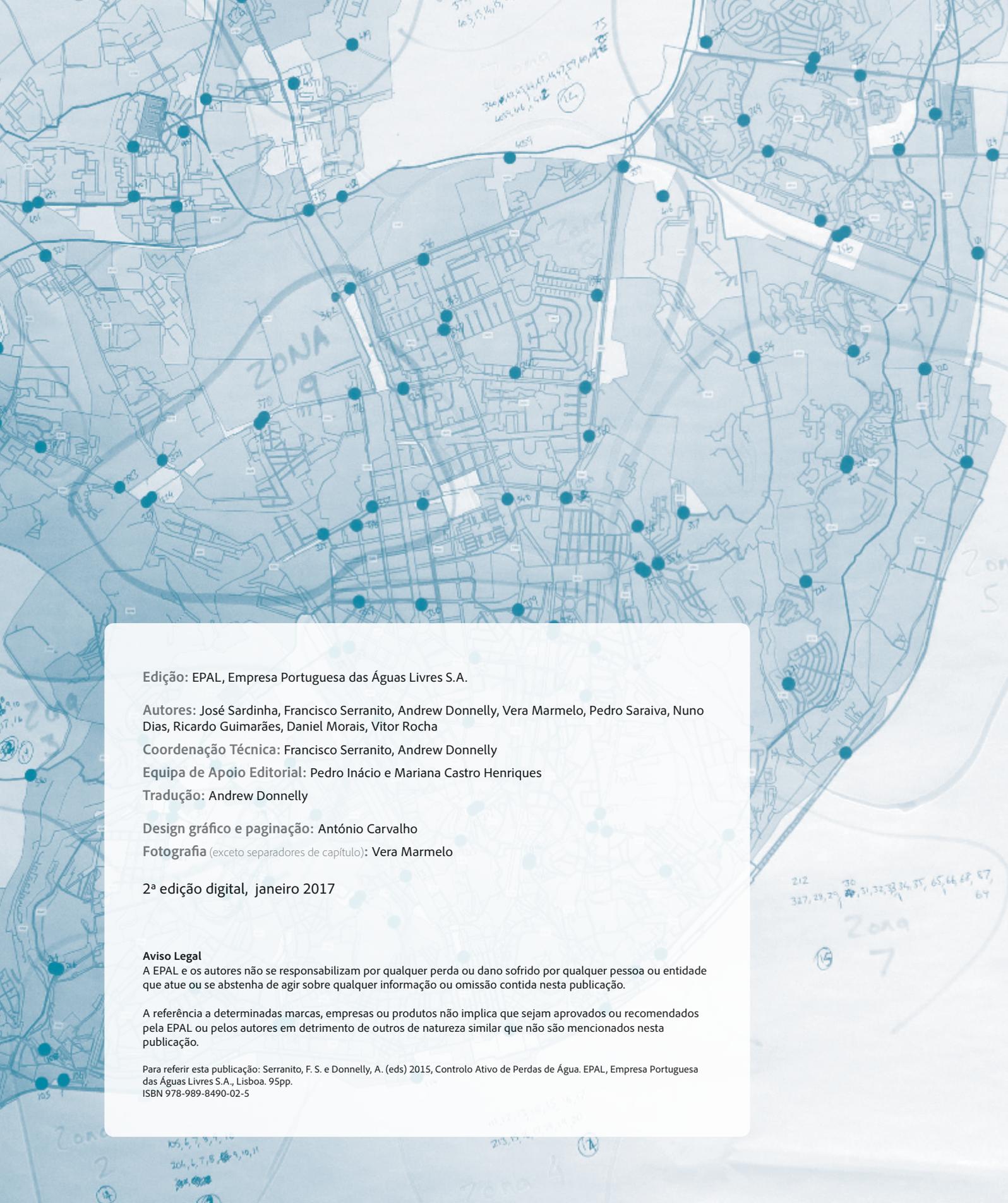


Controlo Ativo de Perdas de Água

EPAL Technical Editions



Edição: EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A.

Autores: José Sardinha, Francisco Serranito, Andrew Donnelly, Vera Marmelo, Pedro Saraiva, Nuno Dias, Ricardo Guimarães, Daniel Morais, Vítor Rocha

Coordenação Técnica: Francisco Serranito, Andrew Donnelly

Equipa de Apoio Editorial: Pedro Inácio e Mariana Castro Henriques

Tradução: Andrew Donnelly

Design gráfico e paginação: António Carvalho

Fotografia (exceto separadores de capítulo): Vera Marmelo

2ª edição digital, janeiro 2017

Aviso Legal

A EPAL e os autores não se responsabilizam por qualquer perda ou dano sofrido por qualquer pessoa ou entidade que atue ou se abstenha de agir sobre qualquer informação ou omissão contida nesta publicação.

A referência a determinadas marcas, empresas ou produtos não implica que sejam aprovados ou recomendados pela EPAL ou pelos autores em detrimento de outros de natureza similar que não são mencionados nesta publicação.

Para referir esta publicação: Serranito, F. S. e Donnelly, A. (eds) 2015, Controlo Ativo de Perdas de Água. EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A., Lisboa. 95pp. ISBN 978-989-8490-02-5

índice

Preâmbulo e Nota Prévia

1. Introdução	9
2. As Perdas de Água em Redes de Abastecimento	11
2.1 Enquadramento	11
2.2 A importância das políticas e abordagens de combate às perdas de água	14
2.2.1 Considerações gerais	14
2.2.2 Resenha histórica das abordagens de redução de perdas	15
2.2.3 Políticas mais relevantes adoptadas	17
3. Definição e Quantificação das Perdas de Água	23
3.1 3.1 Balanço Hídrico	23
3.1.1 Principais conceitos e definições	23
3.1.2 Métodos de cálculo	25
3.2 Perdas Reais	27
3.2.1 Caracterização das perdas reais	27
3.2.2 Gestão das perdas reais	29
3.3 Perdas aparentes	31
3.3.1 Caracterização das perdas aparentes	31
3.3.2 Gestão das perdas aparentes	32
3.4 Principais indicadores de desempenho relativos a perdas	33
3.4.1 Indicadores financeiros	36
3.4.2 Indicadores de perdas reais	36
3.4.3 Indicadores das perdas aparentes	38
4. Estratégias de controlo e redução de perdas físicas de água	41
4.1 Considerações gerais	41
4.2 Nível Económico de Perdas	44
4.2.1 Conceito	44
4.2.2 Condicionantes ao cálculo do NEP	44
4.2.3 Caracterização do Nível Económico das Perdas Reais	45
4.3 Fatores para a definição de uma estratégia para controlo de perdas	45

5. Monitorização e Controlo de Perdas	49
5.1 Requisitos mínimos	49
5.1.1 Sistema de Informação Geográfica	49
5.1.2 Sistema de Informação de Gestão de Clientes (SIGC)	50
5.1.3 Modelo Digital do Terreno	52
5.1.4 Modelo hidráulico do sistema	52
5.2 Medição de caudal	54
5.3 Setorização e monitorização da rede	59
5.4 Zonas de Monitorização e Controlo	60
5.4.1 Conceito de Zona de Monitorização e Controlo	60
5.4.2 Dimensionamento da ZMC	62
5.4.3 Considerações relativas à qualidade da água e limites da ZMC	64
5.4.4 Planeamento e Projeto da ZMC	67
5.4.5 Implementação de ZMC e aferição da sua Integridade	69
5.5 Recolha, gestão e tratamento da informação	72
6. Deteção e localização de fugas	79
6.1 Considerações gerais	79
6.2 Técnicas de Localização de fugas	82
6.2.1 Subzonamento da ZMC	84
6.2.2 Teste de fecho sequencial	85
6.2.3 Mapeamento das pressões em linhas de abastecimento	87
6.2.4 Técnicas para localização exacta de fugas	88
7. Mudanças comportamentais associadas à implementação do Controlo Ativo de Fugas	97
BIBLIOGRAFIA	99

Índice FIGURAS Pág.

Figura 2.1	Distribuição da água na Terra	11
Figura 2.2	Varição da disponibilidade da água doce no globo terrestre em (a) calotes polares e gelos permanentes, em (b) aquíferos subterrâneos, em (c) lagos, reservatórios e rios	12
Figura 2.3	Evolução cronológica das técnicas de deteção de fugas	16
Figura 2.4	Evolução das perdas no sistema da EPAL na década de 90	19
Figura 2.5	Evolução das perdas na rede de distribuição de Lisboa	20
Figura 2.6	Comparação dos níveis de perdas de água de Lisboa com outras grandes cidades	21
Figura 3.1	Balanço Hídrico, de acordo com a definição da International Water Association	23
Figura 3.2	Fluxograma das principais influências num sistema de abastecimento	24
Figura 3.3	Abordagens Top-Down e Bottom-Up.	26
Figura 3.4	Abordagem Bottom-Up para determinação de perdas reais	28
Figura 3.5	Consumos mínimo noturno e estimativa das perdas reais potencialmente recuperáveis	29
Figura 3.6	Vertentes principais da redução das perdas reais	30
Figura 3.7	Controlo de perdas aparentes em ZMC com 100% de telecontagem	33
Figura 3.8	Vertentes principais da redução das perdas aparentes	33
Figura 3.9	Gráfico com erros de medição de contadores retirados de serviço	39
Figura 4.1	Ações essenciais numa estratégia de redução de perdas	41
Figura 4.2	Ilustração do Conceito de Nível Económico de Perdas	44
Figura 5.1	Interfaces de um SIGC	50
Figura 5.2	Esquema de monitorização de um sistema de abastecimento	54
Figura 5.3	Elementos construtivos diferenciadores dos contadores volumétricos e velocimétricos	56
Figura 5.4	Curva de erros característica de um contador volumétrico Qn1,5 m ³ (DN15), Classe C	56
Figura 5.5	Representação esquemática de um medidor de caudal eletromagnético	57
Figura 5.6	Representação esquemática de duas ZMC	61
Figura 5.7	Alterações nos limites de ZMC da rede de distribuição de Lisboa	66
Figura 5.8	Polígonos das ZMC na Rede de distribuição da cidade de Lisboa	68

Índice FIGURAS Pág.

Figura 5.9	Ilustração da realização de um Teste de Pressão Zero	71
Figura 5.10	Equipamentos de registo e transmissão de dados ou dataloggers	72
Figura 5.11	Dashboard da Monitorização do WONE	73
Figura 5.12	Controlo diário de Zonas de Monitorização e Controlo	74
Figura 5.13	Ranking das ZMC	75
Figura 5.14	Ciclo do Controlo Ativo de Fugas	76
Figura 5.15	Módulo da georreferenciação	77
Figura 6.1	Definição da Estratégia de Deteção de Fugas	79
Figura 6.2	Ciclo de Vida de uma Fuga	80
Figura 6.3	Integração da monitorização de rede com a deteção de fugas	80
Figura 6.4	Desvio no perfil de consumo identificado na monitorização	81
Figura 6.5	Desvio no perfil de consumo identificado na monitorização - fuga progressiva	81
Figura 6.6	Gráfico do total diário e caudal mínimo noturno	82
Figura 6.7	Processo de subzonamento de ZMC	84
Figura 6.8	Esquema de Subzonamento com instalação de contadores provisórios	84
Figura 6.9	Esquema de fecho sequencial	85
Figura 6.10	Efeito do ensaio de fecho sequencial nos caudais da ZMC	86
Figura 6.11	Esquema de mapeamento de pressão	87
Figura 6.12	Propagação do Ruído de Fuga	89
Figura 6.13	Esquema de instalação de loggers acústicos	90
Figura 6.14	Patrulhamento de loggers acústicos	90
Figura 6.15	Esquema de utilização da Vareta de escuta	91
Figura 6.16	Esquema de utilização do Geofone	91
Figura 6.17	Aplicação do Correlador	92
Figura 6.18	Correlador acústico e pico de correlação	93
Figura 6.19	Esquema do ensaio de estanquidade	94
Figura 6.20	Método de injeção de gás	95

Índice QUADROS Pág.

Quadro 3.1	Principais Indicadores de desempenho relativos a perdas de água	34
Quadro 5.1	Aspectos relevantes para a escolha e instalação de um medidor de caudal	58

Preâmbulo



Este livro apresenta, de forma sistemática, os mais modernos conceitos, estratégias e metodologias de redução de perdas de água reconhecidos internacionalmente e incorpora importantes inovações e aperfeiçoamentos decorrentes da sua aplicação prática numa das mais antigas e prestigiadas empresas do mundo: a EPAL.

São abordados, com clareza e objetividade, aspetos essenciais como o balanço hídrico, o cálculo do nível económico de perdas, o controlo de caudais e pressões na rede, o controlo ativo de perdas, as técnicas de deteção e localização de fugas, as ZMC – Zonas de Monitorização e Controlo e os requisitos mínimos para qualquer processo de redução de perdas. Destacam-se ainda os sistemas de informação geográfica, o cadastro de infraestruturas, os sistemas de informação de clientes, os modelos hidráulicos das redes e, de uma forma especial, a articulação entre todos os sectores da empresa para atingir um objetivo comum.

A obra, muito consistente e de fácil leitura, reflete o conhecimento acumulado na empresa neste domínio, o trabalho de uma excelente equipa de controlo de perdas e, sobretudo, o comprometimento da sua gestão de topo que, ao longo dos últimos anos, definiu a redução de perdas como objetivo corporativo prioritário.

É de louvar esta iniciativa da Administração presidida pelo Eng.º José Sardinha, de divulgar, de forma alargada, o saber fazer da EPAL neste domínio, que conduziu a valores de água não faturada que são já dos mais baixos a nível internacional e ao desenvolvimento de novos produtos, como o WONE, que está a ser utilizado com sucesso noutras empresas.

Sem prejuízo de apresentar metodologias e tecnologias sofisticadas e assentes em sistemas de informação com recolha e processamento de dados em tempo real, de última geração, aplicáveis nas melhores empresas, o livro inclui também os conceitos de base internacionalmente reconhecidos, essenciais para as entidades gestoras que pretendam dar os primeiros passos no longo percurso rumo à eficiência e à excelência.

O facto de ter tido o privilégio de trabalhar com o notável conjunto de colaboradores da EPAL, há uma década, não afeta a objetividade com saúdo e recomendo, sem reservas, esta oportuna e excelente publicação que, certamente, vai inspirar e suportar tecnicamente muitos processos de redução de perdas, sobretudo nos países de Língua Portuguesa.

Joaquim Poças Martins

Professor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Secretário-Geral do Conselho Nacional da Água

Nota prévia



Ao longo da história da humanidade a água é, seguramente, o fator decisivo para a fixação das populações e para o desenvolvimento e sustentabilidade das sociedades. Atualmente, face ao crescimento da população na Terra e à sua progressiva concentração em grandes aglomerados urbanos, as necessidades de água para consumo humano atingiram níveis críticos em diversas zonas, tornando o recurso água num dos fatores mais determinantes para a sustentabilidade da vida no planeta.

Esta situação reforça a premente necessidade de todos os intervenientes no setor procurarem assegurar uma gestão cada vez mais eficiente do recurso água, objetivo que é defendido pelas principais organizações internacionais constituindo uma das vertentes fundamentais da sua atuação. Atendendo ao elevado nível de perdas de água nos sistemas de abastecimento, a redução das perdas de água constitui-se como um dos fatores mais relevantes e desafiantes para os próximos anos.

A EPAL, na qualidade de maior e mais antigo operador em Portugal, sendo uma referência na área do abastecimento de água, partilha estes objetivos de permanente melhoria de eficiência e de incremento da sustentabilidade da sua atuação, tendo-os integrado na sua missão. Assim, a permanente procura de otimização operacional e o aumento dos níveis de eficiência nas diversas vertentes da atividade da empresa tem constituído uma das preocupações fundamentais da EPAL ao longo dos últimos anos, com particular destaque para a redução dos níveis de perdas de água. Para o efeito, a empresa desenvolveu e implementou um programa de Controlo Ativo de Perdas de água, cujos resultados lhe permitiram atingir níveis de excelência na gestão da rede de distribuição de Lisboa, sendo hoje uma das capitais mundiais mais eficientes neste domínio, com perdas de água na ordem de 8%.

Naturalmente que a implementação de uma estratégia deste tipo, envolvendo a incorporação de algumas das melhores práticas internacionais, proporciona à entidade gestora uma experiência muito enriquecedora a diversos níveis, permitindo aos seus trabalhadores o permanente reforço dos seus conhecimentos e da sua capacidade para ultrapassar novos desafios, pelo que se entendeu fazer parte da nossa missão, enquanto empresa pública de referência, a partilha da experiência e conhecimentos adquiridos com os diversos *stakeholders* do setor. O presente livro tem essa pretensão, constituindo o resultado de mais de uma década de atuação que envolveu, de forma transversal, diversas equipas e áreas operacionais da EPAL.

Neste contexto, o nosso principal objetivo é que este livro possa ser útil a outras entidades, a técnicos do setor e a estudantes, permitindo contribuir para o desígnio global de reduzir as perdas de água em sistemas de abastecimento e, assim, aumentar os níveis de sustentabilidade no uso do recurso essencial que é a água.

José Sardinha
Presidente do Conselho de Administração da EPAL



1. Introdução

“A água é o princípio de todas as coisas”

Tales de Mileto

O crescimento exponencial da população da Terra, que se estima venha ainda a evoluir dos atuais 7 mil milhões para 11 mil milhões de habitantes até ao final do século XXI, conjugado com a concentração populacional em grandes cidades nas zonas costeiras, tenderá a aumentar fortemente o stresse hídrico em diversas áreas do globo, tornando a água doce um recurso cada vez mais crítico, que importa preservar e gerir com a máxima eficiência. Com efeito, estima-se que, em 2050, cerca de metade da população mundial possa vir a sofrer com falta de água, pelo que esta temática se constitui como um tema crucial, sendo objeto da preocupação dos governos e das mais importantes organizações internacionais.

Neste contexto, a redução das perdas nos sistemas urbanos de abastecimento de água - que atingem, a nível mundial, valores na ordem de 50% - constitui um fator determinante para essa melhoria de eficiência, implicando a adoção de uma atitude mais sustentável, através do recurso a novos métodos de gestão e a novas tecnologias que, tendencialmente, devem ser implementados pelas entidades gestoras, bem como pelos diversos stakeholders do setor da água.

Pretende-se, com este documento, contribuir para a divulgação de estratégias e metodologias de controlo de perdas de água em sistemas de abastecimento através de uma abordagem sistemática de práticas e tecnologias que, tendo sido devidamente testadas e comprovadas no sistema da EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., podem ser utilizadas por outras entidades gestoras de sistemas de abastecimento e por técnicos do setor, em diferentes contextos.

Assim, ao longo do texto são apresentados os principais conceitos e abordagens relacionados com a temática do Controlo Ativo de Perdas de Água, incluindo a explicitação dos sistemas de monitorização e de deteção de fugas mais utilizados internacionalmente, culminando com aquele que, provavelmente, será o fator mais relevante em todo o processo – a mudança de mentalidade ao nível da gestão do recurso água.



2. As Perdas de Água em Redes de Abastecimento

2.1 Enquadramento

A água doce é essencial para todas as formas de vida. Apesar de cerca de 70% da superfície do planeta Terra estar coberta de água, apenas cerca de 2,5% da água disponível é doce, perfazendo um volume global da ordem de 35 milhões de m³, sendo que uma parte significativa deste volume está concentrada nas calotes polares e glaciares (68,7%) e nos aquíferos subterrâneos (30,1%), correspondendo a água dos rios e lagos a apenas cerca de 1,2% do total da água doce do planeta (Shiklomanov, 1993).

A água proveniente de precipitação anual corresponde a apenas 0,12% da água doce existente, sendo a sua

importância reforçada pelo facto de constituir uma das principais origens sustentáveis a longo prazo, sobretudo num cenário de alterações climáticas e de progressiva concentração das populações humanas em aglomerados urbanos de grande dimensão.

Na [Figura 2.1](#) apresenta-se a forma como se distribui a água existente no globo terrestre, a distribuição da água doce pelas suas diferentes formas e a distribuição das águas superficiais.

Regista-se, por outro lado, uma grande variação da disponibilidade do recurso água doce no globo terrestre, com zonas de profunda carência de água e outras mais ricas ([Figura 2.2](#)), o que, conjugado com o incessante cresci-

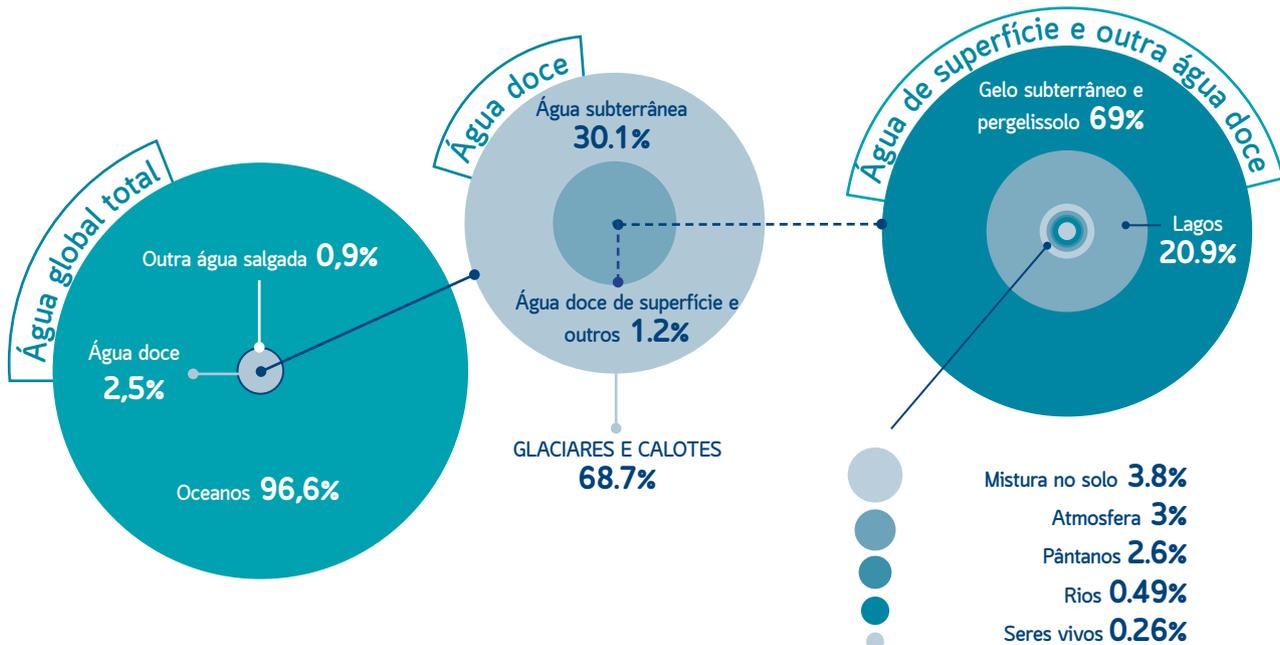


Figura 2.1 Distribuição da água na Terra (adaptado de Shiklomanov, 1993)

mento da população humana no planeta, particularmente concentrada nas zonas costeiras, conduz a crescentes desequilíbrios que originam zonas de grande stress hídrico. Esta situação tenderá, num futuro próximo, a transformar o recurso essencial água num elemento crítico – potencialmente alvo das maiores disputas a todos os níveis. Para agravar este cenário, tudo indica que os fenómenos associados aos efeitos das alterações climáticas contribuirão para acelerar e acentuar a situação descrita.

A ideia exposta fica reforçada se se atender a que, em 2006, o número estimado de pessoas que sofreram escassez de água no mundo – considerando apenas as situações de alto stress hídrico – terá sido da ordem de 1.200 milhões, estimando-se que esse número possa vir a aumentar para quase 1.800 milhões em 2025 (UN Water, 2007).

Ao longo dos tempos, o Homem tem vindo a interferir no ciclo hidrológico, captando e utilizando a água disponível para diversas finalidades e utilizações, a que correspondem aproximadamente as seguintes percentagens, em termos dos volumes extraídos:

- agricultura: **70,1%**,
- uso na indústria: **20%**,
- uso urbano: **9,9%**.

No atual contexto é fundamental a consciencialização de que os recursos hídricos são limitados e da necessidade de protegê-los e conservá-los. Este processo de consciencialização deve ser acompanhado de medidas concretas que conduzam à alteração das práticas relativas à gestão e utilização da água, nomeadamente através do desenvolvimento de estratégias para uso eficiente

12

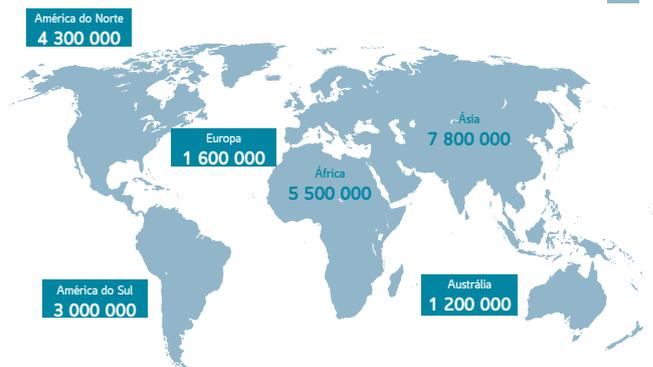
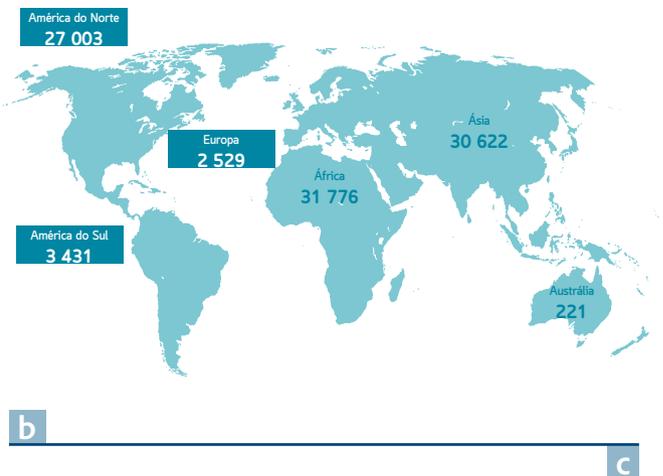
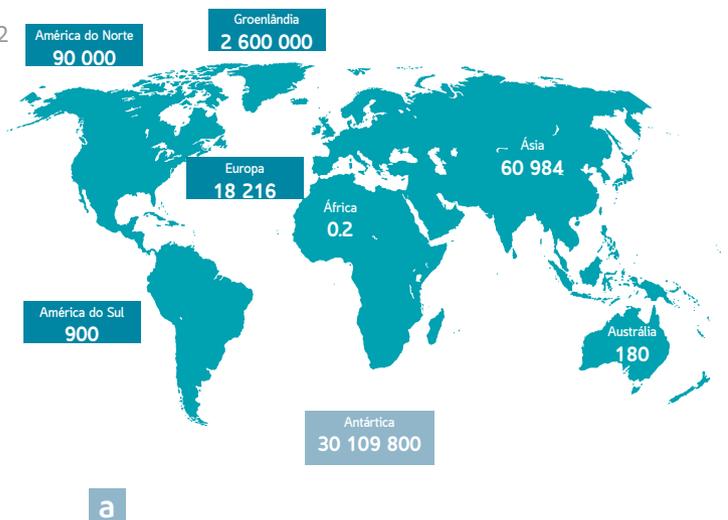


Figura 2.2 Disponibilidade da água doce no globo terrestre em (a) calotes polares e gelos permanentes, em (b) aquíferos subterrâneos, em (c) lagos, reservatórios e rios (valores em km³, 2000)

da água (Almeida *et al.*, 2001). Com efeito, se a questão da escassez do recurso ainda é colocada apenas em algumas zonas do planeta, a questão da sua qualidade é discutida na sua globalidade (Marques, 1999).

Do exposto fica muito claro que, numa perspetiva de gestão integrada dos recursos hídricos, é fundamental procurar incrementar os níveis de eficiência de utilização do recurso, quer seja através de novas tecnologias quer seja através de novos métodos de gestão ou mesmo de alteração de comportamentos.

Neste domínio, e na ótica de uma comunidade ou de um País, torna-se evidente que a promoção do aumento de eficiência e de competitividade deve ser centrada no setor da agricultura e da indústria, dado que são responsáveis por cerca de 90% dos consumos.

No setor urbano, responsável por apenas 10% do consumo global de água, encontramos também oportunidades de melhoria com reflexos económicos muito apreciáveis, dado que as perdas de águas atingem, a nível mundial, valores na ordem de 50%. Em Portugal, as entidades gestoras apresentam índices de perdas de água que, em média, atingem valores da ordem de 40% (ERSAR, 2012), sendo que se regista uma grande diversidade entre as várias entidades, constatando-se que os volumes de água não faturada oscilam entre 8 e 80%.

Assim, importa encontrar formas de melhorar a eficiência no uso da água, sendo a redução das perdas nos sistemas de abastecimento de água um fator decisivo para alcançar este objetivo, o que implica a adoção de uma atitude ativa e responsável, de forma a assegurar uma correta gestão e a sustentabilidade deste recurso natural essencial, cada vez mais escasso.

Atualmente, parte significativa do custo de exploração associado à gestão de sistemas de abastecimento de água resulta do consumo de energia elétrica necessária para a captação, tratamento e adução de água a grandes distâncias, sobretudo no caso das grandes cidades. Assim, a redução das perdas, para além da componente ambiental decorrente da maior eficiência do uso do recurso água, também corresponde a uma diminuição

direta do consumo de energia e de reagentes, com os inerentes benefícios económicos.

Fica, pois, evidenciada a importância ambiental e económica das perdas de água nos sistemas de abastecimento, tratando-se de um problema à escala global que vem assumindo uma dimensão cada vez mais relevante e um papel central nas preocupações das entidades gestoras dos sistemas de abastecimento.

Para o senso comum, as perdas de água nos sistemas de abastecimento mais conhecidas resultam da deficiente qualidade ou da degradação das infraestruturas, sendo normalmente designadas por perdas reais. Esta componente das perdas de água, normalmente mais relevante em termos globais, pode ser reduzida através de programas de controlo e combate às fugas e de estratégias adequadas de renovação das redes.

Existe, no entanto, outra vertente que contribui para as perdas de água, a qual se associa normalmente o conceito de perdas "económicas" ou "aparentes". Esta componente das perdas decorre de situações de utilizações não autorizadas de água decorrendo, frequentemente, da estrutura urbana, ou falta dela, e dos costumes locais, para além de situações relacionadas com utilizações sem medição ou ainda com deficiências dos equipamentos dos sistemas de medição, bem como de políticas inadequadas de medição ou de uma política de gestão de ativos que não considera suficientemente as perdas por submedição.

Estas perdas poderão ser reduzidas promovendo a adoção de políticas socioeconómicas adequadas sendo igualmente importante, em muitos casos, acompanhar essas ações com iniciativas de requalificação do espaço urbano e de inclusão social, numa lógica global de atuação.

Neste domínio é importante que as entidades gestoras promovam a implementação de estratégias integradas de gestão da procura e da conservação da água, quer seja através da sensibilização ambiental quer seja através da disponibilização de serviços e produtos inovadores para ajudar as comunidades a adotar comportamentos mais eficientes.

A dimensão e relevância das perdas de água ao nível global tem justificado diversos estudos e análises de boas práticas sobre a matéria, bem como o desenvolvimento de regulamentação específica tendente a promover a melhoria dos processos e da gestão dos sistemas, visando o incremento da sua eficiência. Trata-se, contudo, de um processo que requer a sensibilização e envolvimento de todos os intervenientes, desde os profissionais do setor ao simples cliente, sendo necessário motivar mudanças comportamentais (McKenzie e Hamilton, 2014).

Os próximos capítulos pretendem contribuir para esse objetivo, pelo que compreendem um conjunto de conceitos e de boas práticas inerentes à temática das perdas de água. Estes conceitos serão exemplificados através de situações práticas inerentes à experiência ao nível do controlo de perdas de água da EPAL, S.A., entidade gestora responsável pelo abastecimento de água a cidade de Lisboa.

2.2 A importância das políticas e abordagens de combate às perdas de água

2.2.1 Considerações gerais

A abordagem à problemática das perdas de água depende de vários aspetos que influenciam a implementação das estratégias mais adequadas e efetivas para o respetivo controlo e redução. O nível de desenvolvimento económico do país, a consciência ambiental, as prioridades políticas dos governos, o nível empresarial das entidades gestoras e até mesmo os hábitos culturais das populações podem ditar as escolhas das políticas de intervenção.

As políticas institucionais centram-se essencialmente na perceção e na atitude em relação às perdas de água, o que, por sua vez, tem influência no investimento e na capacitação adequada das equipas de controlo e combate ativo de perdas. A atitude dos governos, das instituições nacionais e locais, das autoridades municipais e da própria comunidade condicionam fortemente não só a organização como a própria forma de operação dos sistemas de abastecimento. As influências de carácter político podem ser também muito relevantes – com efeito, evidenciar um serviço à comunidade materializado pela

ampliação de uma origem de água ou pela construção de um novo sistema de tratamento gera, nalguns casos, um maior retorno em termos de “visibilidade”, do que a implementação de uma política de deteção de fugas, que tende a gerar resultados no médio prazo.

Assim, importa promover preferencialmente a consciencialização do público e dos clientes para a realidade da escassez do recurso água, bem como apoiar a crescente cobertura deste tema por parte dos media. As mudanças de posição em torno das questões da água que se têm vindo a registar nos tempos mais recentes, a regulação do setor da água e, inclusive, a criação de planos de apoio a países em desenvolvimento, têm contribuído para incentivar uma nova forma de intervenção orientada para a redução das perdas de água, em todos os quadrantes do globo.

Neste contexto, a sustentabilidade ambiental e económica, traduzida na necessidade de uma maior eficiência dos sistemas de abastecimento de água, pressiona os governos e as entidades gestoras a definir e implementar estratégias que lhes permitam melhorar o desempenho dos seus sistemas. Os desafios ditados pelas novas políticas de poupança de água e pela perceção de um cliente mais exigente constituem incentivos para colocar em prática estratégias de controlo e combate às perdas de água que reconhecidamente permitem a obtenção de mais-valias económicas e de maior eficiência ecológica, conduzindo à melhoria global do serviço.

Estas estratégias de redução de perdas devem considerar uma cuidadosa articulação entre o investimento necessário para as colocar em prática e os custos de exploração, operação e reparação de fugas, no sentido de estabelecer a melhor relação custo-benefício, que determina o ponto de arranque ou a alavancagem para a implementação de determinada estratégia de controlo de perdas.

As principais razões que justificam a implantação de uma estratégia de combate às perdas de água são:

- Maior eficiência na gestão com benefícios em termos de redução de custos de operação e de capitais;
- Redução do stresse ecológico;

- Melhorias na medição e faturação - uma vez que uma menor ocorrência de roturas e melhor nível de desempenho podem ter resultados positivos no valor das fugas aparentes;
- Diminuição de danos estruturais - uma vez que as fugas podem causar espaços vazios no subsolo e, conseqüentemente, danos em estradas e edifícios;
- Redução da carga nos esgotos - visto que a água perdida normalmente se infiltra no sistema de saneamento e conseqüentemente aumenta o caudal afluente às Estações de Tratamento de Águas Residuais;
- Melhoria da satisfação do cliente através da melhoria da qualidade do serviço e da garantia de água em quantidade, qualidade e pressão suficientes - uma vez que as fugas e roturas podem resultar numa diminuição da pressão;
- A redução dos riscos para a saúde e uma maior segurança no abastecimento - já que a proximidade do esgoto e outros poluentes é real e a infiltração de um destes poluentes no sistema de abastecimento de água para consumo humano através de roturas pode resultar em doenças, no caso de sistemas com baixa pressão e, sobretudo, de operação intermitente.

O sucesso de uma estratégia de redução de perdas corresponde, na prática, ao aumento das disponibilidades de água, permitindo evitar ou postecipar a necessidade de recorrer a novas origens de água, tais como a construção de barragens, novos furos, captações ou mesmo à dessalinização, soluções que implicam investimentos geralmente elevados e, portanto, muito superiores aos inerentes à implementação de um plano estratégico de combate às perdas.

Em casos extremos, a redução do volume de água a captar do meio hídrico pode constituir a única alternativa viável para garantir a continuidade do abastecimento, implicando a implementação de programas de redução das perdas, conjugados com técnicas de gestão da procura e de conservação da água e com programas de sensibilização pública e do cliente.

2.2.2 Resenha histórica das abordagens de redução de perdas

O conceito de controlo de perdas de água surgiu desde a construção dos primeiros sistemas de abastecimento, associado, normalmente, à garantia da eficácia do sistema de abastecimento, uma vez que as roturas, para além de gerarem uma perda de água implicavam também suspensão do abastecimento, com prejuízos para a população. Da lógica de eficácia passou, progressivamente, para uma lógica de eficiência, motivada pelas perdas de água que, assim, não estava disponível para gerar receita, apesar de gerar custos.

Datam de 1850 as primeiras atividades de sondagens acústicas, vulgarmente apelidadas de "escutas", para procurar evidências de fugas em ramais ou condutas enterradas. O primeiro método desenvolvido, neste âmbito, baseava-se nos mesmos princípios que são aplicados hoje em dia. Com efeito, era então usada uma vara de madeira que, uma vez colocada sobre a conduta ou qualquer acessório da rede, permitia ao operador escutar o som de uma eventual fuga de água. Era um método com custos de operação reduzidos e com um sucesso aceitável em condutas metálicas, o material utilizado à época.

A maior limitação deste tipo de atividade era a procura de fugas de forma não direcionada, uma vez que toda a rede era examinada indiscriminadamente. O ponto de viragem ocorreu quando a atividade de deteção de fugas foi separada em duas fases distintas: a designada macro-localização (do inglês, *leak localising*), que se foca na identificação e priorização das áreas a intervir ao nível da Zona de Monitorização e Controlo (ZMC) ou subzona da mesma, e a micro-localização (*leak locating*), ao nível da zona envolvente da potencial fuga e finalmente, a marcação do local da fuga (*pin-pointing*), que inclui as atividades de identificação efetiva do local exato da fuga.

A partir dos anos trinta do século vinte surgiram os primeiros estudos que incidiam sobre zonas delimitadas das redes de distribuição nas quais o caudal de entrada era medido através de um medidor de caudal temporário. No interior destas zonas podiam ser efetuados fechos sequenciais com o objetivo de quantificar os consumos

em diferentes parcelas da zona em estudo. Os fechos sequenciais decorriam tipicamente durante a noite e resultavam na diminuição progressiva da dimensão da zona monitorizada através do fecho de válvulas e medição contínua. Desta forma, o pin-pointing só era efetuado em zonas delimitadas e com maiores consumos. A partir dos anos oitenta iniciou-se a criação de Zonas de Monitorização e Controlo em contínuo, permitindo a implementação de uma estratégia pró-ativa de controlo de perdas. Na década de noventa surgiram os primeiros loggers acústicos que evitavam trabalhos noturnos de deteção, manobras de válvulas e, sobretudo, o corte no abastecimento aos clientes.

Relativamente à fase da micro-localização, em meados dos anos sessenta, as varas de madeira - e as varetas metálicas suas sucedâneas - deram lugar a microfones ou geofones que, colocados no solo sobre as condutas da rede, amplificavam o ruído facilitando a deteção e localização das fugas. Nos anos setenta apareceram os primeiros equipamentos de correlação acústica que melhoraram a obtenção de resultados na deteção de fugas relativamente à utilização das varetas de escuta. Estes equipamentos, que também utilizam o método de de-

teção acústica das fugas, realizam autonomamente um complexo cálculo matemático para determinação do local exato da fuga, apresentando o resultado de forma expedita e de simples interpretação ao operador. Até finais dos anos noventa os correladores acústicos evoluíram bastante, transformando-se em instrumentos ainda mais amigáveis, portáteis e rápidos na localização de fugas. Em 2002 foram introduzidos os primeiros correladores com tratamento digital do ruído, tornando-se esta tecnologia ainda mais fiável e com maior campo de aplicação.

Atualmente está disponível uma técnica inovadora de deteção e localização de fugas por um método não acústico, que se desenvolve pelo traçamento com gás inerte e inócuo, especificamente injetado na zona a intervir. Esta técnica, embora mais dispendiosa e morosa, tem revelado resultados extremamente fiáveis, reservando-se a sua utilização em situações excepcionalmente difíceis de deteção, nomeadamente em ramais domiciliários ou condutas não metálicas de baixo calibre, onde a aplicação das técnicas acústicas tem revelado taxas de sucesso mais reduzidas.

Na [Figura 2.3](#) explicita-se a evolução cronológica das técnicas de deteção de fugas.

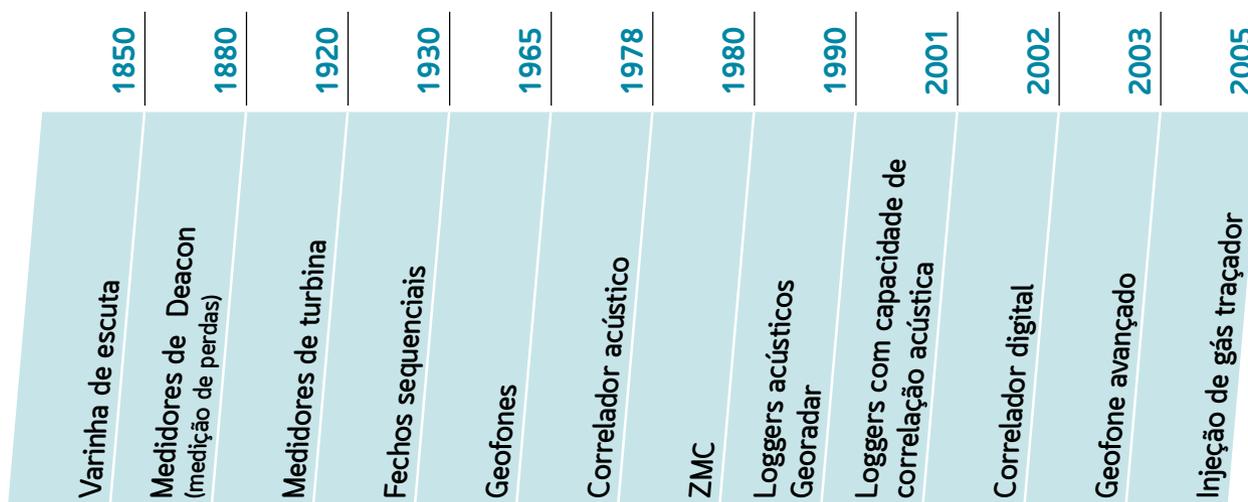


Figura 2.3 Evolução cronológica das técnicas de deteção de fugas

2.2.3 Políticas mais relevantes adotadas

O reconhecimento, por parte dos países, agências governamentais e entidades gestoras, da importância de implementação de políticas de controlo de perdas conduziu a que o tema seja objeto de análise em diferentes fóruns, quer numa perspetiva técnica quer de enquadramento legal.

a) A nível internacional

Os relatórios sobre Gestão de Fugas, publicados pela *United Kingdom Water Industry Research (UKWIR)* em 1994 no Reino Unido, incluíam a apresentação e sistematização de metodologias consistentes que permitiram compreender, medir e reduzir as perdas nas redes de distribuição. Estes relatórios foram o ponto de partida para uma mudança de atitude por parte da indústria da produção e distribuição de água, orientando progressivamente a forma de atuação no sentido da gestão de perdas nos sistemas. A maior ênfase atualmente observada neste tema resulta no conseqüente desenvolvimento de um elevado número de atividades de investigação, sendo que uma das maiores preocupações consiste essencialmente na capacidade das entidades gestoras em medir e avaliar os níveis de desempenho das suas redes de abastecimento de água.

A *International Water Association (IWA)*, fundada em 1999 como organização sem fins lucrativos, tem como objetivo observar todas as fases do ciclo da água, servindo uma rede internacional de profissionais da água através da investigação e desenvolvimento das "melhores práticas" para a gestão sustentável da água. A associação tem mais de 10 000 membros em cerca de 130 países e é anualmente anfitriã centenas de conferências e seminários especializados nos vários aspetos da gestão da água.

Em Junho de 2003 a IWA formou a *Water Loss Task Force*, constituída por um grupo de especialistas na operação e manutenção de sistemas de abastecimento, organizados em seis equipas de investigação que focaram a sua atividade em diversos temas relacionados com a abordagem prática à redução das perdas de água: Controlo Ativo de Fugas, Zonas de Monitorização e Controlo,

Gestão e Controlo de Pressão, Desenvolvimento de Indicadores de Desempenho para a comparação entre sistemas, Avaliação das Perdas Reais e Perdas Aparentes. Na sequência dos trabalhos desenvolvidos pela *Water Loss Task Force*, que atualmente passou ser o *Water Loss Specialist Group*, a IWA iniciou a publicação de uma série de artigos sobre os resultados das experiências e de orientações para "boas práticas de gestão" na revista *Water21*. Estes artigos têm como destinatário final todo o tipo de grupos governamentais do setor da água, entidades gestoras e os seus empregados, indivíduos ou empresas associadas e representantes da comunidade em todos os níveis de governo, incluindo agências nacionais e internacionais, visando combater o problema das perdas de água e, sobretudo, reduzir a procura futura de água.

Os estudos publicados e divulgados neste âmbito têm-se constituído como importantes bases de trabalho, a partir das quais são definidos e aplicados os conceitos gerais, as boas práticas, indicadores de desempenho e as principais formas de atuação sobre a problemática das perdas de água.

Face à crescente consciencialização relativamente à conservação dos recursos hídricos foi também promovido, pelos participantes na 3ª EU Water Conference, o desenvolvimento de uma estratégia para as políticas da água na União Europeia - "*Blueprint to safeguard Europe's water resources*", publicada em 2012 pela Comissão Europeia. Trata-se de uma matriz destinada a preservar os recursos hídricos da Europa, orientada sobretudo para o problema das fugas nas redes de distribuição de água. A Comissão refere que "estas questões deverão ser abordadas caso a caso, para avaliar os benefícios ambientais e económicos de reduzir os respetivos níveis de perdas. A situação é muito diferente entre os Estados-Membros e no interior dos mesmos, podendo as taxas de perdas de água variar entre 7% e 50%, ou mesmo mais. A Comissão colaborará com a indústria da água da UE a fim de acelerar o desenvolvimento e a difusão das melhores práticas no que respeita aos níveis de fugas economicamente sustentáveis (*SELL - Sustainable Economic Level of Leakage*) e, de um modo mais geral, a definição de uma visão estratégica para o futuro das infraestruturas de abastecimento da água, a fim de ajudar o setor na

adaptação às alterações climáticas num mundo em que os recursos são cada vez mais escassos”.

A ação proposta na matriz definida consiste na divulgação, a cargo da Comissão, Estados-membros e setor da água, das melhores práticas e instrumentos para alcançar um nível de fugas economicamente sustentável. De modo a facilitar a aplicação das medidas propostas foram criados instrumentos de suporte financeiro, constituídos por um Fundo Estrutural e de Coesão e por uma linha de empréstimos do Banco Europeu de Investimentos (BEI) entre 2014 a 2021.

b) Em Portugal

Na perspetiva da avaliação da eficiência no uso da água e na sequência da resolução do Conselho de Ministros nº113/2005, foi publicado em Diário da República que Portugal “tem vindo [...] a desenvolver um esforço de planeamento” com esse objetivo. De facto, foi desenvolvido um importante esforço interministerial e interdepartamental visando estabelecer as linhas orientadoras de um Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), iniciativa prevista, aliás, no Plano Nacional da Água. Este Programa, que importa consolidar e colocar em prática de forma efetiva, pretende contribuir para uma nova abordagem aos temas da água em Portugal, no quadro do conceito de desenvolvimento sustentável. Com efeito, foi orientado segundo políticas que visam o uso eficiente, racional e parcimonioso do recurso água e a preservação da sua boa qualidade ecológica, para que Portugal possa dispor dos recursos hídricos de que necessita num horizonte transgeracional.

O Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água, que tem sido sujeito a sucessivas atualizações em linha com as principais diretivas europeias, assenta sobre quatro áreas programáticas, compreendendo cada uma delas um conjunto de ações. As ações desenvolvidas compreendem a medição e reconversão de equipamentos de utilização na água, sensibilização, informação e educação, regulamentação e normalização e formação e apoio técnico. São atribuídas responsabilidades a diferentes organismos participantes e setores ou grupos de utilizadores, sendo proposto um conjunto de medidas que permitem

uma melhor utilização deste recurso e adicionalmente a redução das águas residuais e dos consumos energéticos e reagentes associados, contribuindo assim para um menor impacto ambiental. O estabelecimento destas prioridades tem sido reavaliado à escala regional em função da razão entre necessidades e disponibilidades de água. A definição de metas para o PNUEA passou pela definição de um indicador que traduz a eficiência de utilização da água em qualquer dos setores considerados, tornando direta, transparente e simples a comparação entre metas e resultados obtidos.

No âmbito do PNUEA, identificou-se, em 2009, que o desperdício de água associado ao sistema de condução de água é ainda muito elevado, embora diferenciado em cada setor de utilização: 25% no uso urbano, 38% no uso agrícola e 23% no uso industrial. Esta ineficiência no uso da água é especialmente gravosa em períodos de escassez hídrica. Por razões ambientais, económicas e éticas tornou-se imperativo criar um conjunto de objetivos nacionais no sentido de:

- Melhorar a eficiência de utilização da água em Portugal sem pôr em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país;
- Minimizar os riscos de rotura decorrentes da carência de água, em situação hídrica normal, potenciada durante os períodos de seca;
- Desenvolver uma nova cultura da água em Portugal que valorize de forma crescente este recurso, contribuindo para o desenvolvimento humano e económico e para a preservação do meio natural, numa ótica de desenvolvimento sustentável.

Em termos práticos, as metas definidas, em 2014 pelo PNUEA para 2020, relativamente ao desperdício de água associado ao sistema de condução, apontam para valores de 20% de perdas em meio urbano, 35% em meio agrícola e 15% em meio industrial. Os destinatários destas metas são designadamente as entidades gestoras, públicas ou privadas, responsáveis pela exploração de infraestruturas de abastecimento de água e os utilizado-

res finais, clientes domésticos ou de unidades coletivas urbanas, unidades agrícolas e industriais.

As perdas de água estão a assumir um papel central nas preocupações das entidades gestoras em Portugal. Neste sentido, tem-se dado maior relevo à necessidade da redução das perdas através de campanhas de combate às fugas e de renovação da rede. Para além do combate às perdas reais, sabe-se que existe uma parcela significativa de perdas económicas ou aparentes nos sistemas de abastecimento que estão normalmente associadas ao consumo excessivo de água e que frequentemente resulta de costumes locais combinado com um tarifário baixo ou políticas inadequadas de medição. Esta parcela de perdas aparentes deverá ser sistematicamente reduzida com a introdução de políticas de gestão da procura de maior incentivo à preservação do recurso água. Muitas empresas adotam ainda programas de encorajamento e sensibilização dos clientes para um uso eficiente deste recurso. Conjuntamente, estes programas deverão fazer parte da estratégia global para conservação dos recursos hídricos.

Em Portugal, ainda antes do maior destaque atribuído à problemática das perdas motivado pelo estabelecimento do PNUEA, já a EPAL demonstrava uma preocupação especial nesta temática a qual era motivada pelo facto da procura exceder a capacidade de oferta que a empresa então dispunha.

Assim, em meados dos anos 90, quando as perdas no seu sistema de abastecimento eram relativamente constantes e da ordem dos 25%, a empresa procedia já à realização de campanhas sistemáticas de deteção acústica de fugas em zonas de estudo temporariamente implementadas na rede.

Na EPAL, as referidas perdas atingiam, na viragem do século, um volume global anual da ordem de 50 milhões de metros cúbicos de água não faturada, dos quais aproximadamente 38 milhões de metros cúbicos eram perdidos na rede de distribuição (Figura 2.4)

Perante o cenário anteriormente descrito, a EPAL decidiu, no início da década de 2000, colocar em prática uma estratégia efetiva de controlo e redução de perdas de água, centrada nos aspetos críticos:

- promoção de melhoria da qualidade do cadastro registado no SIG (Sistema de Informação Geográfica) e compatibilização de informação daquele Sistema com o Sistema de Gestão de Clientes (AQUAMATRIX®);
- intensificação da renovação e de reabilitação da rede de distribuição de Lisboa, tendo por base metodologias de decisão progressivamente mais consistentes e sustentadas sobre as prioridades de intervenção.

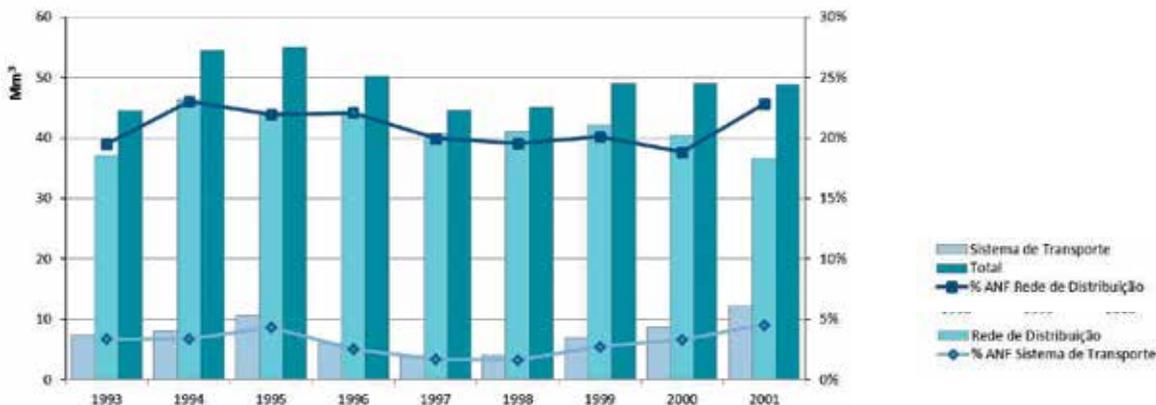


Figura 2.4 Evolução das perdas no sistema da EPAL na década de 90

Tais medidas levaram a que, em 2002, o volume anual de Água Não Faturada na rede de distribuição de Lisboa representasse 25% da água entrada na rede, pelo que se impunham medidas adicionais, como o desenvolvimento e implementação de um sistema controlo ativo de perdas de água, reforçando a abordagem baseada na setorização da rede de distribuição em Zonas de Monitorização e Controlo (ZMC) e na sua gestão em contínuo.

Neste contexto, em 2005, a empresa definiu como objetivo base a redução da Água Não Faturada na rede de distribuição de Lisboa para valores sustentáveis, estabelecendo como meta atingir, até 2010, níveis de perdas inferiores a 15%, o que implicou reforçar valores como a inovação, experiência, sustentabilidade, eficiência, otimização e economia, baseando-se em seis vetores fundamentais de atuação:

- Setorização e monitorização em contínuo da rede;
- Desenvolvimento de sistemas de análise utilizando recursos internos;
- Otimização do processo de Controlo Ativo das Fugas;
- Melhoria contínua baseada na experiência e nos resultados;
- Processo de análise simples e eficaz face à complexidade dos sistemas de distribuição;
- Enfoque no essencial e controlo efetivo de custos.

Complementarmente foi desenvolvida uma aplicação informática específica para controlo ativo de perdas, *WONE - Water Optimization for Network Efficiency* a qual, presentemente, também é utilizada para apoiar outras entidades gestoras.

O desenvolvimento do projeto requereu um investimento global na ordem de 2 milhões de euros, incluindo a construção de pontos de monitorização, instalação de medidores de caudal e equipamentos de telemetria, a reestruturação das ações de deteção de fugas e a orga-

nização e formação de equipas para a análise da rede, o desenvolvimento do modelo hidráulico da rede de distribuição, bem como o desenvolvimento da aplicação informática WONE. Foi, também, possível rever estratégias de investimento, procedimentos de intervenção de reparação e implementar diversas otimizações ao nível do modelo hidráulico da rede, que tem por base o EPANET.

Este pequeno investimento gerou enormes benefícios económicos em termos da tremenda redução das perdas de água na rede de Lisboa, conforme evidenciado na [Figura 2.5](#).

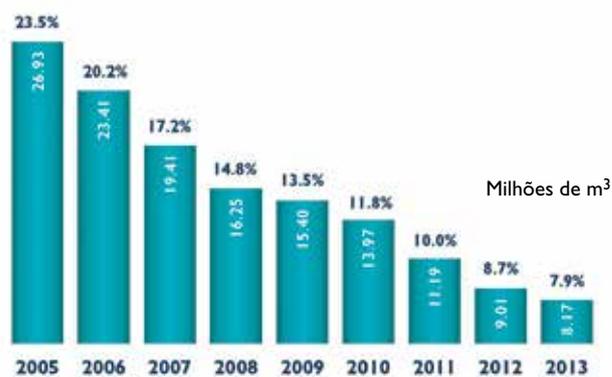


Figura 2.5 Evolução das perdas na rede de distribuição de Lisboa

Para além dos aspetos mencionados, as vantagens aportadas ao nível da eficiência pela redução de perdas de água comportam repercussões positivas para todos os stakeholders envolvidos, nomeadamente clientes/sociedade, regulador e acionista, a diferentes níveis:

- **ambiental**

Por permitir reduzir os caudais captados, diminuir os consumos de energia e de reagentes, evitando, com base em valores acumulados entre 2005 e 2013, a emissão de 21.000 t equivalentes de CO₂. Como foi referido anteriormente, houve uma diminuição drástica no consumo de energia necessária à produção de água distribuída na rede e no consumo de reagentes para o tratamento, trans-

formando a empresa numa entidade muito menos poluente e com uma pegada ecológica menor.

- **económico-financeiro**

A implementação do projeto permitiu, entre 2005 e 2013, uma redução acumulada da ANF na rede de distribuição da cidade de Lisboa de cerca de 98 milhões de metros cúbicos de água que deixaram de entrar na rede de distribuição, volume que corresponde, considerando o preço da venda de água, a uma valorização da ordem de 48 milhões de euros. Estes valores incorporam uma redução global, no mesmo período, de 57 milhões de kWh no consumo de energia e de 5,7 milhões de toneladas de reagentes químicos necessários à produção de água potável. Para além destes indicadores, outros ganhos financeiros foram obtidos, contudo não são quantificáveis mas, incluem a redução de número de intervenções de reparação não programadas, que são consideradas dez vezes mais dispendiosas que as planeadas, um aumento do conhecimento acerca da rede de distribuição, dos hábitos de consumos dos clientes e também um aumento na qualidade de serviço oferecida ao cliente final. Paralelamente, ganhos financeiros foram garantidos através da redução nos investimentos estratégicos efetuados pela

empresa, resultado da análise dos dados provenientes do WONE com objetivo de verificar a real necessidade de investimento nos ativos.

- **social**

O incremento da eficiência da empresa permitiu ganhos líquidos e valor acrescentado para o cliente, nomeadamente através da moderação tarifária. Os ganhos económicos, financeiros e ambientais possibilitaram um aumento nos níveis de eficiência e eficácia da empresa, que consequentemente criaram ganhos na rede e adicionaram valor para o cliente. Dado o aumento da sustentabilidade financeira da empresa foi possível, durante o ano de 2013, criar um tarifário social que beneficiou um número significativo de famílias em Lisboa, com dificuldades financeiras exacerbadas pela crise mundial.

Adicionalmente, a grande redução dos volumes de perdas verificados na rede de distribuição de água da cidade de Lisboa na última década permitiu posicioná-la no restrito grupo das cidades mais eficientes do mundo a este nível. O gráfico da [Figura 2.6](#), que explicita os níveis de perdas de água em diversas importantes cidades do mundo que enfrentam o mesmo desafio, permite ilustrar a situação referida.

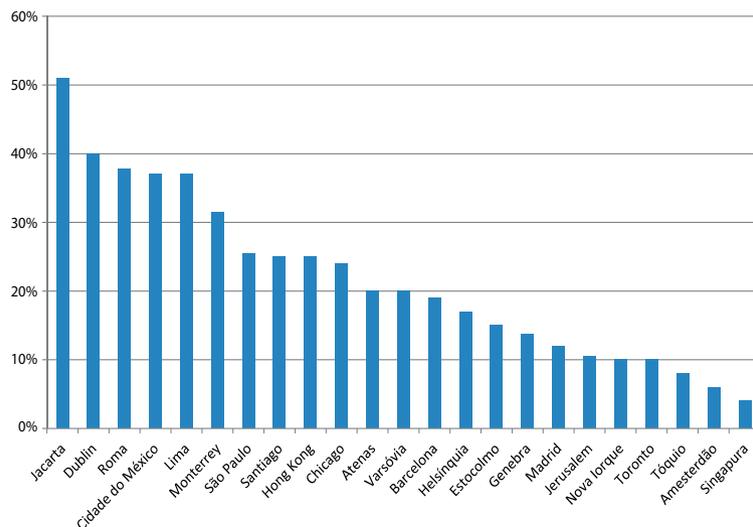


Figura 2.6
Comparação dos níveis de perdas de água entre várias grandes cidades (fonte: Swan - Smart Water Network Forum, 2011)



3. Definição e Quantificação das Perdas de Água

3.1 Balanço Hídrico

3.1.1 Principais conceitos e definições

A ocorrência de perdas de água é inerente a todos os sistemas de distribuição. O volume perdido traduz a quantidade de água que, tendo sido introduzida no sistema, não chega, por diversas razões, a ser entregue ou faturada ao cliente final. Considera-se ainda que o volume de perdas depende das especificidades de cada sistema, em particular da condição das infraestruturas e da sua operação e manutenção, apresentando-se a sua determinação como um desafio só superado pelo desafio ainda maior que é reduzir as perdas de água.

A IWA, confrontada com a necessidade de avaliar o volume das perdas de água e os seus componentes e, assim, permitir uma comparação internacional entre os desempenhos de diferentes entidades gestoras, desenvolveu uma série de estudos neste sentido, no âmbito do grupo *Water Loss Task Force*. Em 2000 apresentou a ferramenta que veio a constituir-se como base de toda a análise que se efetua em torno desta temática – o balanço hídrico. Agregado ao conceito de balanço hídrico surge um conjunto de definições das componentes relativas aos con-

sumos e perdas de água nos sistemas de abastecimento, que são articuladas e esquematizadas no respetivo quadro do balanço.

A metodologia de cálculo estabelecida ajuda a subdividir o volume de água que entra no sistema em componentes que podem ser individualmente medidos ou estimados para se completar o quadro do balanço hídrico, conforme ilustrado na [Figura 3.1](#).

O significado de cada um dos componentes do balanço hídrico é o seguinte:

- **Volume de água no sistema** - volume anual de água que entra no sistema de distribuição;
- **Consumo autorizado** - volume anual de água medido ou não medido mas que foi efetivamente consumido pelos clientes, pelo próprio fornecedor ou por aqueles que estão autorizados implícita ou explicitamente a consumir tais como compromissos sociais assumidos e a utilização legítima do serviço de incêndios. Inclui-se ainda o volume de água que é exportada e as fugas existentes após o ponto de medição dos clientes;

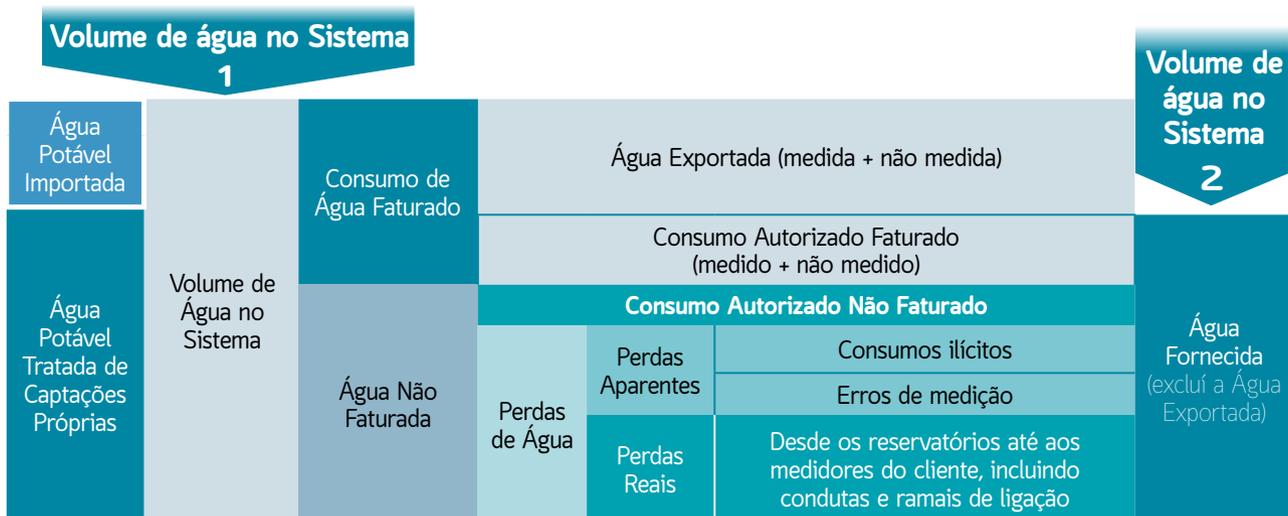


Figura 3.1 Balanço Hídrico, de acordo com a definição da *International Water Association*

- **Água não faturada (ANF)** - é a diferença entre o volume de água introduzido no sistema e o consumo autorizado que é efetivamente faturado. Assim, a ANF representa as perdas de água acrescidas de uma fatia que traduz o consumo autorizado não faturado;
- **Perdas de água** - a diferença entre o volume de água introduzido no sistema e o consumo autorizado, representando o conjunto das perdas reais e aparentes;
- **Perdas aparentes** - corresponde a consumos ilícitos e furtos. Pode ser estimado verificando o número de ligações ilícitas, o número de contadores avariados e utilizando estimativas de consumo per-capita para calcular o volume usado;
- **Perdas reais** - volume que anualmente se perde através de todo o tipo de fugas, roturas e extravasamentos das condutas, reservatórios e ramais, até ao ponto de medição do cliente.

A estimativa das perdas é obtida através da comparação entre o volume produzido ou transferido, a partir de um ponto do sistema, e o consumo autorizado ou rece-

bido num ou mais pontos do mesmo sistema. A água não faturada inclui todas as perdas, reais e aparentes.

$$\text{Água Não Faturada (ANF)} = \text{Perdas Totais} + \text{Consumo Autorizado Não Faturado}$$

$$\text{Perdas Totais} = \text{Perdas Reais} + \text{Perdas Aparentes}$$

O cálculo de ANF pode ser apresentado em volume, como anteriormente indicado, ou, como sucede frequentemente, em percentagem:

$$\% \text{ Água Não Faturada} = (\text{Volume Não Faturado} / \text{Volume de Água entrado no sistema}) \times 100$$

A noção de perdas é ilustrada graficamente na [Figura 3.2](#).

O balanço hídrico e as definições das suas componentes constituem a solução de cálculo e avaliação das perdas mais unânime, tendo vindo assumir-se como a base para a comparação nacional e internacional do desempenho das redes de abastecimento.

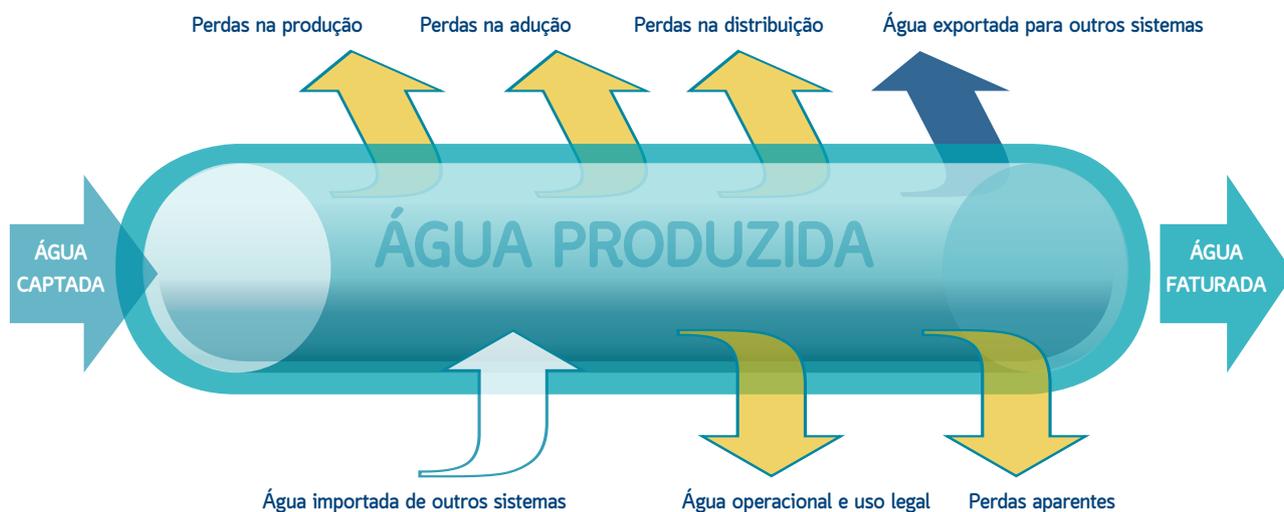


Figura 3.2 Fluxograma das principais influências num sistema de abastecimento

Uma boa gestão de um sistema de abastecimento deve contemplar o controlo e monitorização permanente dos respetivos fluxos de caudal, de forma a permitir, por um lado, o correto cálculo de água não faturada e, por outro lado, a identificação de potenciais perdas de água.

Apesar da percentagem de água não faturada ser o indicador largamente mais comum e mais facilmente perçecionado por todos os intervenientes, o uso das percentagens para quantificar água não faturada deve ser utilizado com cautela quando se pretende utilizar esse indicador para efetuar comparação de desempenho entre diferentes entidades.

Tendo em conta que a dimensão e condicionalismos das empresas são muito diversos, a confrontação direta entre os volumes não faturados não permite estabelecer qualquer termo de comparação ao nível do desempenho, pelo que a água não faturada é frequentemente expressa pela percentagem do volume de água entrada no sistema.

Complementarmente têm vindo a ser estabelecidos diversos outros indicadores com diferentes níveis de sofisticação, cujo objetivo visa permitir o *benchmarking* entre entidades gestoras.

3.1.2 Métodos de cálculo

A IWA preconiza o cálculo dos volumes do balanço hídrico previamente à determinação de indicadores de desempenho. Este cálculo tem por base o volume global de água introduzido no sistema, a quantificação do consumo autorizado faturado e não faturado, medido ou não medido, conduzindo à determinação dos volumes de perdas aparentes e reais, termo que, na prática, pretende designar perdas físicas. A base de cálculo deverá ser anual (12 meses completos), minimizando eventuais discrepâncias temporais entre os locais de medição e de faturação.

O balanço hídrico deverá basear-se, preferencialmente, na medição efetiva de volumes. No entanto, sempre que não exista uma medição fiável, devidamente verificada metrologicamente, devem ser feitos todos os esforços

para se avaliar de uma forma tão rigorosa quanto possível cada componente dos volumes e consumos de água, estimando, de forma realista, as componentes do balanço hídrico.

Os métodos utilizados para determinação das componentes estimadas deverão ser definidos e registados, bem como ser objeto de melhoria contínua. Estes volumes, calculados ou estimados, são passíveis de erro e incertezas que podem ter uma maior ou menor extensão e que vão ser considerados na parcela do volume relativo à água não faturada e perdas reais.

Para a valorização das componentes das perdas, nomeadamente as perdas reais e aparentes, devem ser utilizadas abordagens complementares para que o cálculo e os resultados apurados possam ser credíveis. São consensualmente aceites as seguintes abordagens para determinação das perdas:

- **Abordagem Top-Down** – efetuada com base na informação existente, é suportada essencialmente por trabalho de gabinete, a partir de uma série de estimativas, não existindo praticamente trabalho de campo.

Esta abordagem inicia-se por uma macro análise das perdas que avalia a necessidade de intervenção para a globalidade da rede. Para tal são analisados os volumes entrados no sistema através de medição, os consumos autorizados faturados e não faturados e as perdas aparentes devidas a ligações ilegais e potenciais erros de medição.

A análise evolui, assim, da globalidade do sistema para áreas menores, o que implica a determinação gradual das perdas aos vários níveis de discretização. Nesta abordagem as perdas são calculadas a partir da medição das diversas entradas do sistema, deduzidos os valores obtidos pelos sistemas de faturação de clientes.

- **Abordagem Bottom-Up** – aplicada em casos de sistemas setorizados e dotados de medição em contínuo, onde é possível calcular o volume das

perdas reais a partir dos valores de caudais noturnos (OFWAT, 2001). Esta abordagem servirá como contraponto ao valor de perdas reais que foram calculadas pela abordagem *Top-Down* e baseia-se na análise do Caudal Mínimo Noturno obtido do terreno com um elevado valor de certeza. No entanto, esta abordagem implica um elevado conhecimento da rede e um nível de gestão mais sofisticado em termos do controlo da rede.

Na **Figura 3.3** apresentam-se, esquematicamente, as duas abordagens mencionadas.

A convergência dos valores obtidos por estas duas abordagens dará credibilidade aos resultados do balanço hídrico ou, no limite, permitirá auxiliar uma avaliação mais apurada das incertezas encontradas.

Para que seja possível adotar esta abordagem, a rede deve ser progressiva e adequadamente estruturada e equipada, de acordo com as suas condições normais de funcionamento, sendo analisada de forma setorizada através de ZMC instaladas permanentemente. Neste âmbito, a construção de um modelo hidráulico assume um papel determinante para uma melhor compreensão do funcionamento da rede, otimizando a sua setorização e a subsequente estimativa de caudais agregados a cada função ou zona da rede analisada.



Figura 3.3 Abordagens *Top-Down* e *Bottom-Up*

3.2 Perdas Reais

3.2.1 Caracterização das perdas reais

As perdas reais, ou perdas físicas, correspondem ao volume, de água perdido na rede e nas infraestruturas de uma entidade gestora. Estas perdas encontram-se ainda divididas em diferentes subcategorias no quadro do balanço hídrico, em função do local onde ocorre a fuga de água, designadamente:

- Fugas em condutas de adução ou distribuição;
- Fugas nas paredes ou pavimento dos reservatórios e o extravasamento dos mesmos;
- Fugas nos ramais de ligação, até 1 metro e enterados.

Neste contexto importa ter em conta o conceito de perda, que corresponde, em termos gerais, a cada uma das componentes das perdas físicas de água presentes no balanço hídrico.

As perdas ocorrem em todos os sistemas de abastecimento, variando grandemente no seu grau e dimensão e em função da situação de cada local. As perdas podem ser visíveis ou invisíveis, sendo que, no segundo caso, podem existir durante um período temporal indeterminado, que pode ser muito prolongado, sem que seja efetuada a sua deteção. Mesmo a simples deteção não permite quantificar o valor das perdas, pelo que, na grande maioria dos casos, é necessário executar testes e ensaios para conseguir uma quantificação com alguma precisão, registando esse processo para efeitos de auditoria.

Existem também outras definições de perdas de água, as quais estão associadas aos diferentes tipos de fugas que as provocam, a saber:

- **Perdas base** – ocorrem através de pequenas fugas, indetectáveis com os equipamentos de deteção correntemente disponíveis e tipicamente caracterizadas por caudais baixos, longa duração e, por isso, com grandes volumes perdidos;

- **Perdas por roturas** – caracterizadas por caudais elevados, curta duração, frequentemente visíveis e com estragos associados, a que correspondem volumes perdidos moderados;
- **Perdas por fugas não comunicadas** – caracterizadas por caudais médios, duração e volumes dependentes da abordagem de controlo de perdas que é seguida e, normalmente, passíveis de identificação através de controlo ativo de fugas.

A classificação das perdas resulta da experiência de observação das causas das mesmas. A dimensão da perda de água é fortemente influenciada pelas características das infraestruturas do sistema e da sua envolvente, bem como pela estratégia de deteção e reparação de fugas, pela gestão de operação e pela política e práticas da empresa. As causas mais relevantes para a ocorrência de perdas nas infraestruturas são:

- Estado das principais condutas de transporte e distribuição;
- Material, idade e cuidados no assentamento original das condutas;
- Número e qualidade das ligações de serviço ou ramais;
- Pressão de serviço a que o sistema é submetido e flutuações de pressão ao longo do dia;
- Número e estado dos órgãos e acessórios, como válvulas, ventosas e hidrantes;
- Estado dos órgãos de proteção contra os regimes transitórios hidráulicos;
- Proteção contra corrosão;
- Materiais utilizados nas reparações;
- Estado das fundações, lajes de soleira e das paredes dos reservatórios;

- Descargas de superfície ou "trop-plein";
- Condições geotécnicas e instabilização do solo;
- Cargas de tráfego automóvel ou outros veículos.

De todos os fatores apontados realça-se, pela sua relevância, a influência das pressões de serviço, cuja gestão influencia fortemente as perdas no sistema, sendo reconhecido que pressões elevadas:

- Implicam maior quantidade de água consumida, quer pelas roturas quer pelos clientes;
- Estão associadas a uma maior taxa de avarias/roturas em condutas e acessórios;
- Aumentam a probabilidade de ocorrência de regimes transitórios hidráulicos, nomeadamente no arranque e paragem de grupos elevatórios e na manobra de válvulas de seccionamento. Os regimes transitórios hidráulicos podem provocar roturas em condutas, deslocar blocos de ancoragem ou danificar juntas.

Em sistemas sujeitos a variações de pressão significativas e recorrentes existe maior tendência para a ocorrência de fadiga em tubagens e acessórios, especialmente quando concebidos em materiais plásticos. Por outro lado, uma maior eficácia na deteção acústica das fugas é conseguida com valores de pressão mais elevados, devido ao maior nível de ruído provocado pelo escape de água e que se propaga pelas condutas e órgãos da rede.

Uma estimativa adequada das perdas reais existentes numa rede pode ser conseguida pela aplicação de quatro metodologias distintas: análise *Top-Down* do balanço hídrico, análise dos caudais noturnos através da abordagem *Bottom-Up*, análise das componentes do balanço hídrico e uma combinação das anteriores.

No caso da abordagem *Top-Down*, assume-se que:

$$\text{Volume Perdas Reais} = \text{Volume entrado no sistema} - (\text{Volume consumo autorizado} + \text{Volume das perdas aparentes})$$

Esta abordagem está dependente do conhecimento de variáveis que não são facilmente mensuráveis ou estimadas, como é o caso do volume de perdas aparentes, relacionadas designadamente com falhas de medição ou roubos. Resulta assim que, nesta abordagem, uma parte do valor relacionado com as perdas aparentes permanece invariavelmente adicionado ao valor determinado para as perdas reais, sobrestimando-se o problema das perdas físicas no sistema.

Por este motivo considera-se muito recomendável uma aferição do volume das fugas através da combinação com outros métodos.

No caso da abordagem *Bottom-Up*, aplicável a sistemas setorizados e dotados de medição em contínuo, o volume das perdas reais é estimado com base na observação dos valores de caudal de abastecimento noturno às zonas em análise, observados tipicamente entre as 2h e as 4h, sendo depois extrapolados para as 24 horas de funcionamento. A IWA publicou o resultado de um conjunto de estudos sobre a estimativa do consumo noturno autorizado padrão, tendo por base a tipologia de cliente. Nesta abordagem, é essencial calcular o Fator Noite-Dia, que corresponde à relação entre a variação da pressão máxima presente na rede, normalmente durante o período noturno que corresponde à melhor estimativa das perdas, e a pressão mínima registrada durante os períodos de ponta. A [Figura 3.4](#) ilustra esta abordagem.

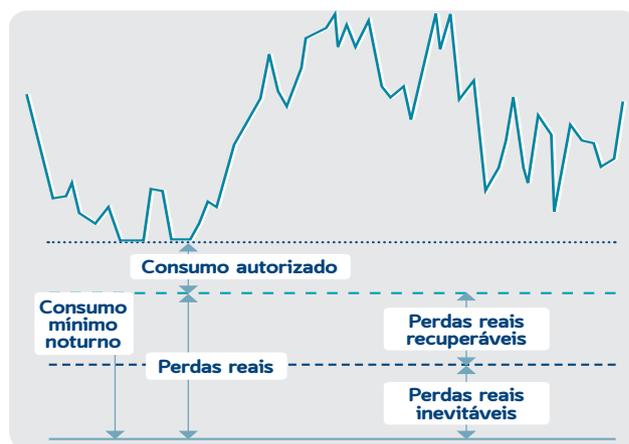


Figura 3.4 Abordagem *Bottom-Up* para determinação de perdas reais

Volume Perdas reais = (Consumo mínimo noturno - Consumo autorizado) X Fator Noite-Dia

Uma importante vantagem deste tipo de análise é a possibilidade de calcular o volume de perdas reais, quer para a globalidade do sistema quer para ZMC, permitindo a organização de um *ranking* e o alinhamento das áreas de acordo com as prioridades de intervenção. Este tipo de cálculo possibilita uma verificação dos valores obtidos pelo balanço hídrico e a determinação da relação entre a pressão na rede e o nível de perdas.

Para este efeito, a EPAL desenvolveu a aplicação WONE, vocacionada para o tratamento de dados de monitorização de ZMC e apoio à gestão de redes, que permite a implementação automática deste tipo de abordagem tal como é ilustrado no gráfico da [Figura 3.5](#), referente a uma ZMC da rede de distribuição de Lisboa.

ZMC - 3530 - Chelas ISEL

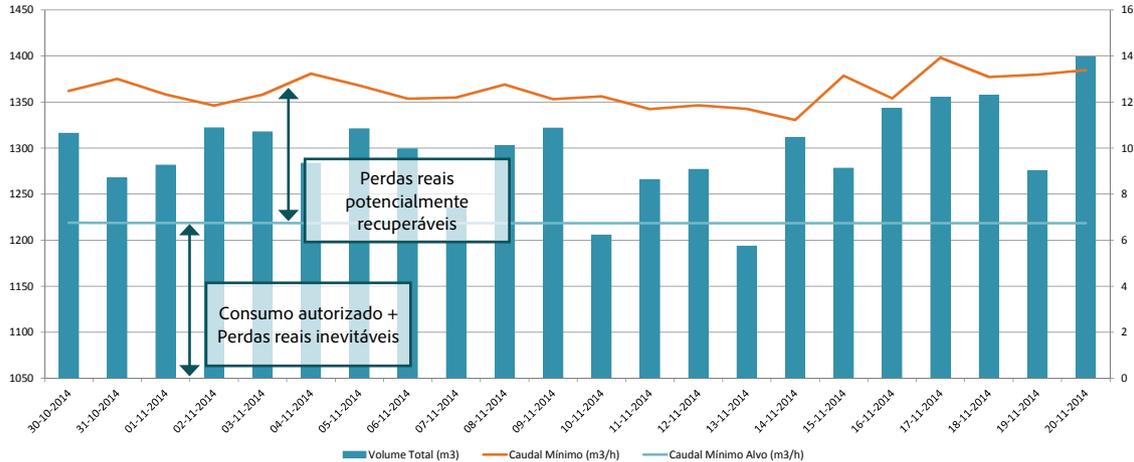


Figura 3.5 Consumos mínimo noturno e estimativa das perdas reais potencialmente recuperáveis

3.2.2 Gestão das perdas reais

As perdas reais, tal como as perdas aparentes, podem ser minimizadas mas não totalmente eliminadas. O objetivo será sempre atingir um nível de perdas reais que seja a menor combinação de custos entre o valor da água perdido por perdas reais e o custo das atividades

que são desenvolvidas com o objetivo de as minimizar. É este o conceito do Nível Económico de Perdas - NEP.

A IWA *Water Loss Task Force* identificou quatro linhas básicas de gestão das perdas reais:

- gestão da pressão;
- rapidez e qualidade das reparações;
- gestão dos ativos da rede;
- controlo ativo de fugas.

A [Figura 3.6](#) explicita as quatro vertentes principais focadas na redução das perdas reais.

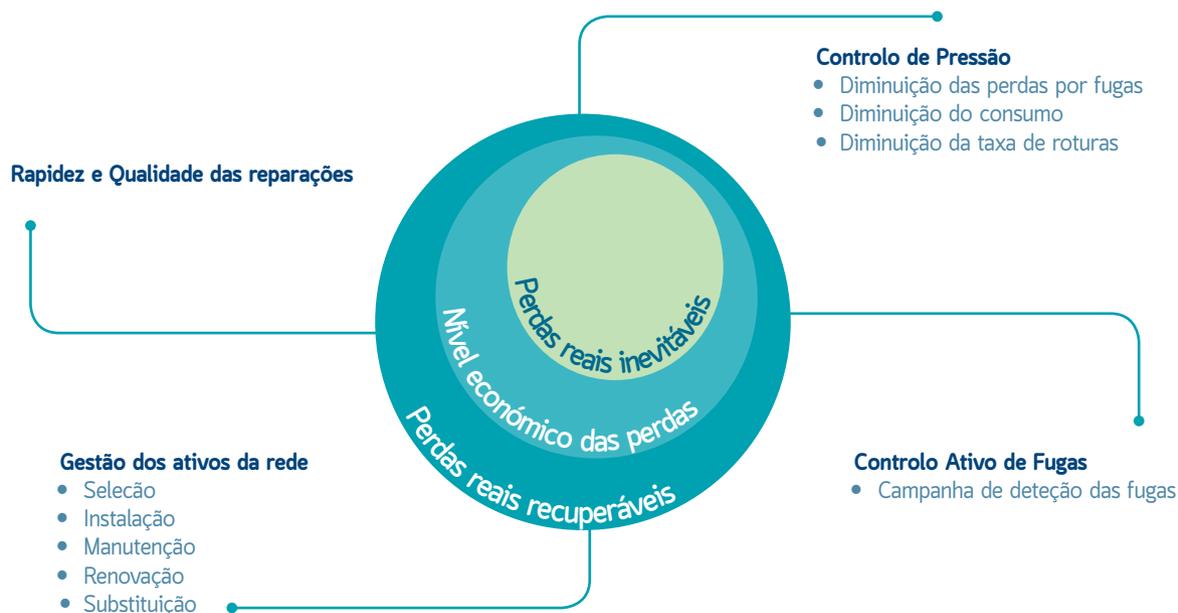


Figura 3.6 Vertentes principais da redução das perdas reais (IWA Water Loss Task Force)

30

A rapidez e qualidade das reparações efetuadas sobre as fugas detetadas na rede permitem a diminuição do volume de perdas e a garantia de que este se mantém em níveis controlados.

A implementação de um sistema de gestão integrado de ativos por parte das entidades gestoras contribui para assegurar o equilíbrio entre o desempenho, o custo e o risco dos ativos, podendo assumir um papel decisivo para adoção de políticas de manutenção, substituição ou renovação sustentáveis e efetivas.

O último vetor debruça-se sobre o controlo de ativo de fugas, principal objeto deste trabalho e para o qual se preconiza uma estratégia pró-ativa no sentido da redução das perdas de água através da deteção de fugas não visíveis. Este controlo é possível através da ação de equipas especializadas e da monitorização contínua do sistema de abastecimento.

No curto-prazo, a gestão das perdas reais deve ser feita ao nível da diminuição da duração das perdas, através da rápida intervenção sobre as fugas detetadas, e na melho-

O Controlo Ativo de Fugas é o ponto central deste documento e iniciou-se na EPAL de uma forma contínua e objetiva em 2005 com a implementação das primeiras Zonas de Monitorização e Controlo. A setorização da rede de distribuição através da criação de ZMC, a monitorização em contínuo da rede e a existência de uma equipa dedicada à análise do sistema de monitorização e à deteção de fugas foi determinante na redução sistemática da água não faturada na EPAL, verificada desde então.

ria da qualidade das reparações. Para obter resultados a médio e a longo prazo deverão ser promovidas ações no sentido da gestão da pressão, da gestão eficiente dos ativos da empresa e do controlo ativo de fugas, diminuindo assim efetivamente as perdas na rede.

O Controlo Ativo de Fugas é o ponto central deste documento, tendo sido implementado na EPAL de uma forma contínua e objetiva a partir de 2005, com a implementação das primeiras Zonas de Monitorização e Controlo. A setorização da rede de distribuição através da criação de ZMC, a monitorização em contínuo da rede e a existência de uma equipa dedicada à análise do sistema de monitorização e à deteção de fugas foi determinante na redução sistemática da água não faturada na EPAL verificada desde então.

3.3 Perdas aparentes

3.3.1 Caracterização das perdas aparentes

As perdas aparentes correspondem a volumes não contabilizados e não atribuíveis a fugas, sendo também designadas por perdas económicas ou comerciais. As perdas aparentes dividem-se, de acordo com o balanço hídrico, em duas componentes: consumos não autorizados, por exemplo, furto de água, e imprecisões na medição dos consumos, que podem incluir erros de medição e falhas no manuseamento dos dados. As perdas aparentes podem ser influenciadas por fatores sociais, culturais,

políticos e financeiros, entre outros, e podem requerer mudanças organizacionais e institucionais. Como tal são mais difíceis de localizar, sendo alvo de planos de ação a médio e longo prazo.

Assim, o controlo das perdas aparentes por parte das entidades gestoras passa, em grande parte, pela análise e subsequente resolução dos problemas associados aos consumos não autorizados, situação que esta diretamente relacionada com o conhecimento de número e localização de ligações ilegais existentes. Esta identificação pode ser obtida por estimativa, analisando uma zona piloto e extrapolando o valor para outras áreas. Consideraram-se consumos não autorizados todos aqueles que incluam ligações ilegais ou roubos causados por uma utilização abusiva de hidrantes e bocas de incêndio. Por seu turno, as ligações legítimas podem originar perdas aparentes decorrentes de faturação não informada, ou não registada na base de dados, ou informada mas não acionada de forma intencional ou accidental.

Com o objetivo de diminuir o número de ligações desconhecidas e de compatibilizar o cadastro físico da empresa com o sistema de faturação, foi levado a cabo pela EPAL um Plano de Levantamento e Compatibilização de Ramais. Este projeto teve um grande impacto ao nível da identificação de consumos ilegais e contribuiu muito significativamente para a qualidade das análises efetuadas no âmbito do Controlo Ativo de Fugas, designadamente no aumento da fiabilidade ao nível da identificação de clientes e respetivos consumos.

Com o objetivo de diminuir o número de ligações desconhecidas e de compatibilizar o cadastro físico da empresa com o sistema de faturação, foi levado a cabo pela EPAL um Plano de Levantamento e Compatibilização de Ramais. Este projeto teve um grande impacto ao nível da identificação de consumos ilegais e contribuiu muito significativamente para a qualidade das análises efetuadas no âmbito do Controlo Ativo de Fugas, designadamente no aumento da fiabilidade ao nível da identificação de clientes e respetivos consumos.

A componente das perdas aparentes associada à imprecisão dos contadores, subfaturação e eventuais erros comerciais constitui outro aspeto a considerar. Para combater estas situações deve existir uma preocupação com a escolha adequada do tipo de medidores, seu dimensionamento e condições de instalação, para além da renovação adequada do parque de contadores.

É reconhecido que os contadores mecânicos tendem a apresentar um subregisto gradual ao longo do seu ciclo de vida, que pode ser precoce quando submetidos a regimes de funcionamento não previstos pelos respetivos fabricantes. Sublinha-se ainda que os contadores sobredimensionados tendem a submedir em condições de caudais baixos, podendo conduzir à existência de grandes disparidades entre a água contabilizada e a que é efetivamente consumida. Será, pois, prudente adotar uma política de vigilância e substituição de medidores de clientes e de faturação, pois a submedição resulta numa perda de receitas.

Apresentam-se de seguida alguns dos principais fatores que podem contribuir para as perdas aparentes:

- **Imprecisão de Contadores**
 - Submedição causada por caudais baixos e baixa precisão devido à idade e uso excessivo;
 - Classe de precisão baixa;
 - Contador parado, avariado ou obsoleto;
 - Política inadequada de manutenção ou substituição.
- **Intervenções ilícitas sobre o medidor**
 - *By-pass* ao contador;
 - Vandalismo ou intervenção indevida.
- **Subfaturação (erros ou fraude do leitor/cliente)**
 - Volume subregistado no sistema de faturação;
 - Leituras fictícias;
 - Erro na transferência de dados.
 - Erros no software de faturação.

3.3.2 Gestão das perdas aparentes

As metodologias aplicadas no controlo ativo das perdas aparentes incluem diversas vertentes que vão desde a gestão cuidada do parque de contadores, à implementação de uma política de combate aos consumos não autorizados, ao controlo e análise dos dados recebidos e ao controlo do manuseamento e integridade dos dados de faturação.

Desta forma, devem ser efetuados planos de verificação metrológica, de seleção adequada dos contadores e da renovação do parque de contadores de forma a não só respeitar as determinações regulamentares mas, também, a manter o rigor da medição. Nesta perspetiva é recomendável a realização de testes de medição em bancos de ensaio de uma amostra significativa dos medidores instalados na rede, visando determinar eventuais desvios ao previsto em termos do erro médio de medição de determinado parque em função da idade.

Importa salientar que, para o cálculo do balanço hídrico, é determinante assegurar a existência de medição fíavel também dos volumes aduzidos, transportados, exportados e importados pelo sistema e registados nas diversas ZMC da rede de distribuição.

Com efeito, o estudo do comportamento das ZMC é uma fonte de informação importante que ajuda a detetar e localizar áreas com submedição, conforme evidenciado na [Figura 3.7](#), referente a uma ZMC na cidade do Porto, com telecontagem universal, em que o topo das curvas permite identificar a existência de submedições.

O controlo do uso não autorizado de água deve passar pela identificação de ligações ilícitas. A análise dos dados deve considerar as atividades de identificação de contadores parados, a compatibilização entre os dados dos clientes e os dados de consumo, bem como a rigorosa aferição das estimativas de consumo efetuadas.

Por último, o controlo da integridade dos dados de faturação pode ser maximizado através do recurso a tecnologias de informação, incluindo a utilização de bases de dados de clientes mais fíaveis e representativas da

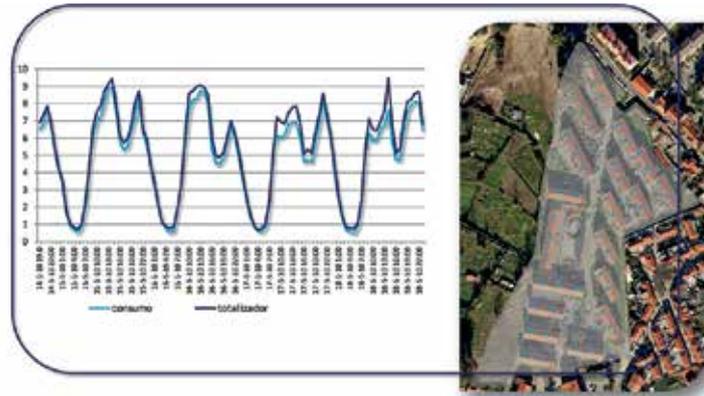


Figura 3.7 Controlo de perdas aparentes em ZMC com 100% de telecontagem (disponibilizado pela Águas do Porto)

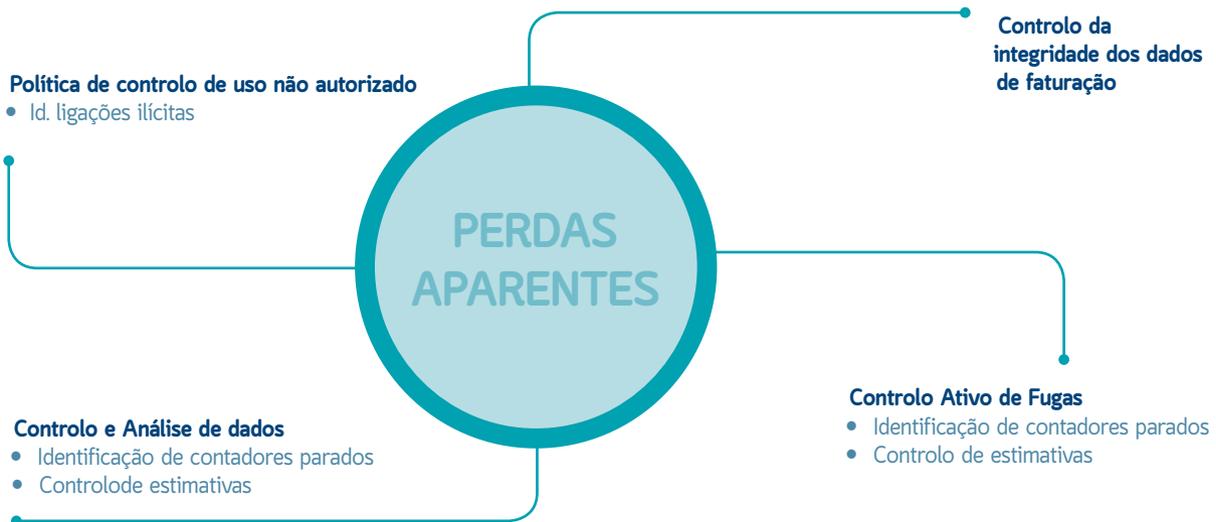


Figura 3.8 Vertentes principais da redução das perdas aparentes

realidade. A **Figura 3.8** seguinte sublinha os quatro vertentes principais focados na redução das perdas aparentes.

3.4 Principais indicadores de desempenho relativos a perdas

Na sequência da elaboração do balanço hídrico, que é hoje universalmente reconhecido e utilizado num crescente número de entidades gestoras em todo o mundo,

a IWA, através de grupos de trabalho especializados, identificou um conjunto de indicadores de desempenho para as seguintes componentes do balanço:

- Água Não Faturada
- Perdas de Água
- Perdas Reais
- Perdas Aparentes

Uma das abordagens mais utilizadas na definição de indicadores de desempenho compreende a sua subdivisão em propósitos distintos, nomeadamente financeiros, operacionais e de recursos hídricos. Apresentam-se no **Quadro 3.1**, preparado pelo *IWA Water Task Force*, detalhes relativos aos indicadores de desempenho mais utilizados.

Face à diversidade de situações que podem verificar-se nas redes de abastecimento de água e às características intrínsecas destas, importa contextualizar alguns dos principais conceitos inerentes ao cálculo dos indicadores mencionados no sentido de assegurar uma perceção uniforme.

Componente	Tipo	Indicador de Performance base	Indicador de Performance detalhado
Água Não Faturada	Financeira	Volume de ANF como % do Volume de água no sistema	Valor de ANF como % de custo do sistema
Perdas de Água	Operacional	m ³ /ramal/ano	-
Perdas Aparentes	Operacional		m ³ /ramal/ano
Perdas Reais	Recurso Hídrico	Volume de perdas reais como % do Volume de água no sistema	-
Perdas Reais (em cada caso, este indicador é calculado "/dia" quando o sistema está pressurizado para permitir o efeito do abastecimento intermitente)	Sistema Operacional	Litros/ramal/dia para sistemas com 20 ou mais ramais/km conduta Uso de m ³ /km/dia para sistemas com menos de 20 ramais/km	Índice de fugas na infra-estrutura: definido como o rácio entre as Perdas reais anuais e as Perdas reais anuais inevitáveis = CARL/UARL

Quadro 3.1 Principais Indicadores de desempenho relativos a perdas de água

A determinação de indicadores de desempenho pretende estabelecer formas para tentar comparar entidades gestoras de diferentes países e dimensões, transformando-se numa ferramenta relevante para o processo de tomada de decisão, visando a melhoria contínua e o incremento do conhecimento acerca das condições e do desempenho dos sistemas.

Sublinha-se que a unidade de medida de cada indicador varia de acordo com o tipo de indicador de desempenho a que se refere. Indicadores financeiros e de recursos hídricos utilizam frequentemente a percentagem de perdas em volume ou a percentagem sobre o preço da água; indicadores operacionais consideram unidades de volume por ramal ou por quilómetro de rede por período temporal (hora, dia ou ano). Esta diferenciação, no caso de indicadores de desempenho operacionais, surge para evitar erros de interpretação do resultado devido a diferenças e mudanças nos volumes consumidos, abastecimento intermitente e presença de reservatórios de clientes, situação que pode conduzir a uma submedição significativa por parte dos medidores devido a baixos caudais.

Desde logo, um dos aspetos relevantes prende-se com a questão dos ramais ou ligações, que correspondem à tradução de *"service connections"* em terminologia inglesa. Esta situação resulta das ligações constituírem um efetivo ponto de fragilidade nas condutas, que se trata de facto, de uma picagem. Com efeito, desconhecem-se estudos concretos que, incidido numa amostra suficientemente representativa de ramais, tenham recorrido à instalação de medidores de caudal no início desses ramais para comparar com o volume registado nos medidores dos clientes abastecidos por cada um desses ramais. Só desse modo se poderia comprovar se a dimensão das perdas nos ramais é um dos principais pontos de perda de água, como apontado por alguns autores, pese embora não suportem essa convicção em resultados de estudos como os acima referidos. Assim, será necessário efetuar mais estudos concretos, com ensaios e dados reais de terreno e suficiente dimensão estatística, que incluam medições comparando o caudal que entra nos ramais com o caudal que sai nas respetivas extremidades. Deveria também, ser feita, uma revisão das reparações

realizadas no passado nos ramais, de forma a verificar possíveis impactos nas perdas de água. Na realidade, só com este aprofundamento do assunto será possível afirmar, de forma tecnicamente correta e inequívoca, se a maior parte das perdas ocorre, ou não, nos ramais.

Importa também clarificar a definição de ramal e que tipos de situações se enquadram na mesma. Assim, considera-se ramal como uma ligação entre uma conduta principal ou secundária de um sistema de abastecimento de água e um determinado elemento a abastecer a partir da mesma. Estes elementos podem ser, designadamente, recintos, edifícios, marcos de incêndio, hidrantes, órgãos e sistemas de rega, ramais de obra, temas para amostragem, ligações a ventosas e a descargas de rede e derivações sem continuidade, independentemente de estarem ou não em serviço dado que, estando em carga, e estão sempre em carga uma vez que os ramais não dispõem de válvula de seccionamento no seu início, podem proporcionar fugas de água.

Sublinha-se, por outro lado, que devido à topografia das cidades, ao tipo de planeamento urbano adotado e mesmo a diferenças civilizacionais, se registam grandes diferenças na tipologia dos aglomerados urbanos, observando-se situações em que predomina a habitação unifamiliar, ou seja, em que a cada ramal corresponde a um cliente, e situações opostas, em que prevalece a construção vertical, com edifícios multifamiliares ou até, como sucede nalgumas zonas de Lisboa, com vários edifícios multifamiliares, com diversos pisos, abastecidos por um único ramal. Neste caso, a cada ramal corresponde um maior número de clientes. Esta diversidade de situações tem, naturalmente, repercussões relevantes ao nível dos sistemas de avaliação e cálculo dos indicadores de desempenho relativos a perdas de água, podendo implicar distorções significativas em caso de comparação de diferentes sistemas.

Complementarmente à potencial situação de distorção anteriormente descrita, persistem diversas dúvidas e questões sobre os limites da entidade ramal, justificando uma reflexão particularmente cuidada. Com efeito, pareceria lógico que o ramal correspondesse ao troço de ligação entre a conduta principal e o contador da moradia, prédio, condomínio por exemplo, a abastecer ou o

próprio órgão a servir, situação que tem correspondência direta nos casos de habitações unifamiliares, da alimentação de órgãos da rede e de prédios ou condomínios que disponham de um contador totalizador na zona de entrada. Esta situação pode, no entanto, ser questionada nos casos de prédios que disponham de uma bateria de contadores, em particular se esta bateria estiver longe da zona da entrada do prédio (portanto com um troço mais ou menos longo já em propriedade privada) e não se verifica de todo nos casos de prédios em que os contadores estão situados junto de cada um dos fogos, nos diversos andares. De facto, nestes casos, existem longos troços prediais de ligação até aos contadores, sendo todas as eventuais perdas de água nestes troços assumidas pela entidade gestora, pese embora a existência de troços fora do terreno e em edifícios privados implique, normalmente, uma identificação da rotura ou fuga muito rápida, bem como a respetiva reparação pelo que o volume de fugas é muito menor comparativamente a outras situações.

Face ao exposto, facilmente se compreende que o facto de, frequentemente, se considerar que o comprimento do ramal corresponde à distância entre o ponto de ligação do mesmo na conduta principal e o limite da propriedade privada (prédio) está associada mais a uma questão de simplificação do que a razões técnicas ou hidráulicas, uma vez que pode não ter correspondência efetiva com a infraestrutura física. Por outro lado, a consideração de indicadores do nível de perdas em função do número de ramais, quando existe esta diversidade de situações, pode levar a questionar por que não considerar estes indicadores em função do número de contadores. Esta situação é válida estejam ou não com contratos ativos, uma vez que quanto maior o número de contadores e o comprimento dos troços de ligação mais pontos de fragilidade existem na infraestrutura cujas perdas estão a cargo da entidade gestora. Complementarmente, expressando o volume de perdas em função do número de contadores aumenta a perceção do seu significado por parte da população servida porque, na maioria dos Países, todas as habitações dispõem de contador (e se não dispõem deveriam dispor, pois trata-se de uma medida essencial para a racionalização do consumo), pelo que os clientes entendem bem o significado de perda de água por cada contador que é da responsabilidade da entidade gestora. Por consequin-

te, esta forma ajuda a transmitir para o cliente, e para a população, a perceção de eficiência de gestão do recurso e de perda económica que, em última instância, estará a ser transferida para o cliente sob a forma de sobrecusto na componente fixa ou variável.

Fica, assim, claro que, perante a diversidade de contextos dos sistemas de abastecimento, a realização de comparações diretas ao nível deste tipo de indicadores não só não é recomendável, como é indesejável. Consequentemente, a utilização e a grande utilidade da maior parte destes indicadores deve enforçar-se no controlo e avaliação da evolução do desempenho de um determinado sistema/entidade gestora, devendo ser mantidos particulares cuidados e reserva quando se efetua *benchmarking* entre entidades, tal como é corroborado em várias publicações do IWA sobre os indicadores das perdas de água (Alegre *et al.*, 2000).

3.4.1 Indicadores financeiros

São muito comuns os indicadores de desempenho económico-financeiro relativos a Água Não Faturada (ANF), os quais podem ser expressos em termos de volume, percentagem ou em custo.

O consumo autorizado mas não faturado e as Perdas Aparentes devem ser avaliadas de acordo com o preço de venda da água, uma vez que representam o volume de água que seria entregue ao cliente, ou seja, correspondem à perda económica para a entidade gestora. As Perdas Reais podem, por sua vez, ser avaliadas com base no custo médio de produção de água ou no preço de compra da água tratada e importada, se a água foi adquirida a outra entidade gestora, ao qual acresce os custos associados ao sistema de distribuição.

Perda financeira devido à água não faturada
= (Volume do Consumo Autorizado Não Faturada + Volume de Perdas Aparentes)
*** Preço Venda + Volume de Perdas Reais ***
Custo Médio de Produção

Os indicadores financeiros devem ser utilizados pelas

entidades gestoras para identificar as maiores perdas financeiras no sistema, tais como a falta de receitas da venda ou custos excessivos na produção e distribuição da água, no sentido de identificar as ações prioritárias de melhoria de *cash-flow* da entidade.

3.4.2 Indicadores de perdas reais

Numa primeira análise, o indicador de performance mais imediato para as perdas de água nos sistemas de correção da relação entre o volume de perdas reais (ou físicas) e o volume total de água entrada no sistema. No entanto, esta relação não considera o comprimento da rede, densidade de ramais ou valores de pressão média de exploração, fatores que influenciam o comportamento da rede e o número de roturas. Apenas considerando as especificidades e o contexto dos diferentes sistemas de abastecimento será possível uma comparação coerente entre redes de diferentes características.

Visando considerar as características da rede na determinação de indicadores de desempenho e procurando colmatar as limitações de indicadores que consideram apenas os volumes de água, a IWA *Water Loss Task Force* desenvolveu o *ILI - Infrastructure Leakage Index* (Lambert, 2003). Este indicador de perdas em infraestruturas pretende medir a eficiência da entidade gestora na gestão de perdas reais face ao regime de pressão em que opera. Por isso, o ILI baseia-se em componentes para cálculo que possibilitam a comparação das perdas físicas entre redes de diferentes dimensões e estruturas. Desta forma, o indicador pretende relativizar o valor atual das Perdas Físicas Anuais de um sistema face a uma estimativa do valor de Perdas Inevitáveis, considerando os cinco fatores de maior impacto: comprimento de rede, número de ramais, pressão média de operação, local dos medidores e continuidade do abastecimento.

O indicador relacionado com as perdas físicas mais utilizado - simultaneamente de fácil compreensão - é o das perdas reais anuais inevitáveis. Este indicador, designado *UARL - Unavoidable Annual Real Losses*, contabiliza perdas reais inerentes às infraestruturas do sistema (Lambert, 2009):

$$\text{UARL (l/ramal/hora)} = [18 \times (\text{Lm}/\text{Nc}) + 0,8 + 25 \times \text{Lp}] \times \text{Pmed} / 24$$

sendo:

Lm - comprimento da rede (km);

Nc - número de ramais;

Lp - comprimento médio enterrado dos ramais (km);

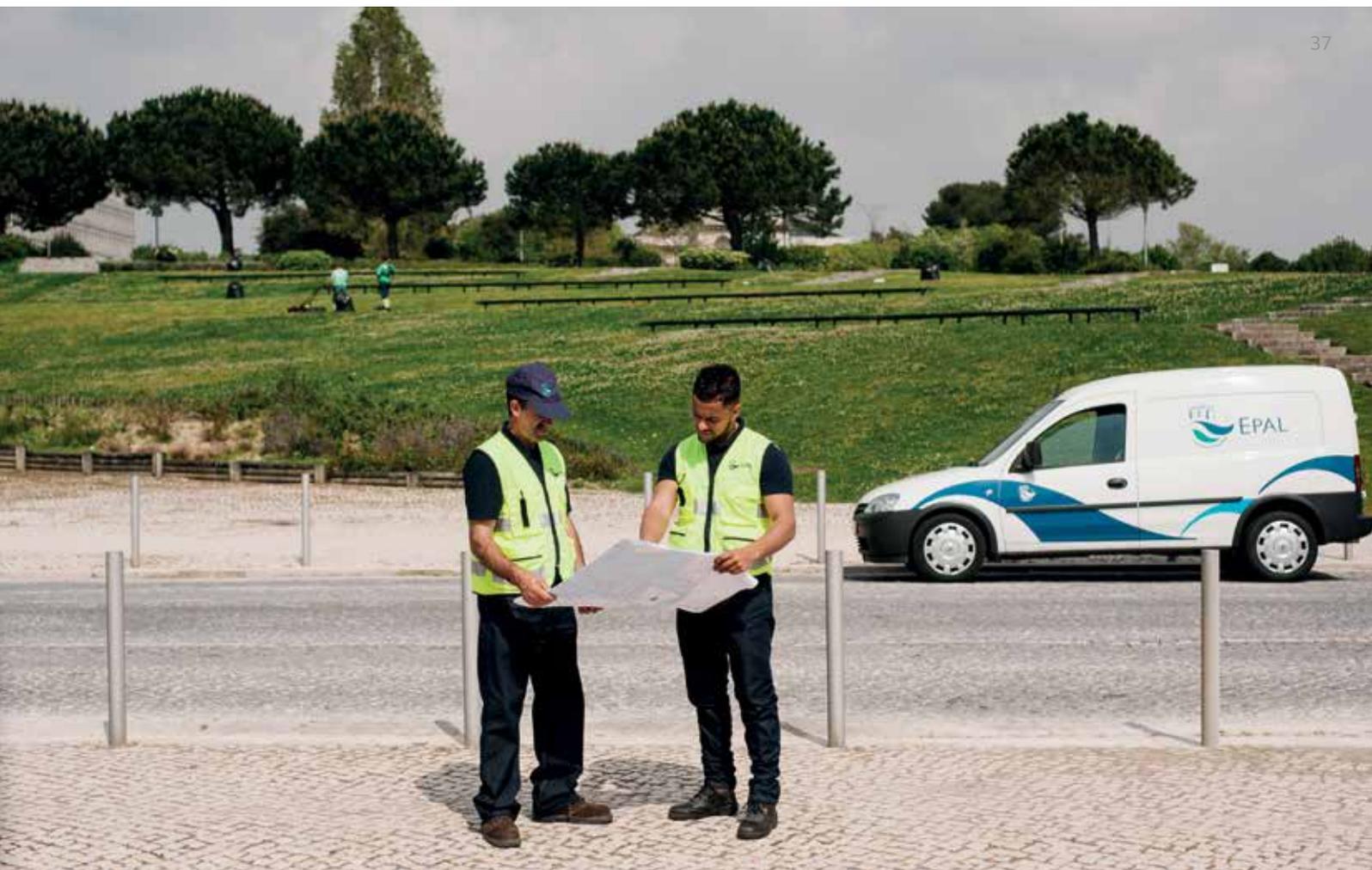
Pmed - pressão média de operação na zona em estudo (m).

Deste modo, as perdas físicas serão tão mais elevadas quanto maior for a pressão de serviço. Não sendo possível reduzir o valor da pressão por condicionantes no sistema, o valor mínimo de perdas, quando atingido, só é possível de ser reduzido com um esforço de investimento acima dos ganhos que poderão ser alcançados. A expressão supra-apresentada resulta de uma análise estatística a partir de dados internacionais que inclui vin-

te e sete sistemas de abastecimento de água em vinte países. O UARL pode ser aplicado em redes com uma pressão de funcionamento médio entre 20 e 100 m c.a., uma densidade de ligações de serviço entre 10 e 120 ligações/km de rede e com contadores de clientes localizados em ramais com comprimento médio até 30 m.

Em redes com uma fraca aglomeração de ramais, habitualmente meios rurais com menos de 20 ramais/km de conduta, é mais adequado exprimir os indicadores das perdas em termos de comprimento de conduta, em vez de os relacionar com o número de ramais ou locais de consumo.

As variáveis desta equação foram deduzidas empiricamente a partir de casos de estudo, considerando as seguintes constantes:



- Fugas em condutas: 18 l/(km de conduta/dia/m c.a.)
- Fugas em ramais: 0,8 l/(ramal/dia/m c.a.)
- Fugas em ramais: 25 l/(km de ramal enterrado/dia/m c.a.)

O quociente entre as perdas reais anuais atuais ou seja, o valor que se designa por Current Annual Real Losses (CARL) e o valor do UARL representa o potencial máximo de redução de perdas reais quando o sistema está pressurizado. A relação entre CARL e UARL corresponde ao indicador ILI anteriormente referido, sendo um índice adimensional indicativo da condição geral da gestão da infraestrutura sob o regime de pressão a que está sujeita.

ILI = CARL / UARL

Em países desenvolvidos, sistemas bem geridos e em excelentes condições devem ter ILI perto de 1 enquanto que valores mais elevados indiciam sistemas com desempenho deficiente. Um valor de ILI inferior a 2 significa que uma maior redução de perdas não é, normalmente, viável sob o ponto de vista económico. Valores do ILI superiores a 8 são indiciadores de uma entidade gestora com recursos muito insuficientes, fraca manutenção das condições do sistema no geral e onde a implementação de um programa de redução de perdas é imperativo. Para países em vias de desenvolvimento, os valores dos patamares do ILI são duplicados (Lambert, 2009).

O ILI possibilita, assim, efetuar comparação do desempenho de redes e, conseqüentemente de entidades gestoras, baseando-se nas suas características físicas e pressões de serviço e traduz o grau de eficiência das entidades gestoras ao nível da infraestrutura. Trata-se de

um indicador puramente técnico que não considera fatores económicos e que pode ser aplicado para comparações internacionais desde que o número de ramais seja superior de 3.000 e a pressão média superior a 25 m c.a. (Lambert, 2009).

Importa, no entanto, salientar que este indicador resulta de uma análise dos componentes auditáveis, pelo que deverá ser utilizado com precaução. Com efeito, depende, em primeira instância, da estimativa do valor das perdas reais e também da estimativa do comprimento médio dos ramais, sendo que este último é muito difícil de obter dada a multiplicidade de infraestruturas e edifícios normalmente existentes na rede.

3.4.3 Indicadores das perdas aparentes

Como já foi referido anteriormente, as perdas aparentes são o somatório dos volumes perdidos por erros de medição dos contadores utilizados para faturar aos clientes com o consumo não autorizado (consumos ilícitos) e, obviamente, não faturado. Não existe atualmente uma metodologia exata para calcular os valores das perdas aparentes, mas existem recomendações para estimar e apresentar indicadores referentes a este tipo de perdas.

Uma das metodologias recomendadas para estimar o volume de perdas originado pelos erros de medição é a aplicação dos resultados dos ensaios metrológicos realizados aos contadores retirados da rede de distribuição sobre o volume total de água medido e faturado, procedimento que não é seguido pela grande maioria das entidades gestoras. Com base em testes realizados em bancos de ensaio devidamente calibrados é possível es-



timar os erros de medição associados aos contadores instalados no sistema de distribuição. Estes ensaios sistemáticos pressupõem que uma amostra representativa de contadores instalados na rede seja retirada após alguns anos de serviço, sendo apurado o erro de medição por tipo de contador, calibre, marca, modelo e antiguidade. É este resultado, que pode ser positivo ou negativo, que posteriormente é aplicado ao volume de água medido e faturado, resultando no apuramento do valor correspondente à parcela dos erros de medição.

O gráfico da **Figura 3.9** explicita os erros de medição, obtidos por ensaio em laboratório, de uma amostra de contadores DN15, do tipo volumétrico retirados de funcionamento, após diferentes períodos de serviço.

Como se pode observar, é patente que este tipo de contadores é, em geral, afetado por erros de submedição que se agravam ao longo do tempo, circunstância que se reflete em perdas económicas para o operador e em valores de perdas falsamente elevados.

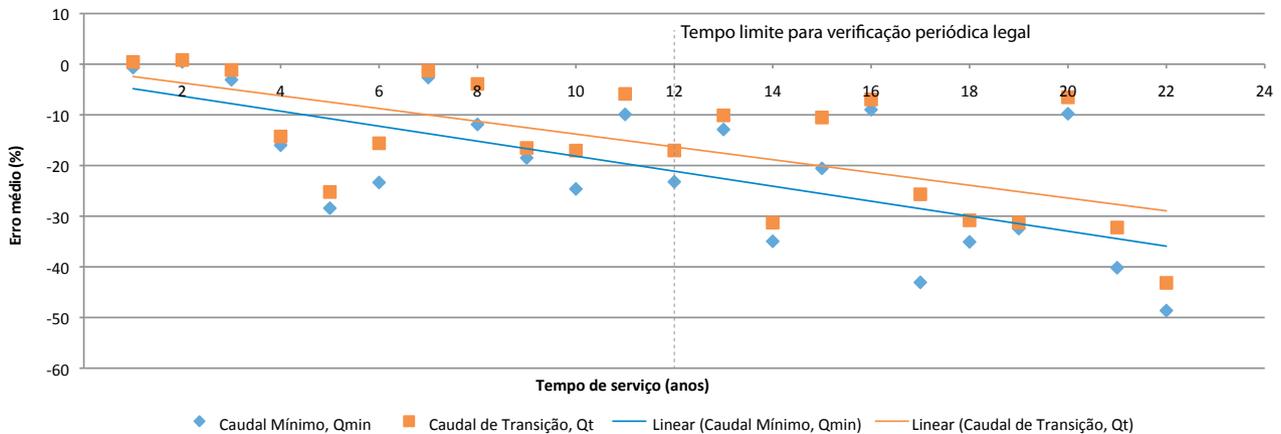


Figura 3.9 Gráfico com erros de medição de contadores retirados de serviço

Por sua vez, não existe uma metodologia consensual para apurar a parcela respeitante aos consumos não autorizados, sendo a melhor recomendação a que aconselha ao cálculo por diferença entre o volume total das perdas aparentes e o valor estimado associado aos erros de medição/faturação.

Em qualquer um dos casos é sugerido pela IWA, no relatório *Performance Indicators for Water Supply Services* (2000), que os valores das perdas aparentes e das respectivas componentes sejam sempre apresentados através do rácio "volume de perdas por ramal e por ano", de forma a manter a compatibilidade com os indicadores referentes às perdas físicas ao nível das unidades utilizadas.



4. Estratégias de controlo e redução de perdas físicas de água

4.1 Considerações gerais

No capítulo 2 foram explicitadas diversas premissas relativamente à importância de definir e implementar uma estratégia para o controlo de perdas. Na perspetiva das entidades gestoras, uma das questões base a considerar no desenvolvimento desta estratégia consistirá na avaliação dos potenciais ganhos com a sua implementação. Neste caso, o balanço a fazer será entre os custos que decorrem das perdas de água no sistema e os benefícios que resultarão dos resultados conseguidos com a implementação da estratégia de redução de perdas.

Para proceder à implementação de uma estratégia de combate às perdas é fundamental ter em conta a realidade específica da entidade gestora. Assim, é necessário assegurar a recolha de informação sobre a rede de abastecimento, o modo como a mesma é operada e a definição de soluções exequíveis, considerando constrangimentos financeiros, o tipo e condição das infraestruturas existentes, a experiência e o grau de conhecimento das equipas, a tecnologia disponível, bem como eventuais influências sociais, culturais e políticas.

Deste modo, considera-se que antes de estabelecer um plano deve-se realizar um diagnóstico prévio para caracterizar correta e detalhadamente o ponto de partida.

Entidades gestoras de serviços públicos de água bem-sucedidas a nível mundial adotaram estratégias simples baseadas em quatro ações essenciais (Figura 4.1).

A atuação articulada no sentido de reduzir os custos operacionais globais, proteger os recursos hídricos e definir as prioridades nos investimentos, requer o desenvolvimento de uma abordagem pró-ativa nas atividades de deteção de perdas de água. A implementação dessa estratégia deve ser suportada, gerida e constantemente analisada por uma equipa dedicada da entidade gestora, devendo ter em consideração os seguintes aspetos:

- Identificar stakeholders internos na entidade gestora, sublinhando que a equipa da ANF não deve ser isolada num departamento separado;
- Estabelecer as políticas de apoio e de gestão das perdas;
- Desenvolver uma política integrada para a medição;
- Calcular do Nível Económico das Perdas (NEP), estabelecer e monitorizar o nível definido;
- Disponibilizar orçamentos para a deteção de perdas, reparações e renovações na rede;



Figura 4.1 Ações essenciais numa estratégia de redução de perdas

- Formar técnicos para efetuar trabalhos de deteção de fugas.

As estratégias passíveis de serem adotadas podem considerar planos de ação muito limitados, quando preveem apenas a resolução de problemas efetivos e evidentes – *Abordagem Passiva*, ou, por outro lado, uma atuação de inspeção regular ou, mesmo, pela monitorização contínua do comportamento do sistema, que permita a atuação de resolução numa fase inicial do problema – *Abordagem Ativa*.

Uma entidade gestora que adote uma *Abordagem Passiva de Controlo das Perdas* prevê apenas uma reação às roturas reportadas, normalmente por clientes, ou à falta de capacidade de abastecimento, identificados pela insuficiência de pressão nas tubagens principais da rede. Esta abordagem, em que a entidade gestora se limita a reagir a ocorrências, implica, no entanto, que se disponha de recursos próprios ou externos sobredimensionados para poder acudir a roturas em situação de ponta. Contudo, em certos casos até poderá ser considerada suficiente em sistemas inseridos em regiões com abundância de recursos de água, com capacidade de tratamento de água adequados e com baixos custos marginais. Outras situações para as quais a abordagem passiva poderá ser justificada relacionam-se com:

- Custos operacionais muito reduzidos, nomeadamente com aquisição de água a entidades externas, quer em resultado de quantidade reduzida e, ou de preço unitário reduzido;
- Baixos custos operacionais acrescidos de custo de capital diferido, no caso de a água poupada ser suficiente para diferir o investimento de capital, como é o caso de construção de novas captações ou mesmo instalações de novas origens, estações de tratamento, instalações elevatórias;
- Baixo valor cobrado aos clientes, no caso em que a água poupada possa ser vendida a terceiros o que, no entanto, é mais característico de sistemas com problemas de escassez.

Importa, no entanto, referir que uma abordagem passiva de controlo de perdas não permite, de um modo geral, atingir bons valores de eficiência, designadamente em termos de perdas, exceto para um período limitado de tempo em sistemas novos, construídos de raiz, com projetos e materiais adequados e de qualidade.

Em qualquer caso, pela vantagem que contempla, é aconselhada a adoção de uma Abordagem Ativa de Controlo de Perdas, identificando-se duas metodologias base para a mesma coexistir no contexto da gestão de um sistema de abastecimento:

a) A inspeção regular

Com este método as equipas de deteção de fugas trabalham progressivamente ao longo do sistema de abastecimento, podendo usar uma ou mais das seguintes técnicas:

- Vigilância do traçado da rede de forma a identificar prontamente roturas visíveis e obras de terceiros que possam colidir com as infraestruturas instaladas;
- Proceder, sistematicamente, a testes acústicos sobre acessórios da rede, como válvulas, descargas e bocas de incêndio, visando despistar a existência de perdas;
- Realizar testes periódicos com recurso a contadores temporários para medir os caudais em áreas delimitadas temporariamente, de forma a localizar caudais noturnos elevados;
- Utilizar grupos de registadores de ruídos acústicos fixos ou temporários.

b) A monitorização da rede e controlo de perdas – Pró-Ativa

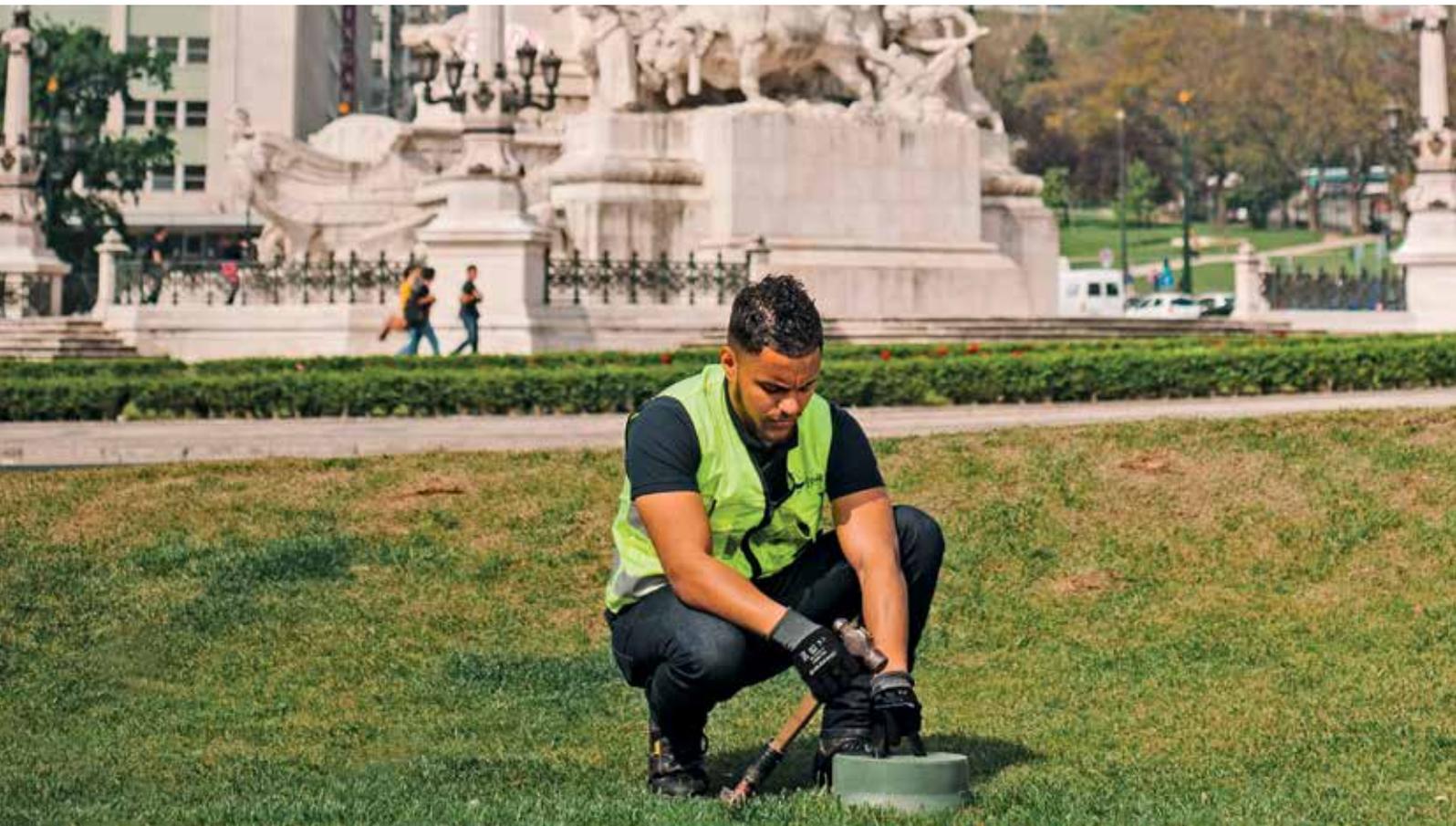
É o método preferencialmente adotado pelas empresas gestoras que apresentam melhores níveis de eficiência no que respeita a perdas de água, com elevado controlo financeiro e elevada responsabilidade ambiental,

baseando-se na setorização da rede em diversas zonas de abastecimento e na monitorização dos respetivos caudais noturnos, normalmente associados a perdas na rede. Nestas zonas, designadas por Zonas de Monitorização e Controlo - ZMC, o respetivo caudal de abastecimento é permanentemente medido, garantindo-se a identificação dos potenciais problemas de perdas e possibilitando o estabelecimento de prioridades nos programas de deteção de fugas.

Um benefício muito importante decorrente da introdução de uma abordagem pró-ativa de redução de perdas de água é a redução do tempo médio de localização de fugas, permitindo também a rápida extinção do problema, nomeadamente com a reparação de fugas não reportadas. Assim, é claro que uma abordagem pró-ativa no combate às perdas, que adote uma estratégia de monitorização permanente, poderá ser melhor sucedida dado que permite extinguir o problema no início do seu ciclo de vida.

Uma das principais tarefas inerentes a um plano de controlo ativo das perdas de água é a implementação de novas infraestruturas, de procedimentos e, até, de novas atitudes. O desenvolvimento de uma estratégia para a redução de Água Não Faturada implica a capacidade para avaliar, com rigor, a situação real, para o que é necessário dispor de dados rigorosos ao nível da medição de caudais e sobre a carteira de clientes. Este tipo de estratégia deve, necessariamente, ser suportada e contar com o apoio direto dos níveis mais elevados da empresa, através de políticas facilitadoras e da disponibilização de recursos e de formação adequados.

Por outro lado, a implementação de uma estratégia de redução de perdas de água deve ser considerada num horizonte de longo prazo, visando alcançar o Nível Económico das Perdas (NEP), como definido pela entidade gestora. Quando este nível de perdas é atingido, os dados relacionados com o "movimento de água" e com o balanço hídrico devem ser constantemente monitorizados de forma a assegurar que o mesmo seja mantido.



4.2 Nível Económico de Perdas

4.2.1 Conceito

Considera-se que uma entidade gestora atingiu o nível económico quando a soma do valor de custo da água perdida no sistema de abastecimento e o custo das atividades realizadas no âmbito do controlo ativo de fugas atingem um mínimo. Desta forma, o limite de investimento em redução de perdas, define-se quando o mesmo deixa de ser economicamente viável por ultrapassar o custo da água que se perde. Esta noção é aplicável tanto às perdas reais como aparentes, sendo que o Nível Económico de Perdas (NEP) só é alcançado quando ocorrem simultaneamente os respetivos níveis económicos.

A [Figura 4.2](#) apresenta, de forma simplificada, o conceito de NEP em termos de custo total em relação ao nível de perdas. Com o aumento do nível de perdas, o custo da água perdida aumenta linearmente. Por outro lado, o custo do controlo ativo de perdas diminui com o aumento dos níveis permitidos de perdas. Existe um nível ótimo de custo total de operação dos sistemas em que o custo marginal das atividades de deteção de fugas é igual ao custo marginal da água. Este ponto permite ainda identificar o nível económico dos recursos que deverão ser afetados à deteção de fugas.

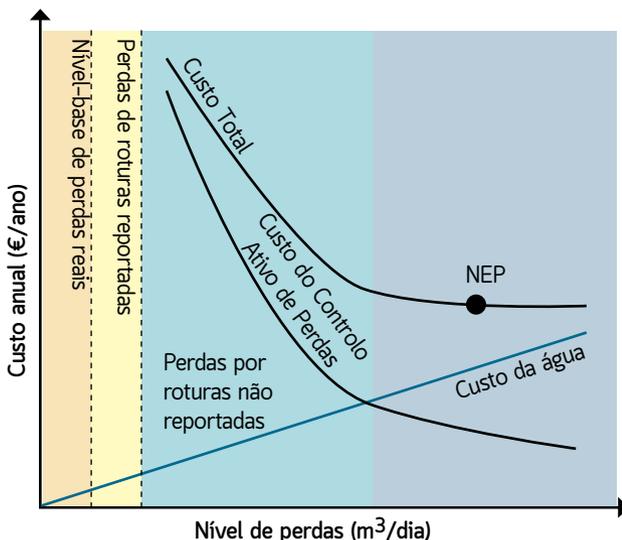


Figura 4.2 - Ilustração do Conceito de Nível Económico de Perdas

Conforme referido anteriormente, as perdas são impossíveis de eliminar completamente, existindo assim lugar a uma parcela que terá de ser tolerada, o que origina a necessidade do cálculo do NEP, fator-chave para a definição de uma estratégia de combate às perdas.

4.2.2 Condicionantes ao cálculo do NEP

Existe atualmente muita informação acerca de métodos para a determinação do NEP. O valor deste indicador associado a uma entidade gestora varia ao longo do tempo e depende da taxa de roturas e da rapidez e qualidade das reparações, do estado dos ativos da rede e do esforço desenvolvido pela entidade gestora para o controlo ativo de fugas, nomeadamente em investimentos na gestão da pressão e implementação de zonas de monitorização e controlo. É, portanto, recomendável que o cálculo do NEP das entidades gestoras seja reavaliado regularmente.

Para garantir fiabilidade no cálculo e na definição dos objetivos base da estratégia de controlo de perdas, é necessária uma rigorosa caracterização do sistema de abastecimento, tendo por base informação de qualidade e a identificação de todas as influências dinâmicas no sistema. É importante o estabelecimento de procedimentos para a recolha dessa informação de base, que se dividem em três categorias distintas: operacional, tática e estratégica.

Informação operacional

- ▶ Nível de perdas;
- ▶ Pressão na rede;
- ▶ Regulação de válvulas redutoras de pressão (VRP) existentes;
- ▶ Registos do número, localização e tipo de roturas encontradas;
- ▶ Tempo utilizado no controlo ativo de fugas;
- ▶ Consumo de água pela indústria.

Informação Tática

- ▶ Limites das zonas de abastecimento;
- ▶ Pontos de abastecimento de cada sistema ou pontos de transferência;

- ▶ Equipamentos de medição existentes nos pontos estratégicos para cálculo dos balanços hídricos;
- ▶ Tipo de VRP instaladas em zonas de pressão controlada;
- ▶ Registos de manutenção;
- ▶ Ativos existentes.

Informação Estratégica

- ▶ Caudais médios para a distribuição;
- ▶ Cálculos para o Balanço Hídrico;
- ▶ Estudos-piloto efetuados e seus resultados;
- ▶ Base de dados de eventos ocorridos na rede;
- ▶ Bases de dados de clientes e dos seus consumos medidos ou estimados;
- ▶ Pessoal e equipamentos envolvidos no controlo ativo de perdas.

A capacidade de angariar toda esta informação para tornar possível a realização de balanços hídricos credíveis implica um elevado nível de maturidade da organização. Com base nesta informação e nos indicadores calculados será viável definir prioridades de atuação ao nível das perdas e a construção de cenários alternativos de ação ou investimento, nos quais se enquadra o NEP. Ainda assim, estes indicadores são calculados por iterações sucessivas, até que se disponha de valores fiáveis.

4.2.3 Caracterização do Nível Económico das Perdas Reais

Para que se possa compreender o valor estimado para o NEP, é necessário analisar a forma como a água é valorizada, sendo o seu cálculo específico para cada região, podendo inclusive diferenciar-se entre diferentes zonas de um mesmo sistema de abastecimento. O cálculo do NEP pode observar duas formas distintas:

a) NEP Curto-Prazo (NEPcp)

Consideram-se apenas os custos marginais de deteção e reparação das perdas reais. Por exemplo, o custo do controlo ativo de fugas, em relação aos benefícios marginais da água que deixa de se perder em fugas e extravasamentos, estabelecendo um ponto ótimo de equilíbrio.

Podem ainda ser consideradas na análise as ações de gestão de pressão, a condição das condutas, ou outras, que não envolvam investimentos significativos a médio ou a longo prazo. A curto prazo, sublinha-se o equilíbrio do custo do controlo ativo de fugas com o custo da água perdida através das fugas, notando que o custo da perda da água será maior que o custo marginal de produção.

b) NEP Longo-Prazo (NEPlp)

São considerados os impactos que determinadas necessidades de investimento, tais como a ampliação ou construção de infraestruturas (captações, linhas adutoras, etc.) ou investimentos na criação de ZMC permanentes, têm sobre o cálculo do NEP. Desta forma, será também possível estabelecer um equilíbrio entre o custo dos investimentos e o custo do reforço das atividades de redução de perdas. Os investimentos devem considerar as seguintes questões:

- Qual o nível atual de fugas?
- Qual é o NEP curto-prazo?
- Como varia o NEP curto-prazo em função dos investimentos?
- Quanto se poderá recuperar em perdas ou numa mudança na política de controlo ativo de perdas, quando comparado com as atuais políticas?
- Qual é o custo do investimento proposto?
- Qual é o retorno do investimento?

A resposta a estas questões permitirá à entidade gestora decidir sobre a sua política de investimento.

4.3 Fatores para a definição de uma estratégia para controlo de perdas

A implementação de uma estratégia de controlo de perdas está, à partida, condicionada por fatores externos e internos à própria entidade gestora. As políticas definidas pelo regulador do setor da água de cada país

obrigam, legalmente, as organizações a atingir determinadas metas de eficiência ou a incluir nos seus orçamentos verbas destinadas à execução de investimentos para o combate às perdas de água. Por outro lado, a estrutura e cultura organizativa das entidades gestoras, a capacidade técnica dos seus profissionais e, principalmente, o equilíbrio financeiro dessas organizações, condicionam inequivocamente a implementação de políticas e estratégias sustentadas de controlo de perdas.

Não existe uma solução única e normalizada aplicável ao universo de todas as entidades gestoras. Cada empresa deve analisar os condicionalismos externos e internos a que está sujeita, definindo, em função dos mesmos, o nível técnico-económico de perdas apropriado, o posicionamento que pretende alcançar no mercado, bem com as estratégias a adotar ao nível do combate às perdas. Neste contexto, é importante que cada entidade consiga efetuar, previamente à tomada de decisão de implementação qualquer estratégia, a avaliação do respetivo nível Económico de Perdas, o qual influenciará diretamente a opção pela estratégia de controlo das perdas a adotar, bem como ditará o nível de investimento adequado a aplicar no combate às perdas de água.

Face ao exposto, é compreensível que as entidades gestoras que tenham um valor mais elevado de aquisição ou produção do metro cúbico de água tendam a adotar estratégias mais pró-ativas no combate às perdas. Estas empresas, geralmente, estruturam os seus planos operacionais de forma a trabalhar ativa e continuamente no combate às perdas reais, através do desenvolvimento de ações de controlo ativo de fugas, da gestão das pressões, da aplicação de materiais de elevada qualidade nas redes de distribuição e através da reparação atempada das roturas detetadas. Ao nível das perdas aparentes, intervêm através da utilização de contadores de classe superior, da aplicação de um plano rigoroso de substituição preventiva de contadores, do controlo dos locais de abastecimento com consumo igual a zero ou mesmo dos locais de abastecimento sem cliente associado. Nestes casos, as ações pró-ativas de combate às perdas não só permitem uma rápida recuperação dos investimentos realizados, como conduzem normalmente à obtenção de ganhos financeiros significativos.

Existem, no entanto, entidades gestoras onde a relação custo-benefício não é tão vantajosa mas onde ainda se justifica a realização de diversos investimentos na área do controlo de perdas. Neste caso são adotadas estratégias mais reativas ao problema das perdas, intervindo simplesmente aquando da sua ocorrência. Embora possam não implementar políticas sistemáticas de controlo ativo de perdas, estas entidades possuem, geralmente, equipas de deteção que intervêm em caso de necessidade, designadamente quando existem infiltrações em propriedades privadas e não se consegue descobrir a origem do problema sem recurso a estas equipas. Paralelamente, tendem a implementar medidas conducentes à substituição curativa dos contadores utilizados para faturação, ainda que possam revelar menores preocupações com a execução rigorosa dos planos de substituição preventiva de contadores ou mesmo com a utilização de contadores de classes superiores.

No extremo oposto estão as entidades gestoras onde se verificam relações custo-benefício altamente desvantajosas e onde os investimentos em ações de controlo de perdas ultrapassam largamente os benefícios financeiros alcançados com a implementação dessas medidas. Estas empresas têm geralmente menores preocupações com o tempo de reparação das roturas visíveis e não possuem equipas de deteção de fugas na sua estrutura organizativa ou essas equipas existem mas atuam de forma pontual. As próprias organizações não estabelecem como prioridade a implementação de políticas de combate às perdas, não tendo definido estratégias para esse efeito. Nestes casos a intervenção de combate às perdas é apenas justificada em situações em que o abastecimento de água à população seja posto em causa ou a qualidade do serviço seja afetada significativamente, bem como, naturalmente, por razões ambientais e de preservação do recurso.

Este tipo de estratégia de controlo de perdas ou a ausência dela, não deve ser criticável, podendo mesmo ser admissível em situações muito específicas.

Podem também existir entidades gestoras que adotem estratégias mistas, adequando a sua abordagem consoante a relação custo-benefício de cada subsistemas de abastecimento ou mesmo consoante as pressões impostas pelos seus clientes ou pelo próprio contexto. Exemplo disso são as

entidades gestoras que operam em cidades com áreas consideradas como património mundial, onde uma intervenção para reparação de uma rotura pode custar valores muito acima da média, ou mesmo envolver a participação de inúmeras organizações ambientais e arqueológicas, exigindo assim abordagens específicas. Por outro lado, em determinadas zonas do mundo é usual existir escassez de água nos períodos mais quentes do ano, obrigando as entidades gestoras a racionalizar o abastecimento em certas horas do dia. Nesses períodos os clientes impõem sobre as entidades gestoras uma maior pressão, pois estão mais sensíveis ao uso eficiente da água e menos recetivos ao desperdício deste recurso. Assim, visando transmitir uma imagem de efetiva preocupação, as entidades gestoras tendem, nestes casos, a reparar as suas roturas com maior rapidez ou mesmo colocar restrições nos gastos de água em utilizações consideradas menos prioritárias, por exemplo rega dos espaços verdes.

É óbvio que no cálculo da relação custo-benefício existem determinados fatores que são dificilmente valorizados, originando diferenças de significativas nos resultados apurados pelas diferentes entidades gestoras, designadamente os que

respeitam à repercussão da imagem da empresa no mercado ou mesmo a questões ambientais ou pegada ecológica.

Paralelamente, as regras ou metas impostas pelos reguladores podem também influenciar a escolha das estratégias a adotar por parte das entidades gestoras ao nível do controlo de perdas. Em alguns países da Europa os reguladores têm competência punitiva, podendo as entidades gestoras ser penalizadas financeiramente se não atingirem certas metas de eficiência ou mesmo se não investirem determinada percentagem do seu orçamento anual em medidas de controlo e combate às perdas. No entanto, nos países onde a regulação é mais abrangente e onde esta assume um maior impacto nas empresas, também é comum que o preço do metro cúbico de água seja mais elevado, o que leva as entidades gestoras a adotar medidas com base na análise custo-benefício.

Em suma, cada entidade gestora deve adotar a estratégia de controlo de perdas que mais se adequa à sua realidade, visando otimizar os níveis de serviço aos seus clientes e assegurar maior valor acrescentado para todos os stakeholders da organização.





5. Monitorização e Controlo de Perdas

5.1 Requisitos mínimos

Em geral, a adoção de uma política de monitorização do sistema de abastecimento para controlo das perdas pressupõe a setorização da rede em Zonas de Monitorização e Controlo (ZMC). Para o efeito, torna-se imperativo considerar uma série de condições e ações a aplicar sobre a rede que requerem o prévio e profundo conhecimento da rede intervencionada, designadamente sobre as suas características e modo de funcionamento. A implementação de um sistema monitorizado visando o Controlo Ativo de Perdas, sem colocar em causa o abastecimento, em quantidade e qualidade, requer a existência preferencial de algumas ferramentas base, a saber:

Sistema de Informação Geográfica (SIG) – aplicação informática de disponibilização do cadastro das infraestruturas, incluindo a respetiva georreferenciação. Este sistema deve ser permanentemente atualizado e incluir, ainda, a representação da cartografia do terreno;

Sistema de Informação de Gestão de Clientes (SIGC) – sistema que agrega todas as informações dos clientes da entidade gestora, que deverá possuir uma codificação comum e a interligação com o Sistema de Informação Geográfica;

Modelo Digital do Terreno – consiste num conjunto de dados em suporte numérico que, para uma dada zona, permita associar a qualquer ponto um valor correspondente à sua altitude;

Modelo hidráulico do sistema – consiste numa ferramenta informática que permite analisar e prever o comportamento hidráulico do sistema, a partir das características dos seus componentes, da sua forma de operação e dos consumos solicitados.

Estas ferramentas, não sendo essenciais para a implementação de um sistema de monitorização e controlo de perdas, são muito importantes para a qualidade dos resultados e para a otimização global do mesmo, potenciando

os seus resultados e a rapidez com que podem ser obtidos, ou seja, potenciando a eficiência de todo o processo.

5.1.1 Sistema de Informação Geográfica

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG ou *GIS* - *Geographic Information System*, do acrónimo Inglês) é uma aplicação informática constituída por um conjunto de programas, integrando dados, equipamentos e pessoas com objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados tendo por base um sistema de coordenadas conhecido.

Os SIG separam a informação em diferentes camadas temáticas e asseguram o seu armazenamento de forma independente, permitindo trabalhar com elas de modo rápido e simples. Deste modo, disponibilizam ao utilizador a possibilidade de relacionar a informação existente através da posição e topologia dos objetos, com o fim de gerar nova informação.

Quando aplicados a entidades gestoras de abastecimento de água, os SIG agregam a informação de todas as infraestruturas do sistema, em forma de atributos, quer seja a sua correta localização geográfica quer as respetivas características físicas e não-físicas. Este tipo de aplicações exige uma manutenção constante para assegurar a atualização da informação.

De uma forma geral, a informação base e indispensável no cadastro de uma entidade gestora de abastecimento de água contempla os seguintes atributos:

- **Condutas** – ano de instalação, material, diâmetro, comprimento e estado de funcionamento;
- **Grupos elevatórios** – ano de instalação, curvas características e estado de funcionamento;
- **Válvulas** – ano de instalação, diâmetro, tipo e estado de funcionamento;

- **Reservatórios** – ano de instalação, tipo, cota de soleira, altura de nível mínimo e máximo, volume máximo e estado de funcionamento;
- **Ramais de ligação** – código de associação com o Sistema de Clientes, ano de instalação, material, diâmetro, comprimento e estado de funcionamento;
- **Medidores de caudal e contadores** – ano de instalação, diâmetro, tipo e estado de funcionamento;
- **Localização e caracterização dos hidrantes**, ventosas, descargas de fundo e restantes elementos de rede;
- **Delimitação de ZMC** em polígonos virtuais que delimitam as Zonas de Monitorização e Controlo e que devem intercepar os medidores de caudal e as válvulas de seccionamento de limite da ZMC, com código e designação da ZMC e data de implementação.

50

Com todas estas informações cadastradas, torna-se possível a visualização espacial da abrangência do projeto de setorização da rede, nomeadamente do *masterplan* para a criação das ZMC.

5.1.2 Sistema de Informação de Gestão de Clientes (SIGC)

A gestão de clientes e do relacionamento entre quem serve e quem é servido é uma das atividades mais estratégicas para qualquer empresa. A definição da principal missão de uma empresa é prova disso, pois está normalmente centrada no cliente ou no serviço que lhe é prestado. No caso das entidades gestoras, a missão deve passar pelo abastecimento de água à população em quantidade, em qualidade e ao mais baixo custo. A relação cliente/entidade deve, assim, ser encarada com a maior importância, devendo ser sustentada e suportada por um sistema de informação que ajude as empresas a melhor servir os seus clientes.

Um Sistema de Informação de Gestão de Clientes (SIGC) deve ter a capacidade de poder sistematizar um

conjunto vasto e diferenciado de dados, criando interfaces de ligação entre eles, de forma a disponibilizar aos utilizadores informação, já tratada, inerente a diferentes áreas de atuação (Figura 5.1).



Figura 5.1 Interfaces de um SIGC

Os SIGC devem contemplar quatro áreas preponderantes para a gestão das perdas, mais concretamente das perdas aparentes:

- a primeira diz respeito ao cadastro físico e à correta associação dos clientes aos ramais existentes – é importante que as entidades gestoras tenham cabal conhecimento da localização dos seus clientes e dos ramais que os abastecem. Isso possibilita que as entidades gestoras possam dimensionar as zonas de monitorização e controlo com maior rigor, bem como potencia o correto cálculo das perdas inevitáveis e dos consumos noturnos autorizados, quando se pretende apurar os volumes de perdas a recuperar em cada uma dessas zonas. Adicionalmente, o correto cadastro dos clientes ao nível do SIGC permite que as ligações clandestinas ou os furtos de água possam ser identificados com maior facilidade e rapidez, o que contribui para o aumento da eficiência da empresa e para a diminuição das perdas;

- a segunda área diz respeito à gestão do parque de contadores - a correta gestão dos equipamentos de medição utilizados para faturar os volumes de água fornecidos aos clientes é um elemento chave para se registarem valores diminutos de perdas aparentes. Os SIGC devem gerir os tempos de instalação dos contadores, bem como os respetivos volumes de água medidos, alertando para a necessidade de substituição preventiva dos aparelhos de medição, com base nos critérios definidos na *Measuring Instrument Directive* (MID) ou nas transposições legais para cada país comunitário. A substituição atempada dos contadores irá diminuir significativamente o volume de água perdida por submedição, aumentando a eficiência das empresas. Paralelamente, os sistemas de informação devem também permitir que as entidades gestoras sejam capazes de identificar o tipo de contador adequado a instalar em cada local de consumo, facilitando a associação dos perfis de consumo de cada cliente às curvas de medição dos contadores;
- a terceira é referente à leitura e faturação dos volumes fornecidos – as entidades gestoras devem incluir no seu relacionamento comercial o respeito pela faturação exata dos volumes de água fornecidos, evitando o recurso a valores estimados. As estimativas de consumo são, no entanto, aceitáveis quando associadas a correções sazonais de faturação, efetuadas com base em leituras reais dos contadores. O conhecimento prévio do cadastro físico de cada local de consumo e a utilização de contadores adequados, permitem que as entidades gestoras procedam à leitura de todos os locais de consumo, evitando mesmo potenciais trocas de leituras de contadores por informação incorreta ou inexistente. Por outro lado, a existência de módulos de gestão de leituras e faturação nos SIGC permite que as entidades ges-



toras identifiquem com facilidade situações de contadores parados e atuem em conformidade para solucionar rapidamente essas ocorrências;

- a quarta e última área é respeitante aos relatórios e indicadores de gestão – os SIGC devem disponibilizar às entidades gestoras um conjunto de relatórios e indicadores que sirvam de base à tomada de decisão de cada empresa. Esses relatórios devem ser estruturados com base nas variáveis em estudo, podendo mesmo ser customizados por cada utilizador de modo a permitir a realização de análises mais pormenorizadas. Para a gestão das perdas são exemplo os relatórios de locais com consumo zero, de locais sem cliente associado ou mesmo os relatórios de contadores cujo tempo de instalação é superior a um determinado número de anos.

A utilização de um SIGC com elevada performance pode também potenciar a imagem da empresa junto dos seus clientes, transmitindo uma imagem de organização e eficiência que, em casos extremos, conduzirá à dissuasão de comportamentos menos lícitos por parte de alguns clientes, bem como à diminuição das situações de furtos de água.

Torna-se, assim, evidente que a utilização de um sistema de informação de gestão de clientes é uma ferramenta preponderante para a gestão das perdas numa entidade gestora, tendo inclusive um impacto direto na sustentabilidade financeira do negócio e nos níveis de serviço prestado ao cliente.

5.1.3 Modelo Digital do Terreno

Um Modelo Digital do Terreno (MDT) consiste num conjunto de dados em suporte numérico que, para uma dada zona, permite associar a qualquer ponto um valor correspondente à sua altitude. Deste modo, um MDT poderá ser representado de uma forma bidimensional ou tridimensional, nomeadamente através de um conjunto de pontos ou de linhas com uma regra de interpolação associada ou, como é mais correntemente considerado, como uma superfície composta por células dispostas regularmente num espaço tridimensional.

Assim, é possível estabelecer uma associação entre as entidades existentes no cadastro em SIG e o respetivo modelo digital do terreno, possibilitando uma análise espacial relativa à informação altimétrica, com todas as vantagens na definição de zonas altimétricas diferenciadas.

5.1.4 Modelo hidráulico do sistema

Os modelos hidráulicos do sistema são ferramentas informáticas que, com uma margem de erro estimável, permitem analisar e prever o comportamento hidráulico do sistema a partir das características dos seus componentes, da sua forma de operação e dos consumos solicitados. Estes modelos permitem, assim, a rápida e eficaz realização de análises de sensibilidade e a simulação de cenários alternativos, com suficiente aproximação, sem ser necessário intervir no sistema em causa ou arriscar a realização efetiva de modos de operação desconhecidos.

Tipicamente, os modelos de simulação são instrumentos computacionais utilizados ao nível do projeto e do diagnóstico de funcionamento de sistemas de transporte e distribuição de água. No entanto, estão cada vez mais a ser desenvolvidos e aplicados pelas entidades gestoras com vista a uma tomada de decisão mais fundamentada em diversas situações de operação menos comuns.

A simulação do comportamento do sistema pode ser utilizada para prever a sua resposta face a gamas alargadas de condições operacionais e ambientais, podendo assim antecipar-se um conjunto de soluções antes dos investimentos serem realizados.

Genericamente, um modelo de simulação hidráulica de um sistema de abastecimento de água é composto por:

- um conjunto de dados descritivos das características físicas do sistema, das suas solicitações (consumos) e das suas condições operacionais;
- um conjunto de equações matemáticas que reproduzem o comportamento hidráulico dos componentes individuais e do sistema como um todo,

expressas em termos das principais variáveis de estado, por exemplo, o caudal nas condutas ou a pressão nos pontos notáveis;

- algoritmos numéricos necessários para a resolução iterativa desse conjunto de equações matemáticas.

Um modelo pode ser formulado e resolvido de forma inteiramente manual, sem recurso a aplicações computacionais. No entanto, dada a complexidade e inerente morosidade dos cálculos, foi com a implementação informática que os modelos deste tipo passaram a constituir uma ferramenta viável e útil para a simulação efetiva dos sistemas em gamas alargadas de condições operacionais.

A descrição da infraestrutura no modelo é limitada à topologia e aos parâmetros associados à modelação, não sendo necessária toda a informação normalmente disponível no SIG. No entanto, a existência de um SIG na entidade gestora permite a criação de modelos de simulação de um modo muito mais rápido, dado que uma parte substancial da informação necessária para a modelação poderá ser exportada diretamente do SIG.

Para além da descrição do sistema físico, um programa de simulação possibilita ao utilizador a construção de uma descrição detalhada dos consumos de água e dos modos de operação, incluindo as condições impostas por níveis de reservatórios e/ou ligações a outros sistemas.

Na posse desta informação, o software de simulação oferece a possibilidade de calcular o equilíbrio hidráulico do sistema, exprimindo de forma numérica e gráfica os valores das variáveis de estado, tais como:

- a pressão e a cota piezométrica nos pontos notáveis da rede (por exemplo, nos pontos de consumo), incluindo o nível de água nos reservatórios;
- a velocidade de escoamento, a perda de carga e o caudal nas condutas, válvulas e bombas;

- o estado de abertura/fecho ou a regulação de válvulas e bombas.

Os modelos de simulação têm múltiplas aplicações nos domínios do planeamento, projeto, operação, manutenção e reabilitação de sistemas de transporte e distribuição de água, entre as quais se destacam:

- o dimensionamento dos sistemas, através da procura das melhores topologias, da seleção de diâmetros e materiais para as condutas e restantes componentes e do dimensionamento de reservatórios e instalações elevatórias;
- o apoio à elaboração de planos de desenvolvimento estratégico, com recurso à simulação das grandes opções, baseadas essencialmente em projeções no tempo, sobretudo dos consumos;
- a simulação de problemas e cenários de operação corrente, como sejam consumos de ponta sazonal, gestão dos níveis em sistemas com múltiplos reservatórios de serviço, ou situações de emergência como falhas em grupos elevatórios, suspensão de condutas ou combate a incêndios;
- o treino de operadores em sistemas de operação complexa, evitando que a aprendizagem incorra em riscos diretos para o sistema e para os clientes;
- a gestão da reabilitação de sistemas deficientes e a programação das intervenções com minimização de impacto no cliente;
- a redução dos consumos energéticos decorrentes da exploração de estações elevatórias;
- o apoio à setorização das redes, pela análise da viabilidade e impacto da criação das ZMC;
- o controlo de perdas de água, por exemplo através de programas de redução de pressões de serviço.

5.2 Medição de caudal

A monitorização e o controlo de perdas exigem uma medição rigorosa de caudais, sendo de grande importância a seleção e instalação adequadas dos medidores a instalar em cada local de controlo.

Na formulação da estratégia de combate às perdas de água, a primeira premissa a considerar é a correta medição, em função da qual se desenvolvem as tarefas de quantificação, identificação e a conseqüente retificação.

O esquema de monitorização mais comum em qualquer sistema de abastecimento, onde se procura localizar os potenciais pontos de fugas, tem por base os medidores de caudal ou contadores de água que se localizam ao longo de todo o sistema, desde a captação, passando pelas saídas das ETA, reservatórios, entradas de zonas monitorizadas e consumos de grandes clientes.

Na **Figura 5.2**, apresenta-se um esquema simplificado de monitorização de um sistema de abastecimento de água, no qual estão identificados os locais onde, tipicamente, são instalados os medidores de caudal ou contadores de água.

A existência de elevados níveis de rigor e fiabilidade na medição é essencial num sistema de abastecimento, desempenhando um papel fundamental na gestão da rede e dos ativos da empresa. Realizada de forma contínua, a medição proporciona informação fiável sobre os volumes de água que entram, saem e que são consumidos nos sistemas de abastecimento, assumindo-se como motor para a monitorização eficaz e eficiente do sistema e para a avaliação das perdas. A disponibilidade de valores medidos e a confiança nos mesmos são fundamentais para o cálculo do balanço hídrico, permitindo considerar valores efetivamente lidos em vez de se recorrer à utilização de estimativas. A adoção deste tipo de lógica é fundamental:

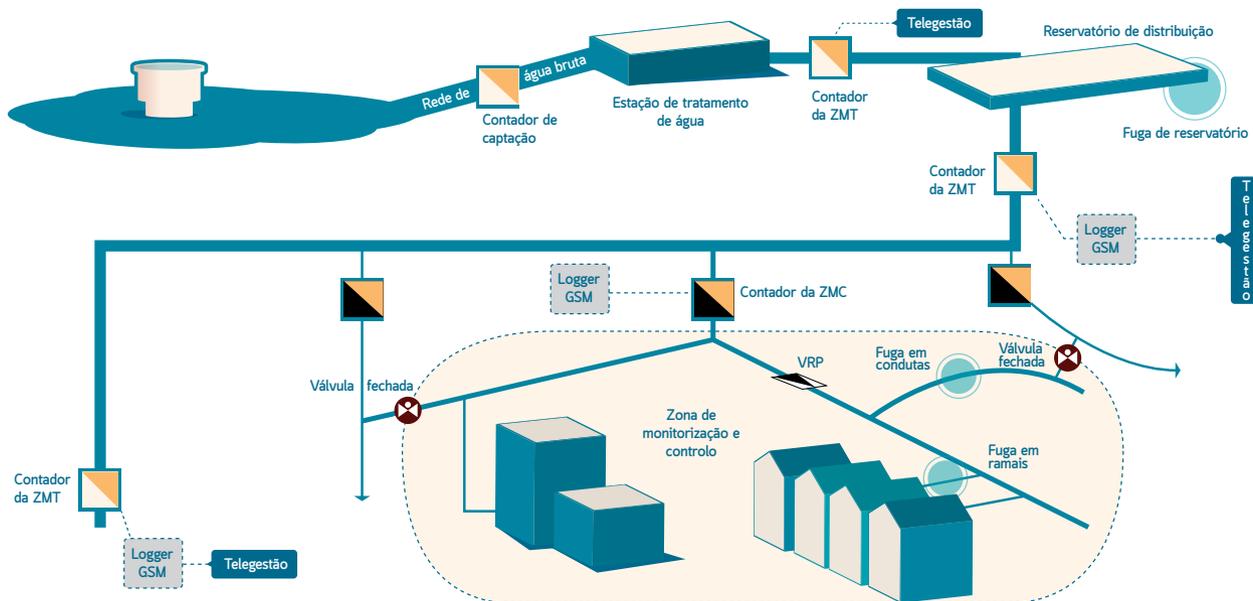


Figura 5.2 Esquema de monitorização de um sistema de abastecimento

a) Ao nível das ZMC

Uma medição apurada dos caudais noturnos em zonas de abastecimento é imprescindível para identificar o surgimento de novas fugas, que podem ser rapidamente localizadas e reparadas, independentemente da existência de medição nos clientes, bem como a determinação precisa do NEP para cada ZMC.

b) Ao nível dos clientes

O principal desafio enfrentado pelas entidades gestoras de distribuição de água é a capacidade para manter a sustentabilidade económico-financeira das suas atividades. Como uma parte significativa da receita assenta nos valores do consumo dos seus clientes, a maioria das empresas depende da medição dos respetivos consumos para determinar o valor a faturar e a cobrar pela água fornecida. Logo, é essencial que a medição seja tão rigorosa quanto possível, dentro de limites de viabilidade técnico-económica. Por outro lado, é comum a existência de grandes clientes que podem representar um "peso" significativo ao nível do movimento de caudais nas ZMC, pelo que é muito importante que estes sejam objeto de análise específica para permitir a sua consideração na análise e no balanço hídrico dessas ZMC.

No âmbito do referido, resulta claro que o instrumento "medidor de caudal" ou "contador de água" se constitui como uma peça chave para qualquer entidade gestora, designadamente para a sua sustentabilidade e para a própria confiança nos valores dos volumes de água que ela reporta aos diferentes níveis do seu processo.

O Medidor de Caudal ou Contador de Água é a base para a correta faturação dos clientes, para a avaliação e controlo da performance global do sistema, bem como substância para uma estratégia de setorização, sobretudo quando associada a implementação de zonas de medição e controlo. A sua correta seleção e adequação ao campo de aplicação, em conjunto com uma correta instalação são premissas fundamentais para um bom desempenho do mesmo.

Os equipamentos a utilizar em medição de água devem ser especificados de acordo com o campo de aplicação

e o nível de rigor estabelecido, quer pela legislação quer pela própria empresa.

De entre os diferentes equipamentos aplicáveis existem dois tipos de soluções frequentemente usadas na medição de água, que se distinguem em termos tecnológicos pelos princípios em que assenta o seu funcionamento: os contadores mecânicos, ultrasónicos e os caudalímetros eletromagnéticos.

Os consumos em clientes domésticos, comerciais, industriais e em entidades públicas são medidos, em geral, por contadores de água cujo funcionamento se baseia em princípios mecânicos. Os contadores aplicados na monitorização da rede ou das ZMC podem assentar também nestes princípios.

Um contador de água mecânico é um instrumento de medição que incorpora um totalizador e que permite determinar de forma contínua o volume de água que passa no seu interior. Esta medição pode ser efetuada por meios mecânicos diretos (contador volumétrico) ou indiretos (contador de velocidade).

O contador volumétrico mede diretamente o volume de água que por ele passa, através da contagem do número de rotações do êmbolo, movimentado por ação do escoamento, que efetua no interior de uma câmara. O volume totalizado pelo contador corresponde ao número de vezes que a câmara, com paredes interiores móveis e cujo volume é conhecido, se enche e esvazia a água que passa no contador.

O contador de velocidade, como o próprio nome indica, mede indiretamente o volume de água que nele passa relacionando-o com a sua velocidade de escoamento. É constituído por um elemento rotativo sensível a esta velocidade que, por meios mecânicos ou outros, converte o seu movimento em volume passado num dado intervalo de tempo. De acordo com a sua construção, existem três tipos de contadores mecânicos de velocidade: turbina monojacto, turbina multijacto e *Woltmann*. O primeiro tipo de contador tem como elemento primário uma turbina de pás planas, montada perpendicularmente à direção do escoamento, que é posta em rotação pela

incidência na sua periferia de um único jacto de água. O segundo tipo difere do anterior fundamentalmente no número de jatos de água em que o escoamento se decompõe, passando a incidir na turbina em múltiplos pontos da sua periferia. O último tipo de contador é dotado de uma hélice acionada pelo escoamento. O eixo da hélice pode estar disposto paralela ou perpendicularmente ao eixo da conduta sendo o contador designado, respetivamente, por *Woltmann* horizontal ou vertical.

Na **Figura 5.3** ilustram-se os elementos diferenciadores dos diversos tipos de contadores, volumétricos e velocimétricos, anteriormente descritos.

TIPO DE CONTADOR		ELEM. CONSTRUTIVO
VOLUMÉTRICO		
VELOCIDADE	TURBINA	MONOJATO
		MULTIJATO
	WOLTMANN	VERTICAL
		HORIZONTAL

Figura 5.3 Elementos construtivos diferenciadores dos contadores volumétricos e velocimétricos

Os contadores volumétricos apresentam, ao longo do tempo de funcionamento, uma exatidão e uma sensibilidade muito elevadas devido ao tipo de conceção e ao respetivo elemento medidor, o que leva a que o volume de água que o atravessa seja efetivamente contabilizado, à exceção de uma quantidade residual que se escoia através das folgas existentes entre os elementos em rotação e das paredes fixas que são necessárias para o seu movimento (**Figura 5.4**).

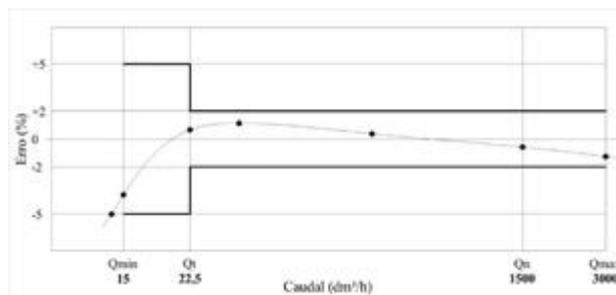


Figura 5.4 Curva de erros característica de um contador volumétrico Qn1,5 m³ (DN15), Classe C

Estes contadores são correntemente aplicados na medição de consumos domésticos ou de outros, de pequena escala, sendo mais rigorosos do que os contadores de velocidade, uma vez que medem diretamente o volume, ao contrário dos últimos em que o volume é inferido. No entanto, a apertada tolerância inerente à conceção do êmbolo torna-os mais suscetíveis ao desgaste mecânico e entupimento dos componentes, devido à eventual presença de areias e partículas transportadas pela água.

Os contadores velocimétricos de turbina, podendo ser tão exatos como os volumétricos, divergem rapidamente, ao longo da sua utilização, dos parâmetros de qualidade de medição que os caracterizam no seu estado inicial. É, assim, normalmente admitido que o desempenho deste tipo de contadores é inferior ao dos contadores volumétricos, devido à menor sensibilidade e à elevada degradação dos seus componentes.

É do conhecimento geral que impurezas, tais como areia ou ar, podem entrar na rede e causar problemas ao normal funcionamento dos contadores mecânicos de

água. Ao longo de muitos anos, os fabricantes de contadores desenvolveram técnicas para lidar com danos causados por estas impurezas, mas é um dado adquirido que durante o seu período de funcionamento estes instrumentos de medição perdem exatidão para além dos limites aceitáveis, necessitando de um ciclo de substituição regular, normalmente cerca de sete anos.

Um problema adicional que ocorre com os contadores mecânicos é a conversão das leituras em sinais eletrónicos de dados exigidos pelos sistemas de leitura automática de contadores. Mais uma vez, os fabricantes desenvolveram métodos para o fazer, mas todos eles implicam uma ou outra forma de sistema eletromecânico, que se desgasta com o tempo e está sujeito a falhas mecânicas.

Uma das limitações mais comuns associada aos contadores mecânicos quando se trata de equacionar a sua instalação na rede para controlo de entradas/saídas de caudal em ZMC prende-se com o facto de não serem compatíveis com a possibilidade do escoamento se processar de forma bidireccional, implicando a consideração de outro tipo de instrumento de medição, normalmente os medidores eletromagnéticos.

Os caudalímetros eletromagnéticos designam-se deste modo por medirem a quantidade de água que passa por unidade de tempo no seu interior, recorrendo a um princípio de funcionamento baseado na *Lei de Faraday*. Esta lei relaciona o caudal com a força eletromotriz induzida pelo escoamento da água num campo magnético

perpendicular, criado a partir de uma bobina alimentada eletricamente ([Figura 5.5](#)).

Este instrumento é composto por um elemento primário, ou sensor, e por um elemento secundário, ou conversor, que converte o caudal instantâneo no volume total passado ao longo do tempo de integração. É utilizado em clientes municipais de grande dimensão e na medição em grandes clientes industriais, sendo a sua aplicação na monitorização de redes cada vez mais vulgar. Podem ser acionados por uma fonte de energia elétrica ou através de bateria específicas, cuja vida útil tem vindo a ser progressivamente incrementada com a evolução tecnológica.

Os contadores funcionam num intervalo finito de caudais ao longo do qual o erro com que a medição é efetuada, embora variável, não deve ultrapassar valores considerados admissíveis para o nível de rigor requerido. A principal origem dos erros advém do desempenho que caracteriza o próprio equipamento. Estes erros, após serem determinados num laboratório de calibração, poderão ser minimizados através do ajuste do contador. As condições em que o contador se encontra instalado e em operação representam outro importante fator que pode afetar significativamente o rigor da medição, caso na respetiva instalação não sejam aplicadas e respeitadas as instruções do fabricante e adotadas as práticas recomendadas por normas e guias de referência da especialidade. Nesta documentação encontram-se definidos os requisitos mecânicos, hidráulicos e elétricos que

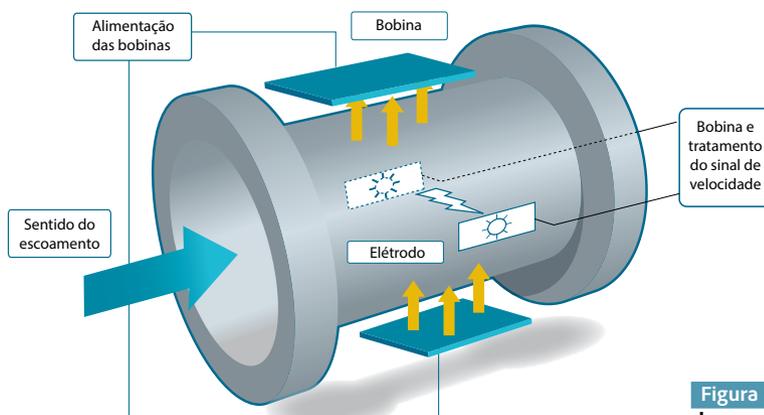


Figura 5.5 Representação esquemática de um medidor de caudal eletromagnético

Na rede de Lisboa, no âmbito da setorização da rede de distribuição, foram instalados 179 medidores de caudal eletromagnéticos, que, associados a equipamentos de telemetria ou ao SCADA, permitem a monitorização em contínuo das 152 ZMC em que foi dividida a rede de distribuição

58

devem ser respeitados com vista à correta instalação do equipamento, assim como as condições ambientais adequadas à sua operação, nomeadamente no que respeita à necessidade de limitação das perturbações de origem climática, elétrica, eletromagnética ou mecânica.

Na seleção do contador a utilizar em cada caso deve ser considerado, para além do nível de rigor da medição, o perfil de consumo cuja gama de caudais se pretende medir, os condicionalismos do local de instalação, se o escoamento se processa em um ou em ambos os sentidos, a aptidão do equipamento para a emissão de sinais para leitura remota do caudal, a qualidade da água, as características construtivas e metrológicas do próprio equipamento e os custos envolvidos.

Assim, para a seleção do instrumento mais adequado à medição de determinados caudais na rede de abastecimento devem ser previamente diagnosticados a gama de caudais e o perfil de consumo que se pretende medir no local de instalação e, de acordo com as características hidráulicas deste, deve ser escolhida a tecnologia mais apropriada (Quadro 5.1)

Uma das fases mais importantes na seleção do contador é a que corresponde ao dimensionamento deste ins-

trumento para a medição ao longo de uma determinada gama de caudais característica do perfil de consumo que se pretende monitorizar. Neste caso é importante que o intervalo de medição associado ao equipamento, que se caracteriza por um caudal mínimo e um caudal máximo, abranja essa faixa em toda a sua amplitude, sobretudo no que respeita aos caudais mais significativos para esse tipo de perfil, o que, em sistemas em que o caudal a medir pode variar significativamente, poderá exigir uma análise mais aprofundada.

Um contador dimensionado para medir com rigor até um determinado caudal mínimo, começará a submedir, ou seja, a introduzir uma perda aparente significativa, em caudais que lhe sejam inferiores.

Por vezes os contadores instalados estão desnecessariamente sobredimensionados porque o instalador considerou que um contador de maior calibre permite o escoamento de um caudal mais elevado pelo seu interior sem que a perda de pressão que este provoca seja significativa. Esta situação tenderá a dar origem a submedição - e, portanto, a perdas aparentes -, uma vez que o contador opera numa faixa de caudal desajustada face ao que caracteriza os limites inferior e superior do respetivo intervalo de medição.

Dimensionamento em função dos caudais a medir	Escolha da tecnologia em função da aplicação	Instalação de acordo com as normas do fabricante	Plano de verificação metrológica
Intervalo de medição	Sentido do escoamento	Posição de instalação	Determinado por lei - Metrologia Legal
Caudal nominal ou permanente	Telemetria	Troços de estabilização	Segundo as instruções do fabricante
Erros admissíveis na medição	Resolução da leitura		
Caudal máximo ou sobrecarga	Qualidade da água		

Quadro 5.1 Aspectos relevantes para a escolha e instalação de um medidor de caudal

O exposto permite evidenciar a importância da medição de volumes de água e de caudais no âmbito de uma estratégia de monitorização de rede e de controlo de perdas. Assim, as entidades gestoras que pretendam colocar em prática este tipo de estratégia devem dispor de uma política consistente de medição da água visando assegurar o rigor da medição e a coerência de atuação ao longo das diferentes fases da implementação dessa estratégia.

5.3 Setorização e monitorização da rede

A primeira abordagem consistente e reportada à definição de uma Zona de Medição e Controlo (ZMC), aplicada no Reino Unido, foi efetuada nos anos 80 do século passado. A estratégia de setorização da rede para a monitorização de fugas tem por base a implementação de uma rede de distribuição totalmente dividida em setores, que podem ser analisados de forma autónoma. Nesse sentido, é necessária a instalação de medidores de caudal em pontos estratégicos, para que seja possível medir todo caudal que entra, ou sai, de uma determinada zona perfeitamente delimitada por uma linha de fronteira permanente e conhecida, a qual é garantida através do correto fecho de válvulas. A Zona de Medição e Controlo permite a análise dos caudais medidos, em particular do caudal noturno, possibilitando o cálculo do respetivo Nível de Fugas, bem como a obtenção de indicadores necessários para a tomada de decisão relativa às intervenções na rede. Os avanços nas tecnologias de transmissão de dados associadas aos equipamentos de medição de caudal instalados nas ZMC permitem atualmente a efetiva monitorização dessa informação, pelo que faz sentido alterar a sua designação para Zonas de Monitorização e Controlo, mantendo-se a sigla ZMC.

As ZMC constituem-se, portanto, como uma ferramenta de apoio à gestão e melhoria da eficiência das redes e para deteção e controlo das perdas atribuíveis, nomeadamente, a roturas. Se, numa fase inicial da implementação da setorização, a existência de ZMC permite definir uma ordem para a intervenção de acordo com os piores indicadores de desempenho, com a progressiva extensão da setorização a toda a rede e o inerente aumento da

complexidade da análise, a monitorização contínua do conjunto de ZMC passa a desempenhar um papel fundamental para a manutenção do desempenho da rede, designadamente através da identificação antecipada de novas roturas, com o consequente despoletar dos mecanismos necessários para as ações de deteção e reparação.

Esta abordagem é particularmente bem-sucedida quando implementada em conjunto com um sistema de análise mais sofisticado dos dados, que permita a análise de um conjunto de ZMC de forma uniforme e expedita, bem como orientar, de forma rápida, as equipas para as atividades no terreno. Esta análise passará normalmente pelos valores de caudal noturno, medido e registado diariamente, ficando disponível para futuras comparações.

A implementação da setorização da rede, com o objetivo de monitorização das fugas, resultará também em grandes melhorias na gestão e conhecimento da rede, designadamente ao nível da:

- **Quantidade e qualidade da informação disponível sobre a rede e o seu funcionamento**

Os sistemas de monitorização das redes de abastecimento de água que não se encontram setorizadas têm como objetivo principal o controlo da rede, para garantir um abastecimento regular aos clientes e os níveis de reserva, sendo a análise efetuada numa escala global, baseada na totalidade da zona altimétrica em análise. A informação disponibilizável, geralmente através do sistema SCADA, visa a constante melhoria dos processos de exploração da rede de distribuição.

A setorização da rede em pequenas zonas de monitorização e controlo permite aumentar a quantidade de informação disponível, dada a muito maior abrangência da medição, tornando possível fazer uma análise de pormenor do funcionamento da rede de abastecimento, designadamente ao nível da gestão da pressão na rede, da localização de anomalias não visíveis e das respetivas causas e, obviamente, a monitorização dos caudais noturnos de cada uma das ZMC.

- **Identificação dos consumidores de cada ZMC e de consumos noturnos anormais**

A implementação, numa rede de distribuição, de um conjunto de ZMC delimitadas por uma linha de fronteira permanente e bem definida, possibilita a monitorização permanente de caudais que entram e a saem da ZMC, sendo os indicadores de existência de perdas obtidos com base nos caudais noturnos. A receção, numa base diária, dos dados de consumo de cada ZMC permitirá também verificar alterações nos consumos e a macro-localização, ao nível da ZMC, de roturas na rede (ou de eventuais manobras na rede).

- **Avaliação dos caudais das Zonas de Medição e Transporte**

A aplicação de metodologias de setorização a zonas de medição em condutas de transporte na rede de abastecimento, designadas por Zonas de Medição e Transporte (ZMT) envolve algumas particularidades. Com efeito, estas zonas diferem das ZMC por serem constituídas por condutas de maior diâmetro, normalmente superior a 300mm, e serem praticamente isentas de ramais diretamente abastecidos. Os métodos de avaliação e medição de caudais e perdas a considerar são os mesmos das ZMC, podendo, no entanto, a análise ser dificultada quer pela existência de um maior número de locais de medição - entradas/importações ou saídas/exportações para ZMC - quer pela relevância que os próprios erros de medição poderão assumir.

- **Gestão e/ou controlo da pressão na rede de distribuição de água**

O acesso aos dados, tanto de caudal na entrada das zonas como de pressão em cada zona ou grupo de zonas monitorizadas, facultou um nível adicional de conhecimento da rede, passando a ser possível reajustar a gestão de pressões da rede e otimizar a operação. O nível de pressões da rede deve observar os valores regulamentares

de pressão de abastecimento aos clientes, mas também a prevenção da ocorrência de roturas e a minimização dos valores de perdas de água. Este tipo de análise poderá conduzir ao que se designa por "controlo ativo das pressões da rede", podendo ser concretizado, designadamente, mediante a instalação de Válvulas Reguladoras de Pressão (VRP) na entrada de ZMC ou em pequenos setores de uma ZMC (e.g. Trow e Tooms, 2014).

5.4 Zonas de Monitorização e Controlo

5.4.1 Conceito de Zona de Monitorização e Controlo

Define-se como Zona de Monitorização e Controlo (ZMC) uma área da rede de distribuição, com dimensão apropriada, na qual é possível avaliar eficazmente os consumos e caudais contínuos de abastecimento através dos contadores ou caudalímetros instalados nas respetivas entradas e saídas.

A ZMC comporta-se como um polígono virtual, implementado na rede, estando a sua forma e dimensão dependentes das características do traçado da rede e da sua topografia. As ZMC deverão cumprir as seguintes condições:

- disporem de um ou mais pontos perfeitamente conhecidos de entrada e saída de água, munidos de medição rigorosa e fiável de caudal;
- serem áreas discretas, com fronteiras perfeitamente definidas e fixas, não permitindo a ligação ou intercâmbio de caudais com as zonas adjacentes;
- poderem apresentar pontos de interface com ZMC vizinhas, comportando-se como cascatas, desde que nos mesmos estejam instalados equipamentos de medição, permitindo o controlo dos volumes trocados entre as ZMC contíguas.

A linha de fronteira das ZMC é fisicamente definida por válvulas de seccionamento fechadas, designadas por

válvulas limite de ZMC (VZMC), no caso da existência da rede adjacente pertencer ao mesmo patamar altimétrico, e por válvulas limite de zona (VLZ), no caso da rede adjacente pertencer a outros patamares altimétricos ou subsistemas. Se não existir rede adjacente, a implementação da ZMC não implica o fecho de qualquer válvula, passando a designar-se por "ZMC natural" ou "ZMC naturalmente fechada". Para além do caudal, também deve ser permanentemente monitorizada a pressão junto da entrada das ZMC. Nos casos em que se processe um controlo ativo da pressão, além dos caudalímetros, são também instaladas válvulas redutoras de pressão (VRP), criando-se Zonas de Pressão Controlada (ZPC).

A instalação ou substituição de equipamentos de medição ou de controlo de pressão (VRP) deve ser encarada como uma oportunidade para efetuar melhoramentos na rede ou noutros dispositivos e equipamentos, sendo aconselhável:

- o estudo e identificação dos melhores locais para instalar os novos medidores de caudal e/ou outros equipamentos (ex. VRP, instrumentos, telemetria), sem esquecer de verificar a existência de boas condições para a instalação e, sobretudo, para o correto funcionamento dos sistemas de telemetria associados;
- a localização, diâmetro e tipo dos novos medidores de caudal a instalar, após consulta dos técnicos de exploração da rede e de equipamentos, tendo em conta possíveis desenvolvimentos futuros;
- a definição de propostas de intervenção para melhoria da rede e de outros equipamentos, com vista ao controlo da pressão na ZMC.

A **Figura 5.6** contempla uma representação esquemática de duas ZMC contíguas, cuja conceção viabilizou a pos-

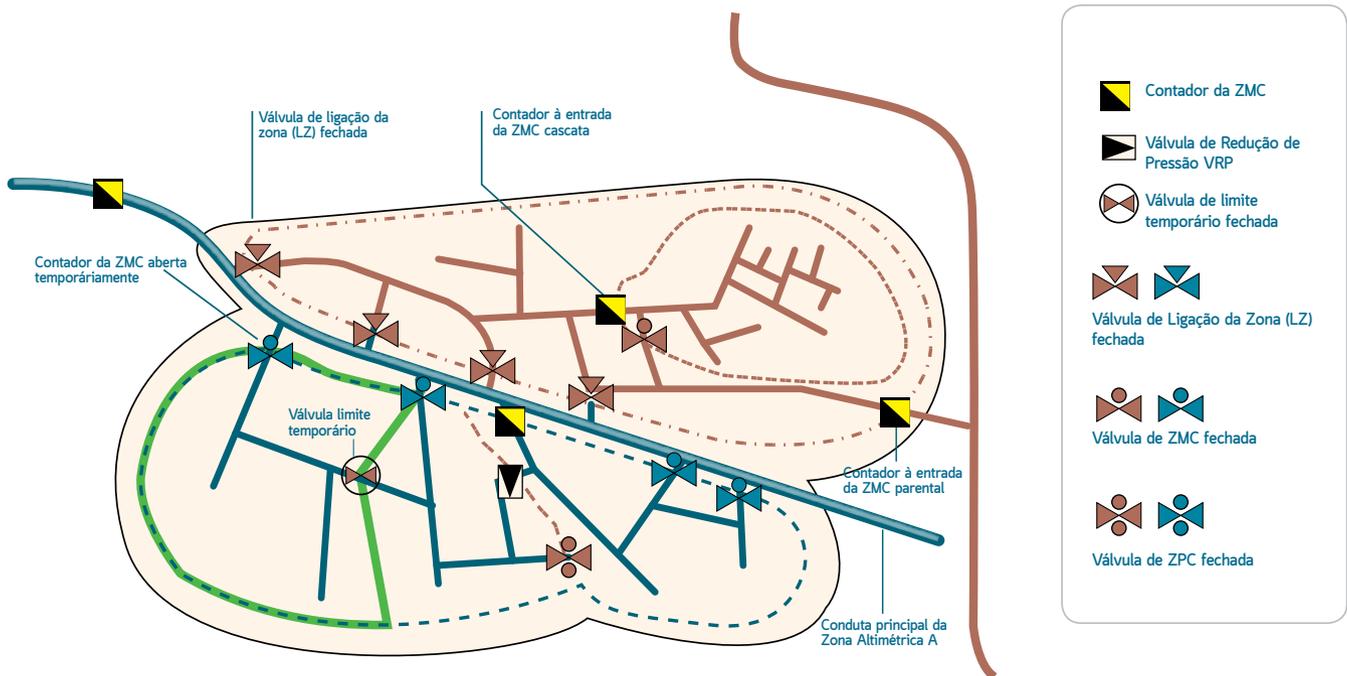


Figura 5.6 Representação esquemática de duas ZMC

sibilidade de poderem funcionar, ainda que temporariamente, repartidas em ZMC de menor dimensão, o que se revela muito útil para a exploração da rede, designadamente no que respeita à eficácia e rapidez de identificação de problemas existentes na ZMC.

5.4.2 Dimensionamento da ZMC

Existe uma série de fatores que devem ser considerados para o correto dimensionamento de uma ZMC numa rede de distribuição, incluindo a dimensão e características físicas das zonas, mais-valias económicas, melhoria no serviço ao cliente e qualidade da água. De forma mais pormenorizada, o dimensionamento de uma ZMC deverá ter em conta, designadamente, as seguintes vertentes:

- **Área e densidade geográfica dos consumidores**

A dimensão de uma ZMC é expressa pelo número de clientes associados. A IWA preconiza que uma ZMC típica, implementada numa área urbana, deverá compreender entre 1.000 a 3.000 clientes conforme a densidade populacional na rede de abastecimento, a existência de grandes clientes e condicionantes impostas pela própria tipologia do abastecimento. É interessante notar que, pese embora a IWA preconize a expressão das perdas em função do número de ramais, quando se trata de procurar minimizar as perdas através de um correto dimensionamento das ZMC, a IWA preconiza a utilização do número de clientes, ou contadores, em vez do número de ramais.

Da experiência recolhida na gestão da rede de Lisboa, e tal como anteriormente referido, considera-se que a utilização do número de clientes é apropriado, tendo-se concluído ser uma boa prática que, em regra, as ZMC englobem entre 1.500 a 2.500 clientes. Convém notar que isto auxilia na comparação de desempenho das ZMC, visto que têm dimensões semelhantes, o que evita ou reduz problemas na análise de caudais mínimos noturnos, uma vez que devem ser da mesma ordem de grandeza.

Sublinhe-se que a designação "cliente" refere-se a uma entidade individual, empresarial, coletiva ou pública que possui um contrato de fornecimento de água formalizado com a entidade gestora do sistema. No caso da cidade de Lisboa e da realidade Portuguesa em geral, como a medição é universal, a cada cliente está associado um contador específico, situação que não tem correspondência direta noutras cidades e países, em que a medição não é universal.

Para além do critério suprarreferido, existem, ainda, outros fatores importantes para um correto dimensionamento de uma ZMC, como sejam o comprimento total de rede - considerando-se que não se deve exceder valores na ordem de 5 a 10 km, sendo que quanto menor a extensão mais rápida tende a ser a deteção das fugas - e o caudal médio consumido na ZMC - considerando-se, como referência, valores da ordem de 1.000 a 1.200 m³/dia.

- **Variação das cotas topográficas do traçado da rede e dos pontos do abastecimento**

As ZMC devem abranger áreas pertencentes ao mesmo patamar altimétrico de abastecimento, respeitando sempre os valores máximos e mínimos regulamentares de pressão. Na impossibilidade de cumprir aqueles requisitos, devem ser equacionadas subzonas de pressão controlada no interior das ZMC, através da instalação de válvulas redutoras de pressão (VRP).

Por razões de facilidade e de aquisição de experiência, é aconselhável que o processo de setorização da rede se inicie através da implementação de "ZMC naturais", isto é, aquelas áreas da rede que já se encontravam naturalmente fechadas. Só após a aprendizagem e a aquisição de sensibilidade proporcionado por estas primeiras intervenções na rede, se deve avançar para as áreas mais complexas, em que o fecho das válvulas de fronteira requer um planeamento mais cuidadoso e um maior conhecimento específico.

- **Nível Económico de Perdas (NEP)**

Tendo por base o intervalo determinado para o Nível Económico de Perdas (NEP) associado à rede de abastecimento em questão, o processo de setorização implicará um maior ou menor esforço de investimento ao nível da monitorização da rede e consequentes trabalhos de controlo ativo de fugas. O interesse assumido pela entidade gestora em atingir o NEP irá também condicionar os recursos humanos e financeiros que serão direcionados para estas atividades de controlo ativo de fugas. Sublinhe-se que o grau de monitorização está intimamente dependente da dimensão e quantidade de ZMC a implementar na rede, bem como do controlo dos clientes-chave. Para uma melhor gestão global de uma rede de distribuição, as ZMC devem ser estabelecidas de acordo com a lógica de custo-benefício. Assim sendo, uma sub-zona completa ou zona altimétrica deve

ser sujeita à implementação de ZMC, mesmo que algumas sejam maiores que outras, dependendo do custo de implementação.

- **Existência de zonas particularmente sensíveis ou críticas para o correto abastecimento**

A definição dos limites das ZMC deve ter em consideração os registos já existentes, designadamente as experiências adquiridas ou os conhecimentos locais, sobretudo na observação das áreas próximas do limite inferior de pressão regulamentar de abastecimento. O dimensionamento das ZMC deverá obedecer a cuidados especiais, uma vez que um pequeno aumento de perda de carga no escoamento em determinados troços poderá prejudicar o abastecimento regular aos clientes.

Devem também ser salvaguardadas as malhas principais de abastecimento (por exemplo adutores/conduitas com diâmetros superiores à média dos encontrados na rede),



nas quais o caudal deve ser mantido, isto é, a linha limite da ZMC deverá seguir o percurso de menor resistência ao escoamento, devendo estas condutas ser, sempre que possível, excluídas do interior das ZMC. A impossibilidade da sua exclusão implica a instalação de caudalímetros de maior diâmetro, encarecendo os custos da implementação.

Existem ainda outros fatores que poderão influenciar o dimensionamento das ZMC, entre os quais se destacam:

- Fatores geográficos/demográficos, por exemplo áreas urbanas, industriais ou rurais;
- Técnicas de controlo de fugas disponíveis ou aplicáveis em determinadas zonas;
- Opções específicas das empresas de distribuição de água, por exemplo discriminação das roturas em condutas de serviço, facilidade na localização das roturas;
- Existência de condições hidráulicas, tal como a disponibilidade ou limitação de órgãos (válvulas), para implementação das fronteiras ou limites físicos das ZMC;
- Tipo de materiais e idade das condutas
- Manutenção dos níveis de serviço e da própria qualidade da água.

As ZMC implementadas em zonas urbanas com grande densidade populacional, tal como acontece no centro da cidade de Lisboa, podem incluir mais de 3.000 clientes, com um limite máximo apontado aos 5.000 clientes. Esta limitação é imposta, uma vez que maior densidade de habitações implica dificuldades acrescidas na análise dos caudais noturnos, na tomada de conhecimento da existência de roturas e consequente dificuldade na sua deteção e localização.

Por razões que se prendem com a análise dos caudais noturnos, a otimização do tempo associado à identificação da existência de roturas e consequente rapidez na sua deteção e localização, considera-se que a dimen-

são das ZMC deverá, sempre que possível, evitar que o número de clientes associados seja superior aos limites anteriormente referidos. Contudo, caso seja inevitável a criação de ZMC de maior dimensão, as mesmas podem ser subdivididas temporariamente, pelo fecho de válvulas no seu interior, em ZMC mais pequenas para efeitos da realização de estudos ou campanhas de deteção de fugas. Neste caso, ainda na fase de projeto, importa garantir a existência de válvulas (limites temporários) e a possibilidade de cada subzona ser alimentada de forma independente através do caudalímetro principal, permitindo, assim, a avaliação dos caudais noturnos parciais.

Neste contexto e apesar da diversidade de situações possíveis e das condicionantes anteriormente expostas, as ZMC podem subdivididas, relativamente à sua dimensão, nas seguintes categorias:

PEQUENAS: com menos de 1.000 clientes;

MÉDIAS: de 1.000 a 3.000 clientes;

GRANDES: com mais de 3.000 clientes.

Os valores apresentados referem-se a indicadores médios para a dimensão das ZMC em zonas urbanas, tendo sido testados e validados para o caso da cidade de Lisboa. No entanto, as gamas de valores apresentadas não são universais e absolutas, admitindo-se que possam ser difíceis de cumprir devido à natureza individual de cada ZMC, podendo carecer de ajustes em função da topografia da cidade, da sua topologia e das pressões de serviço da rede de distribuição, do tipo de habitações predominantes (vivendas, prédios, habitação social, etc.), da existência de grandes clientes (hospitais, centros comerciais, etc.), entre outros.

Por outro lado, importa sublinhar que, nas situações de implementação de ZMC em áreas rurais, é ainda mais difícil definir um limite para a dimensão espacial das ZMC. Com efeito, face a uma baixa concentração de habitações e clientes, as ZMC podem ter que abranger uma grande área geográfica, que poderá corresponder à globalidade de uma vila ou aldeia, ou envolver uma parte significativa das mesmas, devendo a análise ser efetuada em função de cada caso.

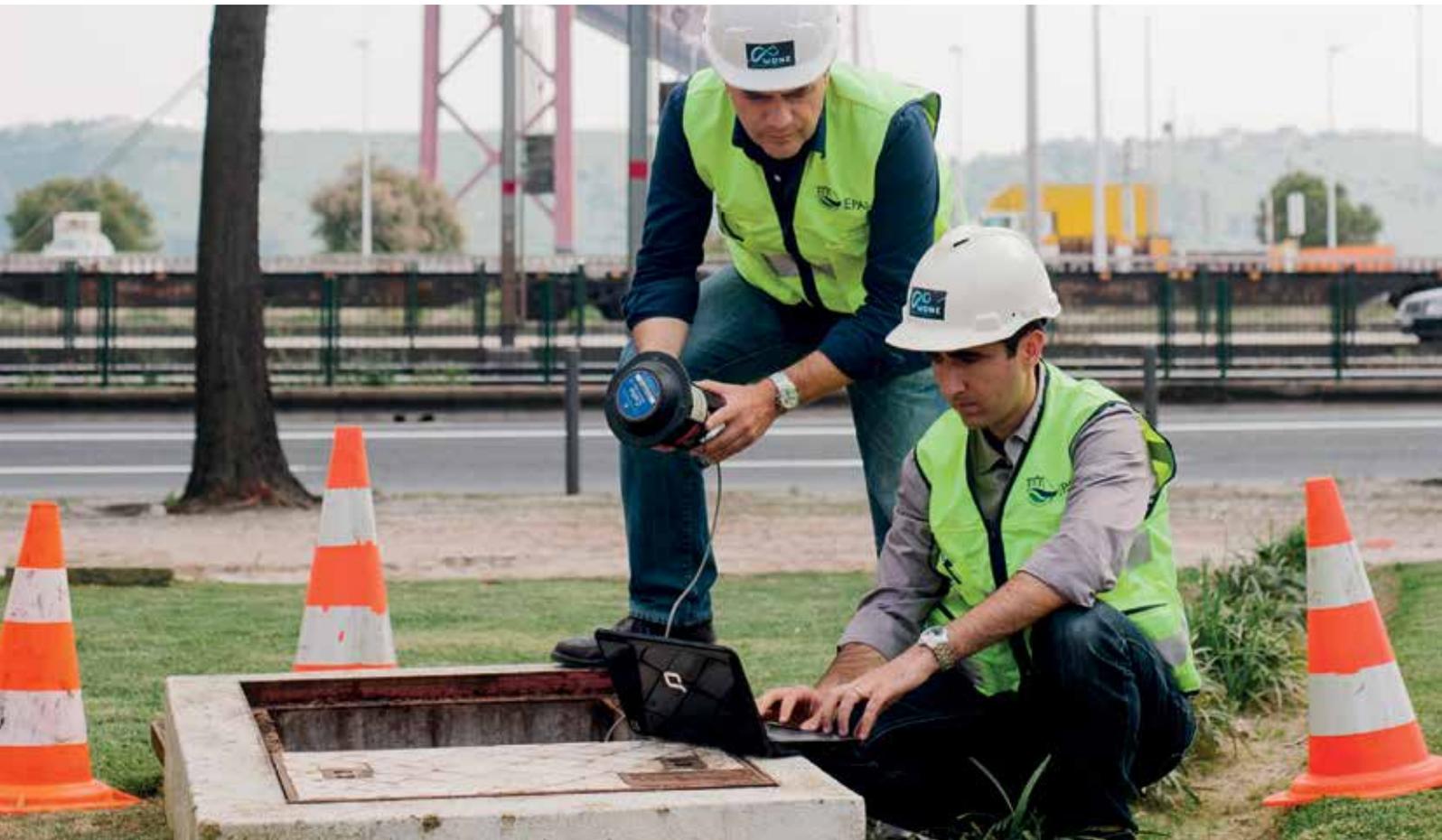
5.4.3 Considerações relativas à qualidade da água e limites da ZMC

A criação de uma nova ZMC, que não esteja definida naturalmente pelo traçado da rede em determinada área do sistema de distribuição, envolve normalmente o fecho efetivo de válvulas, definindo-se, assim, a sua fronteira com ZMC adjacentes. Esse procedimento implica, invariavelmente, a formação de novos extremos de rede, ou seja condutas sem saída e sem consumo onde a água tenderá a circular com menor velocidade de escoamento, podendo, em certas circunstâncias e momentos, ficar estagnada, o que normalmente não sucede num sistema completamente aberto ou malhado.

A existência de muitos extremos sem consumo, que poderá ser tão mais problemática quanto maiores os comprimentos específicos dos extremos, poderá aumentar a probabilidade de degradação da qualidade da água, com consequentes reclamações por parte dos clientes. Esta

situação poderá ocorrer a curto ou médio prazo, ou seja, a partir do momento em que se fecham as válvulas de limite de ZMC como, mais tarde, em situações em que é necessário operá-las para simples intervenções na rede. Assim, quanto maior for o número de extremos a criar para se implementar a fronteira de uma ZMC, maior a probabilidade de ocorrência destas reclamações.

A situação referida não é, contudo, um problema inultrapassável, devendo, na fases de projeto e implementação de ZMC, ser estudada a melhor forma de reduzir a quantidade de extremos, equacionando a necessidade de instalar novas válvulas na rede em zonas mais favoráveis. Caso não existam alternativas à existência dos extremos, e que daí possa resultar a degradação da qualidade da água, podem ser previstos sistemas de reposição do nível de residual de cloro e, em situações limite, podem ser previstos programas para descargas regulares e sistemáticas de água nesses extremos, minimizando, assim, o problema.



Sublinhe-se ainda que a criação de extremos não é necessariamente negativa para a rede. Com efeito, a análise associada à sua existência nas ZMC e o maior conhecimento daí decorrente, pode criar oportunidades de reorientação do sentido de escoamento de uma forma mais favorável, diminuir perdas de carga, melhorar pressões em certas zonas críticas da rede e corrigir situações de fraca qualidade da água (já existentes). Tal também pode ser conseguido através do aumento da velocidade de escoamento em zonas mais críticas, particularmente em condutas de grande diâmetro. No limite, tais situações podem ser resolvidas através da própria reconfiguração da ZMC em questão, passando uma parte da mesma para uma ZMC adjacente.

No caso do projeto de implementação das ZMC na cidade de Lisboa, existem vários exemplos em que foi necessária a reformulação dos limites de uma ZMC após o seu fecho inicial, na sequência da identificação de soluções para fazer face a problemas existentes na rede.

Neste contexto, verificaram situações em que se procedeu a adaptações dos limites de ZMC devido ao encerramento ou alteração de uso de instalações ou estabelecimentos hoteleiros que, situando-se em extremos de rede e apresentando consumos relativamente elevados, assegurado, só por si, que a circulação da água nessas zonas

da rede se processava com velocidades adequadas. Com a alteração das circunstâncias foi necessário reconfigurar as fronteiras das ZMC, geralmente com pequenas intervenções na rede, promovendo novas formas de circulação da água e criando condições para que o escoamento se processe através de velocidades adequadas. É nessas situações que as previsões dos modelos podem variar em comparação com dados reais.

Outra situação particularmente ilustrativa ocorreu numa zona com problemas recorrentes em termos de garantia da pressão mínima de serviço, devido à topografia e às cotas de alguns edifícios. Com a implementação de duas ZMC na área em questão, registou-se um agravamento das condições de abastecimento mas apenas uma dessas ZMC, situação indiciadora de que a origem do problema estaria nessa Zona de Monitorização e Controlo. Na sequência de uma investigação mais pormenorizada, que incluiu um exercício de mapeamento da pressão ao longo da ZMC crítica e uma análise dos consumos dos principais clientes, constatou-se que a causa estava relacionada com um cliente específico, cujo perfil de consumo evidenciava forte irregularidade e grandes picos de consumo. Identificada a origem do problema, procedeu-se a uma alteração dos limites entre as duas ZMC criadas, tendo o cliente "perturbador", uma vez informado, sido associado à ZMC com maior

66

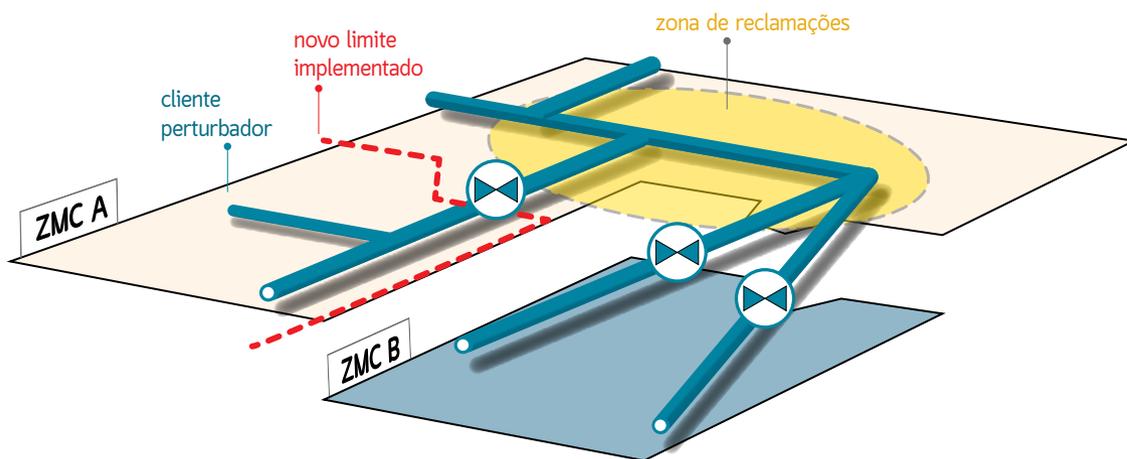


Figura 5.7 Alterações nos limites de ZMC da rede de distribuição de Lisboa

capacidade de abastecimento, intervenção que permitiu a resolução integral do problema de pressões. A reconfiguração não teve impactes negativos no abastecimento aos restantes clientes da área abrangida, tendo-se limitado a provocar o aumento do número de clientes de uma das ZMC - que ficou com menos consumo dado terem sido essencialmente clientes domésticos - e, em contrapartida, a outra ZMC passou a englobar menos clientes, embora principalmente de tipo não-doméstico, tendo, por isso, passado a apresentar maior consumo e maior variação no respetivo perfil. A [Figura 5.7](#) ilustra as alterações efetuadas nos limites das duas ZMC mencionadas.

Os exemplos apresentados atestam que a setorização da rede, com a consequente limitação da circulação da água em zonas mais restritas, embora possa aportar novos riscos e desafios para a gestão da rede, que no entanto são conhecidos e controláveis, também pode contribuir para resolver problemas existentes ou que resultem da própria dinâmica urbana. Assim, a possibilidade de alteração das fronteiras das ZMC constitui-se como uma medida de flexibilidade da rede, bastante útil e interessante, na medida em que permite ultrapassar problemas ao nível da qualidade de serviço, minimizando os efeitos das alterações sobre os clientes. Neste âmbito, a modelação matemática pode constituir uma ferramenta de apoio muito relevante para otimizar os ajustamentos e reconfigurar as ZMC.

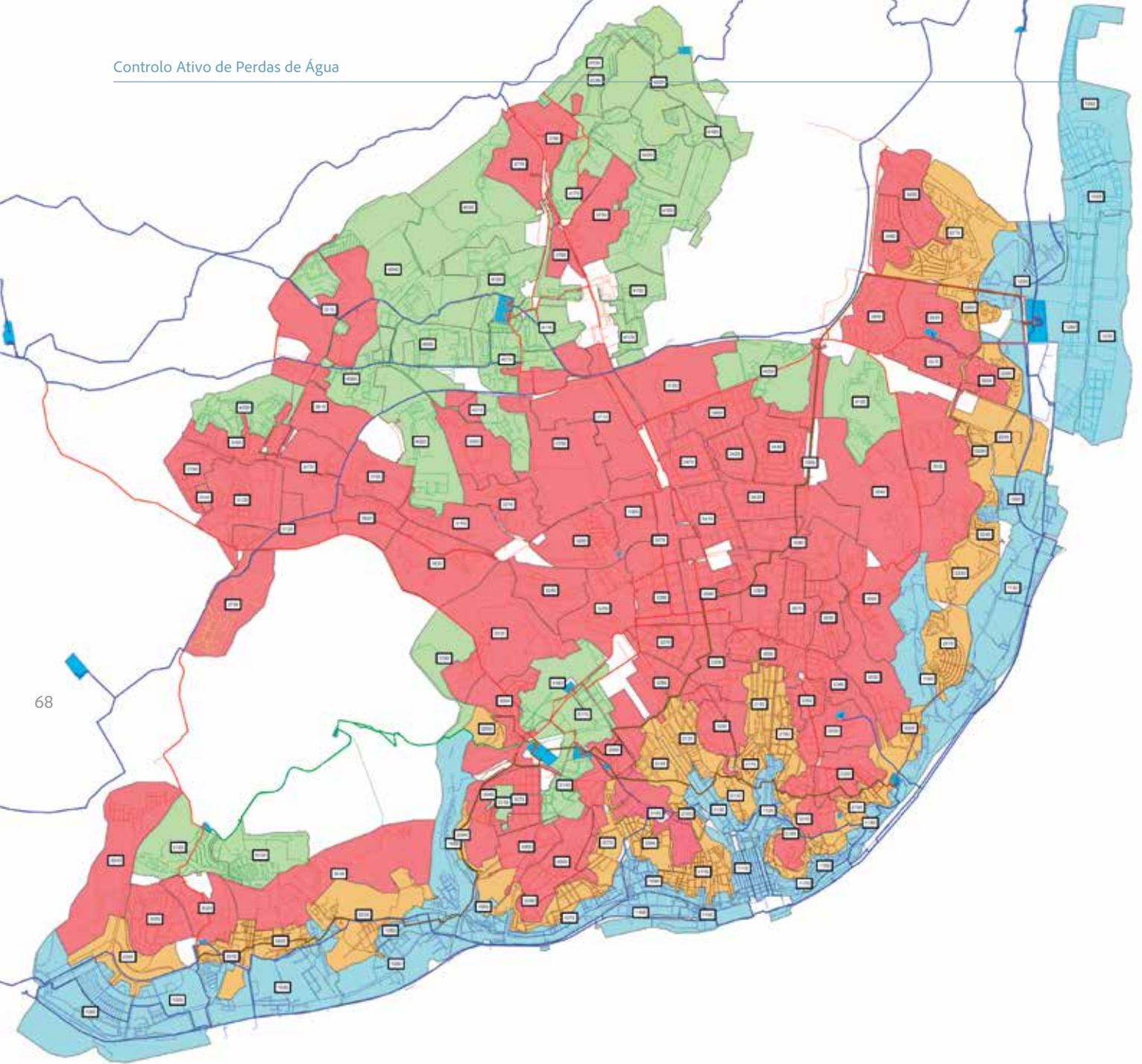
5.4.4 Planeamento e Projeto da ZMC

O processo de planeamento e projeto de uma ZMC pode ser descrito como a realização de uma série de tarefas inter-relacionadas, de forma global é iterativa, correspondendo a respectiva evolução ao resultado da integração das informações obtidas nos levantamentos e nas investigações de campo realizadas ao longo do processo.

Numa primeira fase deverá ser preparado o desenho provisório da fronteira da ZMC, recorrendo-se ao SIG, com o objetivo de caracterizar a ZMC e definir os procedimentos para a sua implementação em contínuo, procurando garantir a manutenção da qualidade do abastecimento e a pressão nos períodos de maior consumo.

Para a sua elaboração devem ser identificados:

- a zona altimétrica da origem do abastecimento, os reservatórios de influência, bem com as entradas e saídas da ZMC, incluindo a caracterização dos respetivos caudalímetros;
- os clientes abastecidos na ZMC, identificados através do SIG e do seu interface com o sistema de clientes, incluindo o volume total de água facturada. Se forem identificados grandes clientes, designadamente em que se perspetiva um impacto significativo no consumo total da ZMC ou elevados consumos noturnos, deve proceder-se à instalação de telemetria própria nos mesmos;
- o comprimento total das condutas e tubagens da ZMC, bem como o número e comprimento médio dos ramais de ligação;
- as válvulas limite, válvulas de seccionamento das condutas principais de alimentação no interior da ZMC e identificação do tipo de manobras a realizar;
- as zonas de pressão controlada e caracterização de eventuais válvulas reductoras de pressão (VRP) ou sobrepessoras;
- os dispositivos de rede associados à constituição de pontos de monitorização de pressão (PMP) da ZMC e a estimativa da pressão nos pontos referidos, designadamente: PE - Ponto de Entrada (junto ao caudalímetro), PMAX - Ponto de Pressão Máxima, PMED - Ponto de Pressão Média, PC - Ponto de Pressão Crítica, PCC - Ponto de Consumo Crítico (cliente com o abastecimento gravítico mais crítico);
- as zonas problemáticas da rede de distribuição, definindo o seu estado atual, e a existência de históricos de campanhas anteriores efetuadas na área da ZMC. Se necessário, deverá recorrer-se a modelos hidráulicos para validar a ZMC proposta;



68

Figura 5.8 Polígonos das ZMC na Rede de distribuição da cidade de Lisboa

- os extremos sem consumo originados pelo fecho das válvulas de ZMC;
- os dispositivos de descarga que permitam a limpeza periódica desses troços ou, caso não existam, propor a constituição de novos dispositivos de descarga;
- o tipo de equipamento de telemetria a instalar nos caudalímetros de entrada e saída da ZMC e noutros pontos de interesse da rede (e.g. a montante e jusante de VRP), para a monitorização, em contínuo, de caudais e pressões.

Com base nas ações descritas terão início as inspeções a realizar no terreno, as quais devem contemplar as seguintes ações:

- auditoria às instalações existentes – caudalímetros, VRP, válvulas de limite de subsistema ou zona altimétrica (VLZ), limite de ZMC (VZMC) ou limite de zona de pressão controlada (VZPC) – e verificação das condições normais do respetivo funcionamento;
- verificação do estado operacional (abertura) das válvulas de seccionamento das condutas principais de alimentação no interior da ZMC e auditoria ao estado (abertura/fecho) das válvulas limite de zona (VLZ) e das válvulas limite de ZMC, incluindo a aferição das suas condições de acessibilidade e manobra;
- localização, acessibilidade e verificação operacional dos dispositivos de rede (marcos e bocas de incêndio), onde poderão ser instalados os equipamentos registadores de pressão (dataloggers), para controlo das manobras de implementação da ZMC e para ensaios subsequentes;
- levantamento de novas obras e edificações não cadastradas que poderão ter impacto no desempenho hidráulico da rede;
- levantamento de acessórios e equipamentos que não constem do cadastro da rede (SIG), procedendo-se à respetiva correção/atualização.

Após a recolha e organização de todos os dados e tendo em conta a informação das campanhas efetuadas no terreno, o passo seguinte consiste na validação do projeto das ZMC. É um processo iterativo que pode exigir revisões do desenho do polígono das ZMC e, consequentemente, a identificação de novas válvulas de limite e de novas localizações para os pontos de monitorização de pressão. Em alguns casos o projeto das ZMC poderá ficar condicionado por requerer obras na rede, pelo que poderá ser necessário implementar um polígono provisório até à concretização das obras pretendidas.

O projeto de uma nova ZMC deve ser sempre validado pelos responsáveis das diferentes áreas com responsabilidades na rede da entidade gestora, designadamente as áreas de operação, manutenção, obras e controlo de qualidade da água, sendo posteriormente distribuído à equipa de implementação da ZMC no terreno. Por seu lado, o processo de implementação deverá ser aceite por essas áreas funcionais da entidade gestora uma vez que irá implicar mudanças na atividade diária de muitas equipas. Assim, e para testar as novas formas de trabalho decorrentes da implementação das ZMC, será recomendável que as mesmas se iniciem por pequenas zonas-piloto, preferencialmente integradas em ZMC.

A [Figura 5.8](#) ilustra as diversas ZMC existentes na rede de distribuição de Lisboa, agrupadas por zonas altimétricas, às quais também correspondem diferentes consumos energéticos.

5.4.5 Implementação de ZMC e aferição da sua Integridade

Após a aprovação do projeto de uma nova ZMC e terminadas as eventuais intervenções para capacitação da rede, a ZMC está pronta a ser implementada e ensaiada. Conforme já referido, o processo de implementação será concretizado num período de maior consumo, verificando-se que os valores de pressão média registados na rede e no ponto crítico estão de acordo com as estimativas, garantindo-se, assim, o correto abastecimento aos clientes e o cumprimento das condições regulamentares.

Após a fase de implementação seguir-se-á a fase de validação das ZMC, através da realização de ensaios à respetiva

integridade, o mais comum dos quais é o denominado Teste de Pressão Zero (TPZ). Este ensaio, para além de garantir o fecho efetivo das válvulas de fronteira e, assim, a independência da ZMC, garantirá a efetiva medição do consumo da ZMC através dos Pontos de Monitorização instalados para o efeito. Sublinhe-se que este ensaio obriga à suspensão do abastecimento em toda a ZMC, sendo por isso realizado no período de menor consumo, geralmente à noite.

Para proceder à implementação da ZMC e ao Teste de Pressão Zero devem ser considerados os seguintes passos:

- instalar o registador de pressão no ponto de Pressão Crítica (PC) da rede, ou seja, no ponto de cota mais elevada no interior da ZMC, de forma a obter registos da pressão de 1 em 1 minuto, durante 7 dias, antes do fecho da ZMC. Com os registos obtidos, proceder-se-á à análise, em conjunto com os dados de telemetria, dos dados do ponto de entrada da ZMC, para verificar e validar a pressão estimada;
- validar a implementação da ZMC de forma consensual com todas as áreas intervenientes no processo - operações, manutenção, qualidade da água e deteção de fugas - para proceder ao fecho efetivo da ZMC, ou efetuar uma análise e revisão do desenho da ZMC (em caso de não validação da pressão estimada);
- confirmar a acessibilidade das futuras válvulas limite da ZMC, que serão manobradas no momento da implementação da mesma, e verificar o estado operacional (se se encontram abertas) das válvulas de seccionamento pertencentes às condutas principais de abastecimento da ZMC;
- informar antecipadamente o Centro de Comando Operacional da Rede relativamente ao programa de fecho de válvulas, visando prevenir os serviços sobre possíveis impactes na rede ou a sua interferência com outros trabalhos em curso. Os clientes sensíveis, por exemplo hospitais e os Serviços de Bombeiros, devem também ser informados das horas das manobras a realizar;
- o fecho das válvulas limite de ZMC deverá ser efetuado na hora de maior consumo, analisando-se o impacto nos valores de pressão registados no ponto de Pressão Crítica. Devem ser informadas as equipas do *callcentre* e da prevenção no sentido de preparar a resposta mais adequada a eventuais reclamações. Caso se verifique um impacto significativamente negativo na pressão, para além dos valores estimados, deve ser efetuada a abertura rápida da ZMC, sendo posteriormente revisto o seu desenho, com a definição de novas fronteiras, instalação de uma entrada adicional ou mesmo a redefinição total da ZMC. Se não se verificar impacto negativo no abastecimento, a ZMC considera-se implementada;
- proceder à selagem e etiquetagem das válvulas limite de ZMC (VZMC), para que possam ser facilmente identificadas, no terreno, pelos técnicos da exploração e manutenção. Qualquer manobra a realizar sobre as válvulas de limite da ZMC deverá ser imediatamente reportada à entidade responsável pela monitorização da rede, de forma a não serem gerados falsos alarmes na rede monitorizada através de ZMC. As válvulas devem ser catalogadas numa base de dados e estabelecidos programas anuais de validação do seu estado operacional, que devem encontrar-se fechadas;
- realizar o Teste de Pressão Zero (TPZ), com recurso à monitorização do ponto de Pressão Crítica, para confirmar a integridade da nova ZMC e garantir a estanqueidade das respetivas válvulas de fronteira. Este ensaio será aplicado preferencialmente na madrugada do dia seguinte a implementação da ZMC, durante as horas em que se estima menor consumo, para minimizar o impacto no abastecimento. Com o TPZ confirmar-se-á objetivamente o fecho efetivo de todas as válvulas de fronteira da ZMC, bem como a não existência de ligações que se comportem como entradas ou saídas não cadastradas. Isto é, verifica-se se a diferença entre os valores dos caudais de entrada e os caudais de saída (se existirem contadores de saída) se devem apenas ao abastecimento realizado no interior da ZMC. O TPZ consiste na aná-

lise da curva de pressão no registador instalado no ponto de Pressão Crítica da ZMC, quando é interrompido o abastecimento através do fecho da válvula de seccionamento junto à entrada única da ZMC. Caso o fecho das válvulas de fronteira tenha sido corretamente concretizado, durante o fecho da ZMC, os valores de pressão, deverão aproximar-se de zero num intervalo temporal curto, confirmando o fecho efetivo da ZMC e, por consequência, a sua correta implementação. Para posterior análise de dados, deverá manter-se o registo da pressão através de datalogger instalado no ponto de Pressão Crítica, durante 9 dias, de forma a incluir um fim de semana de registos;

- Depois de concluída a realização do TPZ, devem ser instalados dataloggers nos restantes pontos de monitorização de pressão - pontos de cota mínima (P_{MAX}) e média (P_{MED}) -, também durante nove dias. Os registos observados deverão evidenciar o

correto funcionamento da ZMC e o abastecimento dos clientes em condições regulamentares.

Após a estabilização do processo de monitorização contínua da ZMC e assegurada a existência de um histórico razoável de dados, serão recolhidos e analisados os dados de caudal e pressão da telemetria instalada nos PMZ. Estes registos, em conjunto, vão permitir o cálculo do balanço hídrico da ZMC para identificar os níveis de perdas. O objetivo deste cálculo é, como já foi referido anteriormente, o estabelecimento de prioridades de intervenção na rede no âmbito dos programas de controlo ativo de perdas.

Na [Figura 5.9](#) ilustra-se uma situação tipo correspondente à realização de um Teste de Pressão Zero, em que se procedeu ao fecho da entrada da ZMC e se observou a pressão zero 15 minutos depois. Nesse instante voltou-se a abrir a válvula de entrada da ZMC e a pressão normalizou em três minutos.

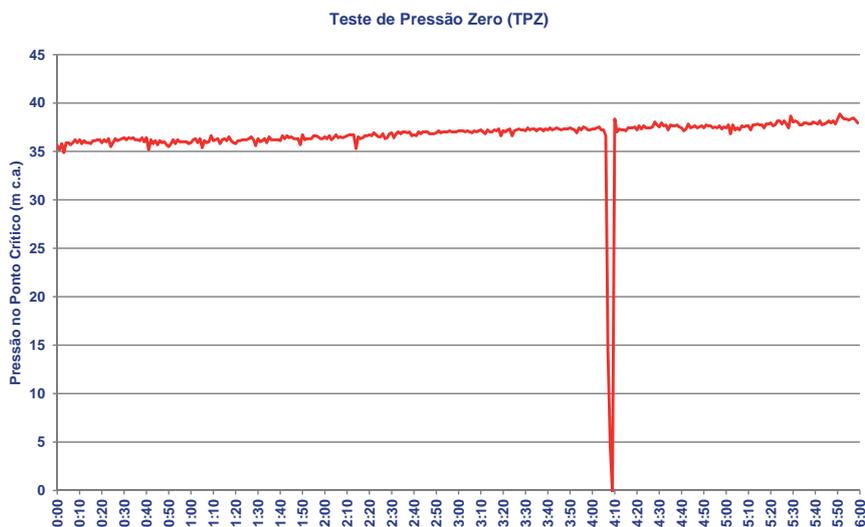


Figura 5.9 Ilustração da realização de um Teste de Pressão Zero

5.5 Recolha, gestão e tratamento da informação

A utilização de um sistema fiável de registo e transmissão de dados é fundamental para o correto conhecimento e gestão de uma rede de distribuição de água. Face à multiplicidade de equipamentos existentes no mercado e à diversidade das suas características, a opção por determinada solução técnica pode condicionar a concretização dos objetivos inerentes à monitorização de rede de abastecimento de água.

Para o controlo e monitorização dos sistemas de abastecimento têm vindo a ser implementados diversos sistemas de registo e transmissão de dados, nomeadamente com a utilização de equipamentos de data-logging, que permitem recolher de forma automática dados de consumo, pressão ou outras variáveis, a partir de caudalímetros, contadores (sensores de volume transitado) ou sondas diretamente instaladas na rede, por exemplo sensores de pressão, pH ou cloro. Estes equipamentos têm ainda a capacidade de transferir remotamente esses dados numa base de dados central, interna ou externa à entidade gestora, onde são armazenados, podendo ser disponibilizados para os diversos utilizadores e fins. A

implementação deste tipo sistemas de telemetria possibilita leituras e registos mais frequentes e fiáveis, eliminando a necessidade de estimativas ou de incertezas atribuíveis ao fator humano. Na [Figura 5.10](#) ilustram-se exemplos de equipamentos de telemetria.

Todos os dados de pressão e caudal disponibilizados pela telemetria, associados aos pontos de entrada das ZMC, aos pontos de monitorização de pressão durante o processo de implementação da ZMC e aos grandes clientes, oferecem informações valiosas sobre do sistema de abastecimento em causa. Cabe à entidade gestora processar esta informação e disponibilizá-la às várias áreas da empresa que, de acordo com as suas necessidades, poderão sustentar as suas decisões de intervenção. Nesta fase estará implementado um verdadeiro sistema de Monitorização, permitindo, na fase seguinte, passar ao desenvolvimento de capacidades para organizar e analisar os dados. Na maioria das entidades gestoras esta informação é muito volumosa e torna-se premente garantir a agregação e o bom manuseamento dos dados disponíveis numa única plataforma de software que permita o seu armazenamento e disponibilização, de forma clara e estruturada, de acordo com os objetivos da sua utilização.



Figura 5.10 Equipamentos de registo e transmissão de dados ou *dataloggers*

São inúmeras as mais-valias para a entidade gestora decorrentes da disponibilização destes registos de pressão e caudal devidamente tratados, podendo dividir-se de acordo com o tipo de informação recolhida. Os dados de pressão permitem a criação de alertas em diferentes zonas da rede, junto aos pontos de entrada das ZMC. Estes alertas, quando acionados, permitem uma rápida intervenção no caso de variações bruscas, antecipando reclamações ou situações mais gravosas, nomeadamente grandes roturas ou interrupções de serviço. Permitem também diagnosticar a origem de problemas de pressão em zonas mais sensíveis, servindo de base para a definição de novas zonas de pressão controlada, no sentido de viabilizar uma gestão ativa de pressões da rede, situação

que é apontada como uma das soluções mais efetivas para a diminuição das perdas reais numa rede de distribuição. Os dados de caudal, para além permitirem a realização do balanço hídrico, também podem, mediante análise direta da respetiva variação, dar origem a alertas sobre os valores do consumo. Permitem, complementarmente, o cálculo de diversos indicadores de desempenho das ZMC, viabilizando a identificação das ZMC onde, potencialmente, se registam perdas e que devem ser objeto de análise prioritária por parte das equipas de controlo ativo de perdas.

As [figuras 5.11](#) e [5.12](#) ilustram a informação disponibilizada por uma aplicação especializada para monitorização



Figura 5.11 Dashboard da Monitorização do WONE

e controlo de fugas de água em redes de abastecimento (WONE - Water Optimization for Network Efficiency), onde é possível verificar, de forma gráfica, quais as ZMC que se apresentam, em determinado momento, com pior desempenho e para as quais é necessário dar prioridade de intervenção pelas equipas.

A aplicação WONE produz uma análise estatística de indicadores de desempenho das ZMC incluindo caudais mínimos e máximos diários, volume total diário e perdas noturnas recuperáveis, variações de pressão e alarmes. Um conjunto de indicadores de performance é calculado e está disponível com o objetivo de organizar um *ranking* de performance e a comparação entre as ZMC, de

forma a definir prioridades de intervenção nas mesmas. A título de exemplo destaca-se a percentagem do caudal mínimo relativamente ao caudal médio de cada ZMC - indicador que tem provado refletir de forma fidedigna a maior ou menor probabilidade de existência de fugas na zona monitorizada - e os volumes totais e noturnos por cada 1.000 clientes ou por km de rede.

Esta informação está sistematizada sob a forma de uma tabela onde são listadas todas as ZMC monitorizadas pelo sistema e identificados níveis de desempenho em função de um código de cores pré-definido. São ainda gerados alertas relativos a ZMC que incluam pontos de monitorização sem comunicação de dados, anomalias

74

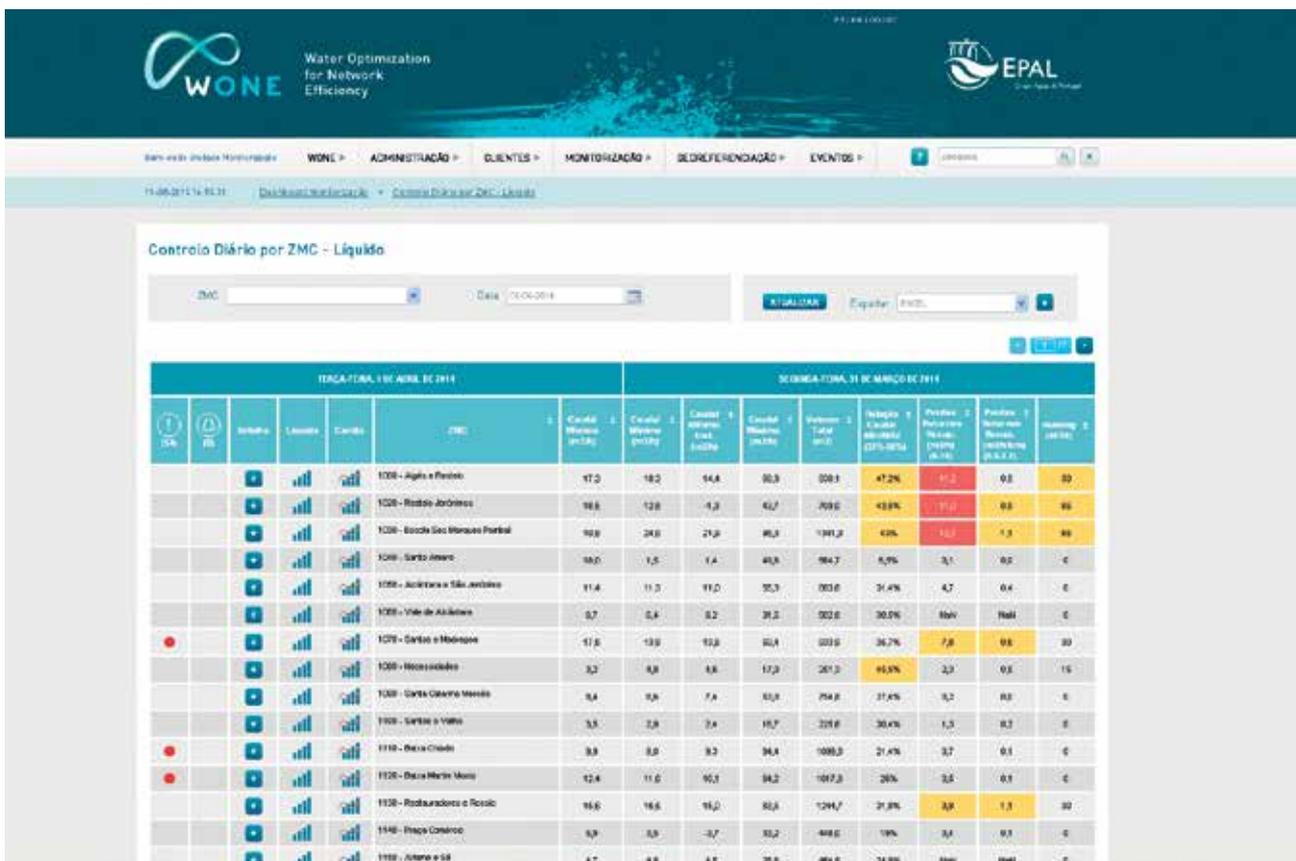


Figura 5.12 Controlo diário de Zonas de Monitorização e Controlo

de pressão ou consumo total zero e alarmes de valores medidos fora dos limites definidos. A partir desta página é ainda possível navegar para o interior das ZMC consultando informação mais detalhada acerca de cada zona, seus pontos de monitorização e clientes.

A aplicação WONE disponibiliza um conjunto adicional de indicadores de desempenho relativamente a cada ZMC que permite o estabelecimento automático de um *ranking* de desempenho das ZMC, baseado em diferentes indicadores, nomeadamente o caudal mínimo por 1.000 clientes e por km de rede, o caudal mínimo noturno e o caudal autorizado noturno, a pressão média nos últimos sete dias, as perdas inevitáveis nas

infraestruturas e as perdas recuperáveis - noturnas e diárias (Figura 5.13).

A aplicação WONE app revelou-se uma ferramenta essencial para a otimização da rede e no processo de controlo ativo de perdas, contribuindo diretamente para a redução da ANF na rede de distribuição de Lisboa. A integração dos dados da ZMC nos sistemas de gestão existentes e o *ranking* de desempenho das ZMC produzido são usados não só para apoio das intervenções de Controlo Ativo de Fugas (CAF), mas também para apoio ao planeamento de intervenções de reabilitação da rede, tal como para auxiliar o diagnóstico de problemas das operações de gestão da rede de distribuição em regimes

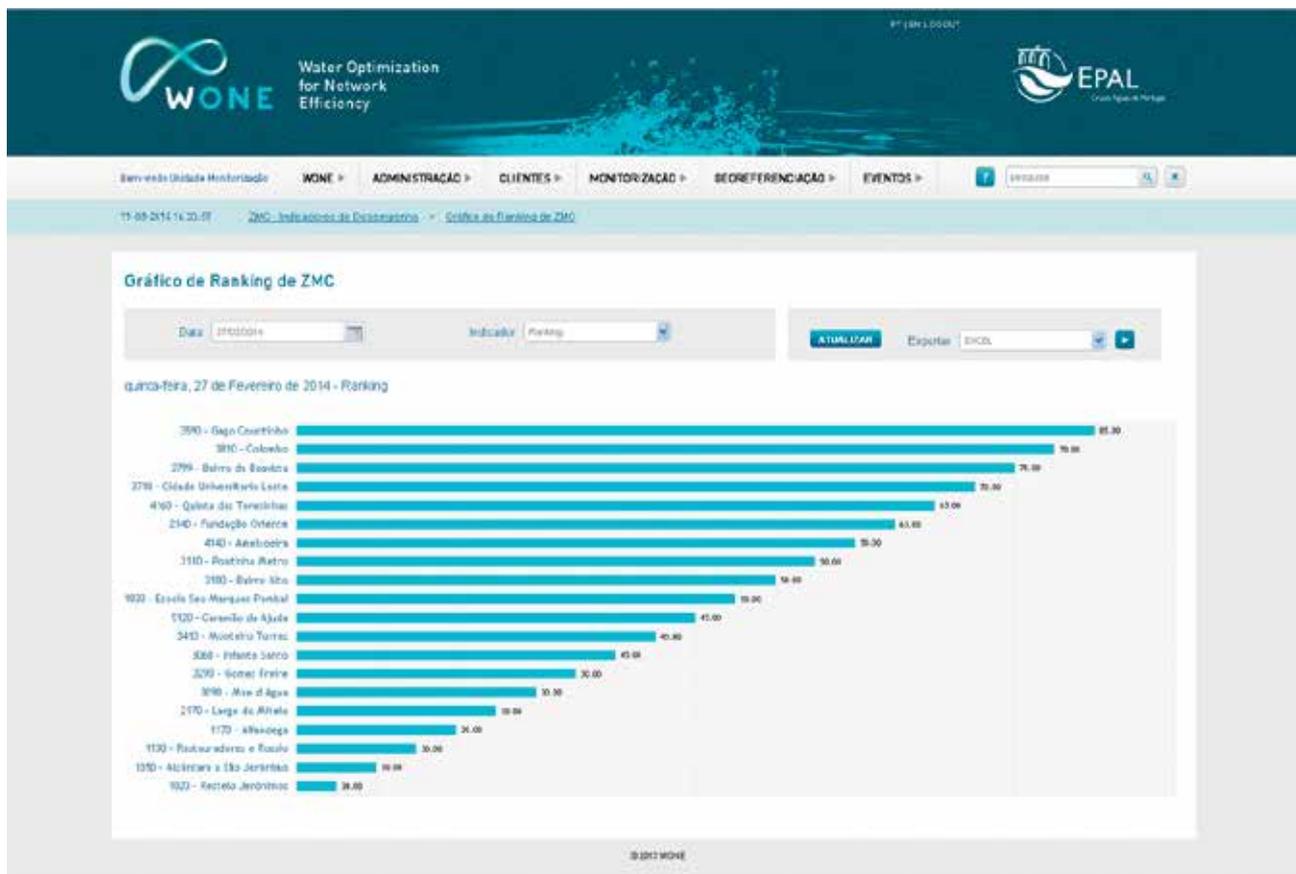


Figura 5.13 Ranking das ZMC

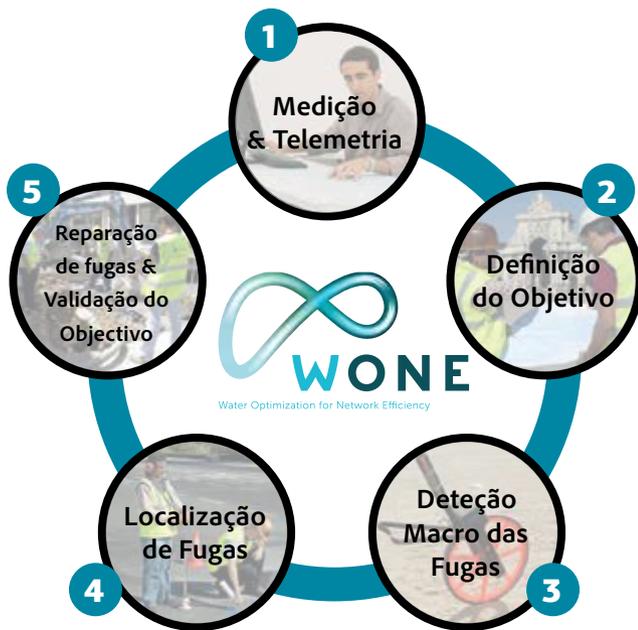


Figura 5.14 Ciclo do Controlo Ativo de Fugas

76

de funcionamento normais e em cenários alternativos de exploração.

Os dados de caudal e a verificação do sentido exato do escoamento na rede, designadamente os sentidos de entrada e saída de caudal das ZMC e a forma como estes variam ao longo do dia, de acordo com o modo de exploração da rede, permitem uma melhor compreensão do funcionamento da rede. O conhecimento dos sentidos de escoamento, consequência da implementação das ZMC, pode vir a ser muito útil em casos de deficiente qualidade de água, já que o fecho das ZMC pode, inclusive, contribuir para o aumento da velocidade de escoamento na rede e dos caudais verificados. Estas informações facultam uma identificação mais rápida sobre a maior ou menor exigência de cada zona em termos de abastecimento de água, podendo ser utilizadas para, a médio/longo prazo, redefinir limites das ZMC visando um maior equilíbrio na dimensão e funcionamento das mesmas.

Tendo em conta a temática abordada, o objetivo inicial da setorização da rede e da consequente obtenção de dados, via monitorização contínua, prende-se com o desenvolvimento de uma estratégia de gestão de perdas

de água. Assim, será a informação recolhida nos caudalímetros instalados nas entradas e nas saídas das ZMC que possibilitará o cálculo dos balanços hídricos das ZMC, a verificação dos caudais noturnos e as pressões médias que ocorrem nas zonas em análise. A partir desta informação será possível criar *rankings* para proceder à intervenção nas ZMC de acordo com o respetivo desempenho. A integração e cruzamento desta informação com os dados relativos à faturação dos clientes e com o cadastro apoiado nas ferramentas SIG vão permitir resultados muito mais efetivos ao nível na deteção de fugas. Por outro lado, o tratamento e organização dos dados e a sua disponibilização a toda a empresa sob a forma de informação útil permitirão a tomada de decisões corretas e sustentadas relativamente à exploração e à otimização da rede, bem como um planeamento mais ajustado ao nível de intervenções futuras.

Neste contexto, justifica-se em absoluto que as entidades gestoras afetem recursos visando o objetivo primário de efetuar a gestão da Água Não Faturada, assegurando a recolha e consolidação de toda a informação disponível, tendo em vista uma gestão de perdas de água mais eficiente uma estratégia sustentável com as atividades de operação e manutenção da rede.

O desenvolvimento destas atividades permite ainda à entidade gestora, mesmo em situações de ausência de medição fiável de caudal ou na impossibilidade da setorização total do sistema, conseguir identificar na rede quais as zonas mais críticas em termos de perdas. Este processo poderá ser efetuado através da construção e aplicação, para cada zona da rede, de uma matriz de avaliação do risco de acordo com um conjunto de critérios que a vão caracterizar, entre os quais é possível destacar:

- idade e materiais da rede;
- pressão na rede e sua variação diária;
- frequência anual de roturas;
- características do solo;
- nível freático;
- tipo de ocupação sociodemográfica.

A aplicação desta metodologia permitirá, sem grandes riscos, estabelecer um primeiro *ranking* das áreas da rede

potencialmente mais problemáticas e a necessitar de intervenção prioritária. Deste modo, poder-se-á começar a localizar e resolver problemas existentes e, simultaneamente, ir desenvolvendo o processo de setorização e monitorização, bem como a experiência e o domínio sobre as técnicas envolvidas, de forma a adotar progressivamente uma abordagem mais estruturada, apoiada em dados de monitorização devidamente tratados.

Neste âmbito, considera-se importante dispor de georreferenciação das ZMC o que permite a respetiva visualização espacial, viabilizando uma rápida consulta de indicadores relevantes do desempenho das ZMC e dos seus Pontos de Monitorização, conforme ilustrado na [Figura 5.15.](#)

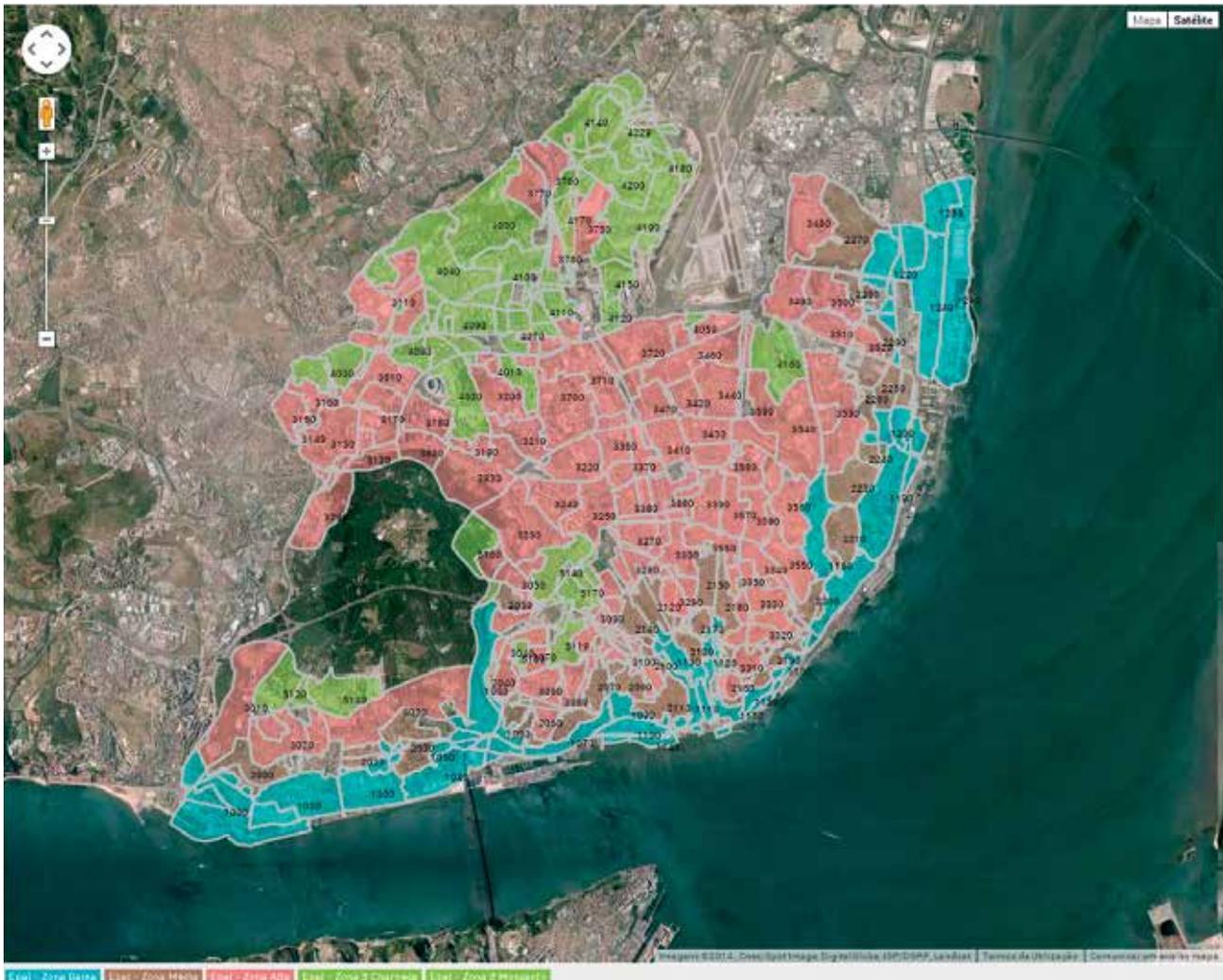


Figura 5.15 Módulo da georreferenciação



6. Deteção e localização de fugas

6.1 Considerações gerais

Uma parte significativa das fugas existentes numa rede de distribuição de água não é facilmente detetável pelas entidades gestoras, pois a sua ocorrência não é evidenciada por quebras nos níveis de serviço prestado ao cliente, por exemplo falta de pressão no abastecimento, nem mesmo pelo aparecimento de água no traçado das infraestruturas instaladas. Essas fugas são normalmente originadas por roturas nas condutas ou nos órgãos associados, sendo a água perdida absorvida pelos terrenos envolventes das infraestruturas ou encaminhada para aquíferos, linhas de água subterrâneas ou mesmo para outras infraestruturas existentes nos subsolos. Esta situação exige que as entidades gestoras criem mecanismos expeditos para localizar essas fugas não visíveis, recorrendo a equipamentos e técnicas de monitorização e de deteção de fugas.

Este problema, que é comum a todas as redes de distribuição, exige, da parte das entidades gestoras, a adoção de medidas pró-ativas de combate às perdas reais não visíveis, as quais devem estar baseadas em processos de diagnóstico e de análise permanente das redes de abastecimento e da sua eficiência, apoiados por estratégias de setorização e monitorização (Figura 6.1).

A aplicação isolada das técnicas de deteção de fugas de água, sem qualquer análise prévia visando a identificação das zonas prioritárias de intervenção, pode não produzir efeitos práticos na redução das ineficiências verificadas numa rede de distribuição. Para compreender esta afirmação, imagine-se uma pessoa com determinada doença que recorre a um médico para tentar resolver o seu problema e este clínico decide, sem qualquer processo de diagnóstico, prescrever um fármaco julgando ser a solução para a situação apresentada. Só por sorte ou por muita experiência este procedimento médico conseguirá curar a doença. O mesmo acontece com a deteção de fugas e com a aplicação das técnicas associadas.

Com efeito, estas técnicas devem ser precedidas de um processo de análise que permita identificar as zonas da rede de distribuição onde se perde mais água, ou mesmo que seja capaz de quantificar os caudais perdidos versus a extensão da rede a analisar. A aplicação isolada da deteção de fugas deve ser utilizada apenas nos casos onde já existam indícios claros da ocorrência de roturas, sendo no entanto difícil determinar o local exato da fuga. Desta forma, a aplicação das técnicas de deteção de fugas deve recair sobre as áreas prioritárias, previamente circunscritas numa rede, nomeadamente, em ZMC onde tenha sido diagnosticado um défice de eficiência. A vigilância im-

79



Figura 6.1 Definição da Estratégia de Deteção de Fugas

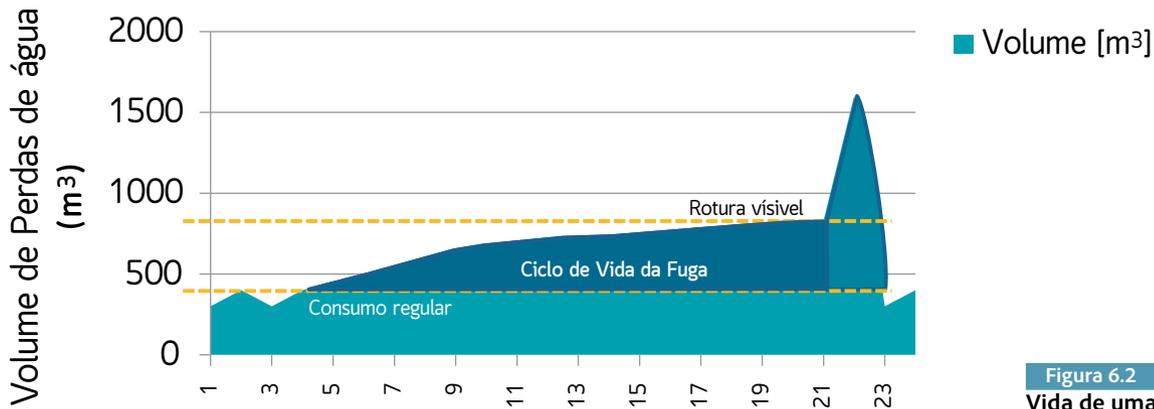


Figura 6.2 Ciclo de Vida de uma Fuga

posta por um projeto de monitorização contínua da rede permitirá que as atividades de deteção de fugas ocorram logo no início do ciclo de vida de uma fuga, evitando o aumento dos caudais mínimos de abastecimento de uma ZMC e, conseqüentemente, do volume de água perdido.

Como se pode observar na [Figura 6.2](#), o ciclo de vida de uma fuga pode ter uma duração extremamente longa, podendo mesmo ocorrer durante anos, representando assim um enorme desperdício de água para as entidades gestoras. Por outro lado, é também perceptível que a sua ocorrência pode não implicar o aparecimento imediato de evidências visíveis que permitam a sua rápida dete-

ção. Verifica-se, assim, que a grande vantagem inerente à associação da atividade de deteção de fugas com uma estratégia de monitorização está na possibilidade das empresas poderem agir rápida e eficazmente quando as fugas surgem ou assumem uma dimensão considerável, podendo mesmo definir objetivos concretos para as equipas de deteção de fugas, uma vez que é possível dimensionar o problema e, no final, avaliar a eficácia da respetiva intervenção de resolução ([Figura 6.3](#)).

No processo de intervenção para a eliminação de fugas, existe uma clara distinção entre os procedimentos de deteção de fugas e de localização de fugas.

80



Figura 6.3 Integração da monitorização de rede com a deteção de fugas

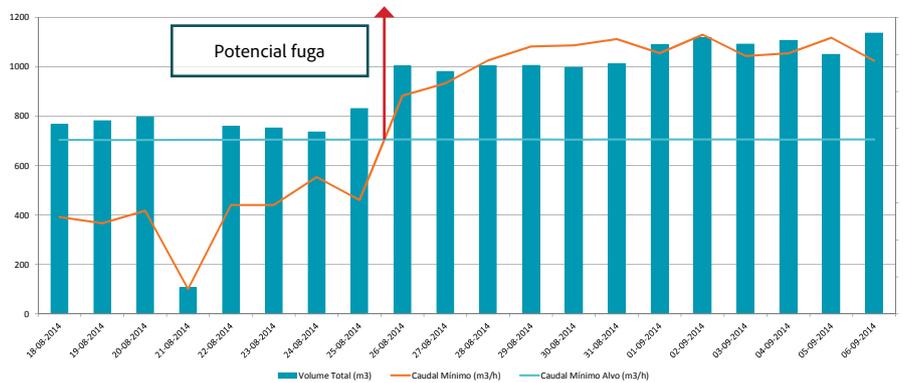


Figura 6.4 Desvio no perfil de consumo identificado na monitorização

A deteção de fugas consiste em identificar o aparecimento de uma ou mais fugas numa determinada zona da rede, o que pode ser evidenciado por processos de monitorização ou simplesmente pela incapacidade de efetuar o correto abastecimento aos clientes, desencadeando-se, assim, o processo para a localização do foco do problema. No caso de uma rede setorizada monitorizada este processo encontra-se facilitado pela possibilidade de identificação das ZMC com piores desempenhos, devido a falhas na eficiência ou a caudais de abastecimento elevados.

A localização de uma fuga, podendo ser aproximada ou exata, é uma qualquer atividade realizada para a identificação mais precisa posição da fuga até à escavação e

reparação. Esta atividade deverá resultar da macro-localização das fugas em subzonas monitorizadas, seguindo-se as restantes metodologias até à circunscrição exata do foco do problema. Entenda-se, assim, a localização de uma fuga como o processo que conduz a tomada de decisão para a realização de uma pesquisa no solo.

Conforme se pode observar na **Figura 6.4**, a existência de sistemas de monitorização e a observação da informação gerada pelos mesmos permite diagnosticar facilmente a ocorrência de um problema.

Sempre que os sistemas de monitorização identifiquem a ocorrência um desvio no perfil de consumo considerado como aceitável, ou seja, detetem uma potencial fuga,

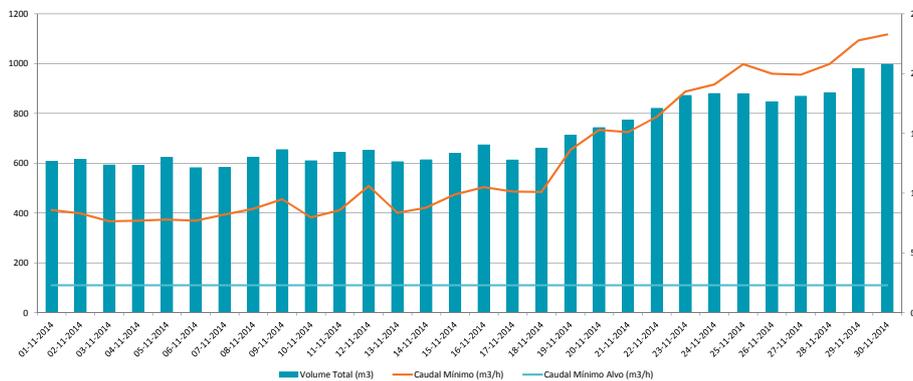


Figura 6.5 Desvio no perfil de consumo identificado na monitorização - fuga progressiva

deve ser despoletado um processo de averiguação para localizar a sua origem.

Embora a situação ilustrada na figura anterior corresponda a uma fuga repentina, em que o efeito no consumo é relativamente evidente, existem casos em que as fugas apresentam uma evolução progressiva, verificando-se um aumento paulatino dos consumos, que é ainda mais difícil de detetar sem recurso a sistemas de apoio à monitorização, tornando mais premente a importância destas ferramentas de apoio. Na **Figura 6.5** ilustra-se uma situação deste tipo.

Um outro aspeto essencial na análise do desempenho de uma ZMC consiste na determinação diária do caudal mínimo noturno e do volume total diário de cada zona monitorizada (**Figura 6.6**). Esta informação, que pode ser combinada entre diversas ZMC, permite visualizar a evolução destes indicadores e comparar o caudal mínimo observado com o caudal alvo teórico determinado para cada ZMC individualmente com base na metodologia proposta pela IWA. Esta informação pode ser exportada sob a forma de gráfico ou tabela para outras aplicações informáticas e está na base dos Projetos de Análise da ZMC (PAZ), onde são quantificados os ganhos ao nível dos caudais mínimos noturnos observados pré e pós intervenção de controlo ativo de fugas.

Convém considerar que o caudal mínimo noturno pode basear-se no mínimo absoluto, no mínimo horário móvel ou na média dos caudais noturnos durante um intervalo de tempo escolhido, dependendo do padrão de consumo ou das características do consumidor.

6.2 Técnicas de Localização de fugas

A localização de fugas numa rede deve recorrer a técnicas e equipamentos específicos, sendo fortemente aconselhável, como anteriormente referido, dispor de sistemas informáticos adequados que consigam detetar automaticamente a existência de uma fuga de água, alertando imediatamente as equipas.

Após a deteção de um problema relacionado com fugas de água na rede, a entidade gestora deve fazer despoletar um processo de investigação das causas do problema, considerando duas fases de abordagem na intervenção, a primeira inerente à localização por aproximação, baseada num processo de estreitamento das zonas a intervir, e a segunda a identificação exata do local da fuga, assente na aplicação das técnicas de sondagem acústica ou outras consideradas apropriadas. Estas duas abordagens deverão ser complementares, agilizando todo o processo de identificação fiável do foco do pro-

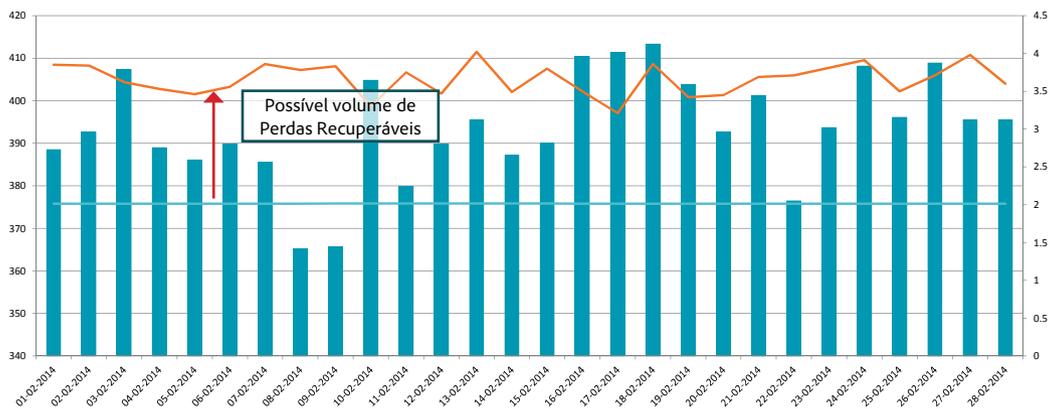


Figura 6.6 – Gráfico do total diário e caudal mínimo noturno

blema, sem desperdício de esforço.

Consoante a dimensão e características da zona a investigar, nomeadamente pela garantia de existência de órgãos de seccionamento ou pontos de acesso às infraestruturas da rede, deve ser ajustada a aplicação das seguintes técnicas ou metodologias, designadamente:

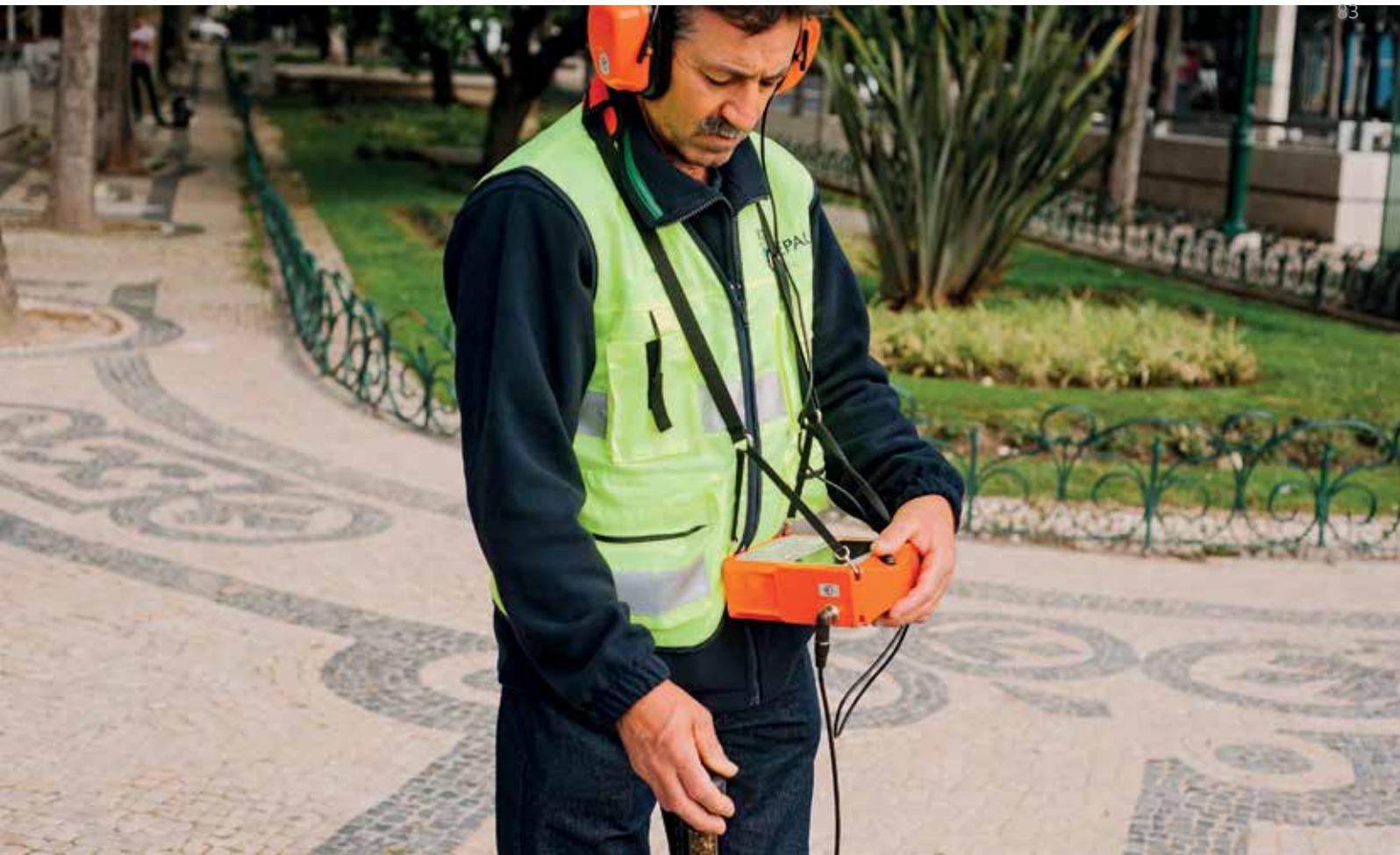
a) Técnicas para Localização de Aproximação da Fuga:

- Subzonamento, ou subdivisão interna da área ZMC sem suspensão do abastecimento;
- Teste de fecho sequencial com suspensão do abastecimento;
- Mapeamento das pressões em linhas de abastecimento;

b) Técnicas para Localização Exata da Fuga:

- Sondagem Acústica – *loggers* acústicos, varetas de escuta e geofones;
- Correlação Acústica – correladores matemáticos do ruído de fuga;
- Injeção de gás traçador – detetores de hidrogénio ou hélio;
- Ensaio de estanqueidade aplicados a reservatórios e condutas com perfil longitudinal ascendente.

Em situações de inexistência de sistemas monitorização ou numa fase preliminar da implementação de ZMC, poder-se-á adotar uma estratégia de inspeção detalhada e regular da rede, eventualmente dirigida para as zonas onde exista uma maior taxa de roturas, problemas no



serviço ao cliente ou em que a rede se apresente particularmente envelhecida. Nesses casos, as equipas de deteção deverão ser conduzidas para um processo de varrimento global dessas redes de abastecimento, definindo-se um intervalo máximo entre ciclos de deteção.

6.2.1 Subzonamento da ZMC

A técnica de subzonamento é aplicada quando se identifica um consumo considerado excessivo numa ZMC. O objetivo será reduzir o esforço na aplicação das técnicas para localização exata das fugas, através da diminuição considerável da extensão da rede a intervir. Para o efeito recorre-se à abertura de válvulas fronteira da ZMC em análise e ao fecho de algumas válvulas internas, o que cria uma alteração na configuração do polígono da ZMC em estudo, implicando a consequente "transferência" de subzonas para ZMC adjacentes.

Idealmente, essa transferência deve ser efetuada para zonas vizinhas onde também exista monitorização, possibilitando a análise da correlação existente entre o decaimento de caudais na ZMC em estudo e o aumento nas zonas adjacentes. Caso não exista monitorização, a entidade gestora pode optar por instalar provisoriamente medição dos caudais nas zonas transferidas ou simplesmente optar por não dispor dessa informação, analisando unicamente o decaimento de caudais na ZMC em estudo.

Em qualquer dos casos, deverá ser criado um procedimento de verificação prévia das condições para a implementação deste tipo de ensaio, designadamente a existência e manobrabilidade dos órgãos de seccionamento ou a presença de eventuais estrangulamentos na rede. O número de subzonas criadas deve ser ajustado consoante a dimensão da rede em estudo e o perfil de caudal registado, de forma a melhorar o resultado do ensaio e

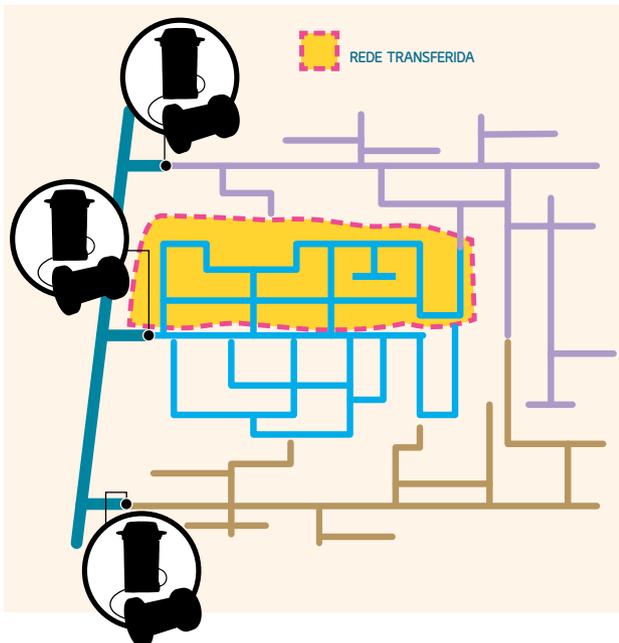


Figura 6.7 Processo de subzonamento de ZMC

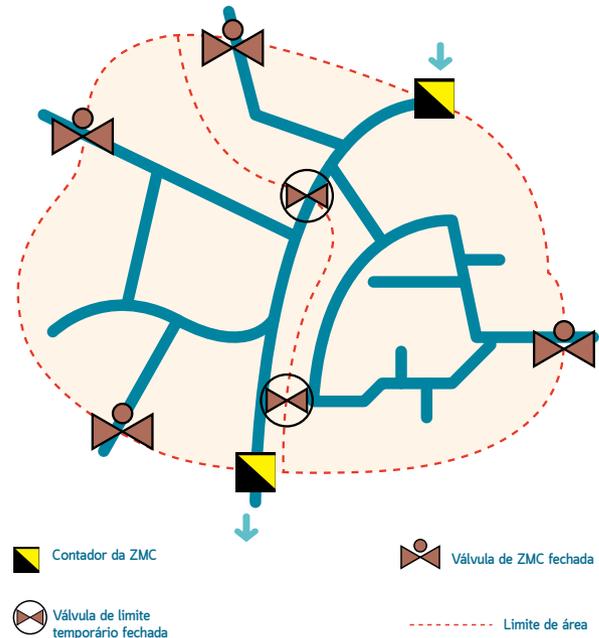


Figura 6.8 Esquema de Subzonamento com instalação de contadores provisórios

a aproximação à zona da fuga. No final do ensaio, deverá ser analisado o impacto das manobras realizadas às válvulas de fronteira e internas da ZMC, correlacionando essa informação com os caudais registados nos diferentes pontos de monitorização existentes, o que permitirá identificar a zona mais crítica ao nível das fugas. Na [Figura 6.7](#) ilustra-se este processo de subzonamento.

Este tipo de ensaio pode ser realizado em apenas algumas horas ou ao longo de vários dias. No primeiro caso, a análise da variação de caudais pode ser efetuada através de observação direta do contador, não sendo necessária a utilização de um equipamento de monitorização, designadamente, de um datalogger. No segundo caso, é indispensável que se utilize um equipamento de monitorização para registo dos caudais, dado ser impraticável ter um técnico a registar manualmente e permanentemente os caudais nos pontos de monitorização durante todo o período de ensaio.

Em ZMC onde a transferência de subzonas para ZMC vizinhas provoque perturbações no abastecimento, poder-se-á recorrer à instalação de um ou mais contadores em determinados pontos de fronteira, criando-se temporariamente ZMC mais pequenas. Desta forma, a ZMC inicial ficará subdividida em duas zonas monitorizadas distintas, podendo uma delas ser abastecida em cascata de outra ZMC vizinha ([Figura 6.8](#)). Para garantir a completa estanquidade de cada uma destas pequenas ZMC poderá ser necessário verificar as válvulas de seccionamento a manobrar para criação das fronteiras temporárias, bem como recorrer a Testes de Pressão Zero. Com a monitorização de cada uma das entradas para as novas zonas distintas passará a ser possível saber quais os consumos e as perdas associadas a cada uma delas.

Importa alertar que a operação de abertura das válvulas limite de uma ZMC pode provocar alterações na qualidade da água, caso exista a montante dessas válvulas

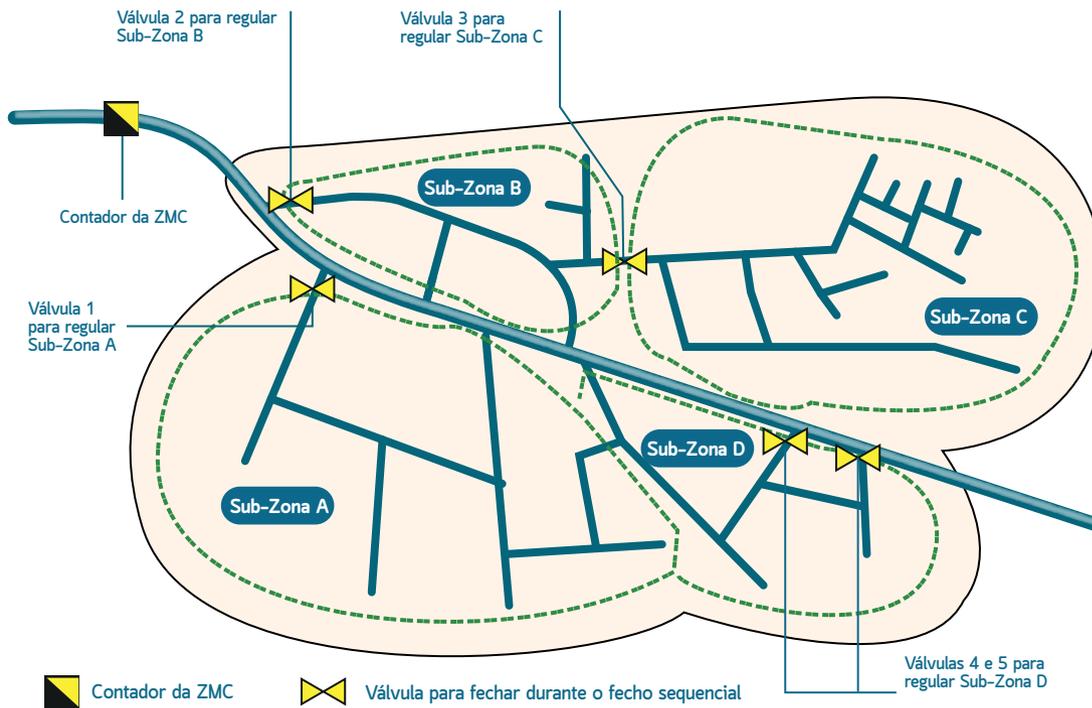


Figura 6.9 Esquema de fecho sequencial

uma extensão de tubagem considerável sem consumos regulares. Nestes casos deve ser previamente realizada uma descarga num órgão de descarga ou num hidrante, atenuando potenciais problemas ao nível da qualidade da água.

6.2.2 Teste de fecho sequencial

O princípio de aplicação desta técnica consiste em reduzir a dimensão da zona em estudo através do fecho de válvulas internas e da consequente suspensão do abastecimento de água (Figura 6.9).

A avaliação do impacto destas operações é, por sua vez, realizada com base na observação dos caudais medidos no ponto de monitorização, podendo ser utilizado um equipamento de monitorização para registo permanente dos caudais (Figura 6.10). A observação de uma redução significativa no perfil de caudal durante uma manobra indica a presença de uma ou mais fugas na zona excluída ou da existência de um consumo autorizado desconhecido.

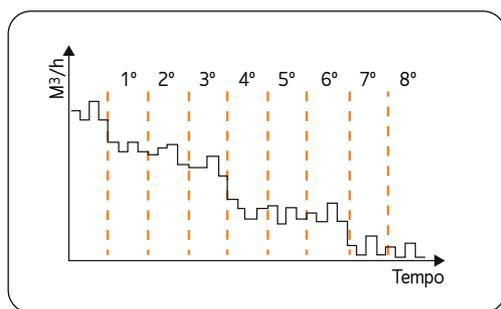


Figura 6.10 Efeito do ensaio de fecho sequencial nos caudais da ZMC

Convém, no entanto, evidenciar alguns aspetos críticos que podem dificultar ou impedir a aplicação desta metodologia:

- exige a necessidade de garantir a estanquidade das válvulas internas a manobrar, o que implica a realização de Testes de Pressão Zero (TPZ) em cada subzona a criar;

- pode implicar o envio de avisos prévios aos clientes afetados com a suspensão do abastecimento, por imposição dos regulamentos internos das entidades gestoras ou por obrigação legal por parte dos reguladores;
- de modo a diminuir o impacto da suspensão no abastecimento e mesmo evitar potenciais envios dos resultados do ensaio, originados pela ocorrência de consumos autorizados, requer a realização do próprio ensaio em período noturno, (o que pode obrigar à ocorrência de trabalho em horário extraordinário);
- pode criar um sentimento de insegurança nas equipas técnicas da entidade gestora, pois a operação de despressurizar e voltar a pressurizar a infraestrutura pode causar roturas na rede de distribuição;
- pode provocar alterações na qualidade da água ou mesmo obstrução das redes prediais (obstrução de contadores residenciais), pois a reposição do abastecimento nas zonas suspensas aumenta a velocidade de escoamento, arrastando partículas depositadas no interior das tubagens.

Para aplicação desta técnica, bem como para a otimização dos resultados obtidos, é recomendável proceder-se à recolha prévia da seguinte informação:

A. Para definir e caracterizar a área de teste de fecho sequencial é necessário determinar:

- i. O número de propriedades da área;
- ii. O número de clientes com contador com consumo noturno de água;
- iii. O número de clientes não domésticos sem contador, registando eventuais clientes com consumo noturno (e.g. hospitais, hotéis, residências),
- iv. Verificar o estado das válvulas a ser operadas durante o teste.

B. Elaborar um plano da área do teste de fecho sequencial com a indicação de:

- i. Nomes das ruas e traçado das condutas;
- ii. Válvulas limite (fechadas para isolar a área da ZMC);
- iii. Válvulas circundantes (fechadas para remover olhais, para criar uma árvore de rede de derivação);
- iv. Válvulas sequenciais (operadas durante o teste de fecho sequencial);
- v. Todas as restantes válvulas não usadas durante o teste, para evitar abri-las por engano (e.g. válvulas de limite de ZMC);
- vi. Posições e detalhes de clientes comerciais com uma estimativa do seu consumo noturno (para ajudar na análise posterior dos dados do teste);
- vii. Números das válvulas, posição (fechada ou aberta) e direção de fecho.

C. Preparação para o teste:

- i. Implementar um programa de descargas para redução de problemas da qualidade da água;
- ii. Fechar, durante o dia, as válvulas que não interrompem o abastecimento dos clientes;
- iii. Fechar as restantes válvulas à noite antes de começar o teste;
- iv. Fazer a leitura inicial do caudal noturno;
- v. Sempre que possível, desligam-se grandes clientes noturnos ou instalações com depósitos com reabastecimento durante a noite;
- vi. Ler os contadores dos utilizadores que não possam ser desligados, subtraindo o respetivo valor do caudal noturno e se for viável, devem instalar-se manómetros;

- vii. Verificar se o fornecimento não é interrompido para os clientes em risco e para os clientes com necessidades especiais.

6.2.3 Mapeamento das pressões em linhas de abastecimento

A técnica de mapeamento das pressões em linhas de abastecimento é aplicada quando se identifica um consumo excessivo numa ZMC que implique um aumento significativo nas velocidades de escoamento. Para o efeito são instalados diversos equipamentos de monitorização de pressão, sincronizados entre si, de modo a permitir a realização de uma análise comparativa entre registos. Esta técnica é tanto mais fiável quanto maior for a velocidade de escoamento imposta pelos consumos excessivos, pois as perdas de carga são diretamente influenciadas pela velocidade, o que torna difícil a sua aplicação em ZMC muito malhadas, dado existir uma grande distribuição do escoamento, com influência direta ao nível das velocidades. Para minimizar esta situação, pode ser considerada a manobra de fecho de válvulas no interior da ZMC, assegurando assim um escoamento mais ramificado.

87

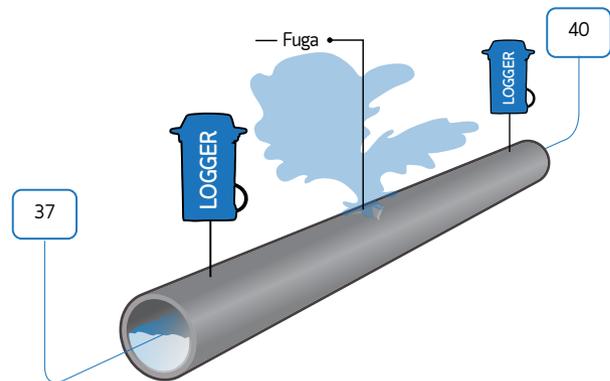


Figura 6.11 Esquema de mapeamento de pressão

A análise dos resultados deste mapeamento de pressões engloba a verificação dos perfis de cotas piezométricas (cota de terreno acrescida da pressão em cada instante) de cada ponto de monitorização instalado e a compara-

ção sistemática dos valores apurados em cada um deles. Convém sublinhar a importância da necessidade de ter cuidado e sensibilidade na manobra das válvulas. A pressão na rede estará no seu valor máximo durante a noite, frequentemente chegando a valores muito superiores aos verificados ao longo do dia. A passagem para um valor próximo do zero para a pressão máxima, pode provocar roturas se as válvulas não forem manobradas com a devida cautela. Quando o decaimento de cotas piezométricas entre dois pontos sucessivos for relevante, é expectável que o consumo excessivo possa estar localizado na área da rede existente entre eles (Figura 6.11). Caso contrário, se não houver alterações aos perfis de cota piezométrica entre dois pontos sucessivos, a zona em questão não deverá vir a ser considerada como crítica.

Esta técnica pode ser ainda melhorada quando se possui um modelo hidráulico calibrado da rede de distribuição, pois este pode contribuir para a melhor compreensão da distribuição do escoamento e, assim, apoiar a seleção dos melhores locais para instalar os pontos de monitorização da pressão. O modelo permite também obter maior qualidade na interpretação dos resultados, podendo, inclusivamente ser implementadas rotinas de calibração do modelo com vista a localizar, computacionalmente, os locais mais prováveis dos consumos excessivos.

Existem, assim, vários aspetos que diferenciam e condicionam a aplicação dos diferentes tipos de ensaios suprarreferenciados. A escolha de um tipo de ensaio em detrimento de um outro deve ter em conta as características da rede a analisar, os equipamentos de monitorização disponíveis, a capacidade técnica dos meios humanos existentes, as imposições legais dos regulamentos internos ou do regulador do setor e, principalmente, os impactes causados no serviço ao cliente. O ensaio por fecho sequencial é aquele que maior impacte tem no serviço prestado ao cliente, pois implica a suspensão do abastecimento, pode causar problemas ao nível da qualidade da água ou mesmo a ocorrência de roturas na rede (o que potencia o aumento dos períodos de suspensão para reparação dessas roturas). Assim, este tipo de ensaio deve ser equacionado como a última alternativa, devendo ser previamente realizados todos os esforços para localizar as fugas de água com recurso a outras técnicas.

6.2.4 Técnicas para localização exata de fugas

Existem várias técnicas aplicáveis na localização exata de fugas, sendo as mais comuns baseadas na deteção do ruído provocado por uma fuga (metodologia acústica), o qual se propaga pelas condutas e órgãos adjacentes. No entanto, a diversidade de novos materiais utilizados nas redes, sobretudo materiais plásticos, a baixa pressão de serviço, bem como a ausência de pontos de acesso, contribuem para condicionar a aplicação da técnica acústica à generalidade das redes de distribuição. Esta realidade tem desafiado as entidades gestoras e os fornecedores de equipamentos de deteção de fugas a inventar novas soluções técnicas, visando permitir a execução de trabalhos de deteção e localização de fugas em todas as zonas de uma rede de distribuição. Exemplo disso são as soluções inerentes à injeção de um gás traçador ou à inspeção acústica no interior das tubagens, as quais, embora menos utilizadas, visam ultrapassar os condicionalismos acima referidos.

O mercado tem apresentado soluções inovadoras de sondagem acústica destinadas à localização de fugas em condições severas, nomeadamente em condutas adutoras de maior diâmetro. Estas técnicas são caracterizadas por ser mais intrusivas e por requerer a criação prévia de condições específicas que possibilitem a sua utilização. Incluem uma combinação da tecnologia de radar terrestre, acústica ou inspeção vídeo, funcionando como verdadeiros sistemas de deteção, de que são exemplos o Sahara, Smart Ball ou o JD7-Inspector.

6.2.4.1 Sondagem acústica

A aplicação das técnicas de sondagem acústica deve seguir uma metodologia de aproximação sucessiva à origem do ruído permanente provocado por uma fuga, com utilização de equipamentos específicos, nomeadamente loggers acústicos, correladores, vareta de escuta ou o microfone de terra.

A sondagem acústica envolve a escuta de ruídos de fuga diretamente sobre os órgãos da rede ou sobre a superfície do solo, no alinhamento do traçado das infraestruturas de abastecimento. Os resultados produzi-

dos com este tipo de sondagem são mais eficazes se se escutarem pontos da rede próximos entre si, permitindo assim a análise da intensidade do ruído de fuga em diferentes órgãos da rede. Contudo, quanto maior for o número de pontos auscultados maior serão os tempos afetos às atividades de localização exata da fugas, pelo que cada entidade gestora deve efetuar um balanço entre os meios disponíveis e os resultados esperados.

Os métodos acústicos baseiam-se no facto de uma fuga numa conduta sob pressão emitir um ruído específico permanente, definido por uma gama de frequências determinada (Figura 6.12).

A distribuição de frequências produzidas por uma fuga é específica dessa fuga, dependendo de fatores como o tipo e tamanho do orifício de escape, pressão, material e diâmetros da tubagem ou tipo de solo. O ruído produzido é difundido ao longo da tubagem a uma determinada velocidade, que depende sobretudo das características do material. Ao ser difundido, o ruído da fuga dissipa-se,

sendo o som auscultado tanto menor quanto maior for a distância entre o local da fuga e o local de escuta.

Uma das principais vantagens da aplicação desta técnica é a possibilidade de execução dos trabalhos de deteção sem necessidade de suspensão do abastecimento. Aliás, a existência de abastecimento com uma pressão mínima admissível é preponderante para a deteção de ruídos de fugas. Esta premissa assume extrema importância nos sistemas com abastecimento descontinuado, pois em determinados períodos do dia não são reunidas as condições mínimas necessárias à aplicação das técnicas acústicas. Nestes casos, podem ser aplicadas outras técnicas como a injeção de um gás traçador.

Paralelamente às condições inerentes ao abastecimento, as entidades gestoras devem ainda ponderar as características da rede e a experiência e capacidade de cada operador, adequando a utilização dos diferentes equipamentos de deteção acústicos a cada caso.



Figura 6.12
Propagação do Ruído de Fuga

Entre os equipamentos de sondagem acústica mais correntemente utilizados é possível destacar:

a) Loggers Acústicos

Um logger acústico é uma unidade compacta constituída por um sensor acústico (acelerómetro) e por um data-logger programável, o qual dispõe de um magneto para assegurar o contacto entre o sensor e um ponto metálico, normalmente válvulas, hidrantes ou a própria conduta. A sua dimensão e configuração permitem que este tipo de equipamento possa ser instalado em espaços bastantes reduzidos, para viabilizar a utilização de todos os pontos de contacto disponíveis na rede de abastecimento de água. Os loggers acústicos alcançaram uma grande popularidade no seio das entidades gestoras, pois podem funcionar autonomamente após a programação, não requerendo a presença de técnicos para efetuar os registos de ruído. Os equipamentos são instalados durante o dia, com uma programação para monitorizar ruídos de



Figura 6.14 Patrulhamento de loggers acústicos

90

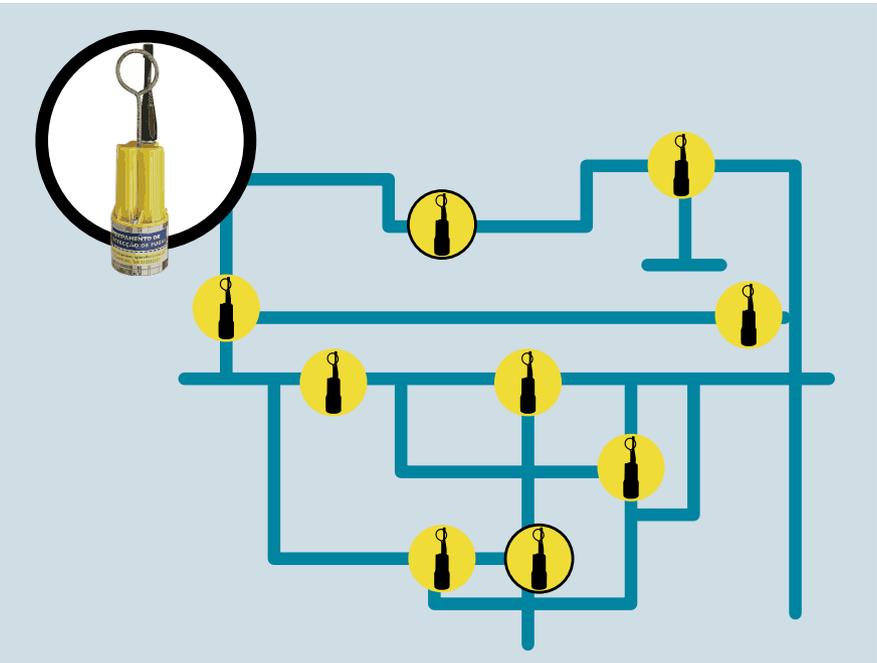


Figura 6.13 Esquema de instalação de loggers acústicos

fuga no período noturno, normalmente entre as 2h00 e as 4h00, quando estão reunidas as melhores condições para a execução de trabalhos de deteção de fugas e existem menores interferências do ruído ambiente e o consumo é mínimo. Esta característica permite evitar o funcionamento das equipas de deteção de fugas em regime de trabalho noturno permanente, diminuindo os custos associados ao controlo de perdas.

Os loggers são, assim, programados e instalados durante o dia, registando os ruídos propagados na infraestrutura durante a noite e, no dia seguinte, os dados são recolhidos pelas equipas técnicas, sendo posteriormente analisados no terreno ou em gabinete (Figura 6.13).

Os resultados da medição acústica são recolhidos através de uma unidade de patrulhamento, que se conecta com cada logger via radiofrequência ou via GSM/GPRS, no caso de se tratar de unidades de instalação permanente, normalmente instaladas em locais com reaparecimento frequente de fugas. No caso de equipamentos

não residentes, o patrulhamento poderá ser realizado em andamento, com utilização de uma viatura de patrulhamento, ou a pé, quando realizado em zonas de maior densidade de edificações e, por isso, com maior dificuldade de comunicação (Figura 6.14).

Nas atividades de varrimento de grandes zonas, os equipamentos são sucessivamente transladados, até toda ser objeto de inspeção ao nível das fugas, numa operação denominada por *Lift & Shift*. A deposição destes equipamentos na rede de abastecimento permite o "varrimento" de grandes áreas com pouco esforço e a eficaz inspeção de zonas onde possam existir ruídos ambientes durante o dia, provocados por tráfego automóvel ou por grande movimentação de pessoas. Paralelamente, este tipo de equipamento permite ainda que zonas problemáticas de intervenção em horário noturno possam ser inspecionadas ao nível da deteção de fugas, sem que isso coloque em causa a segurança e integridade dos operadores.

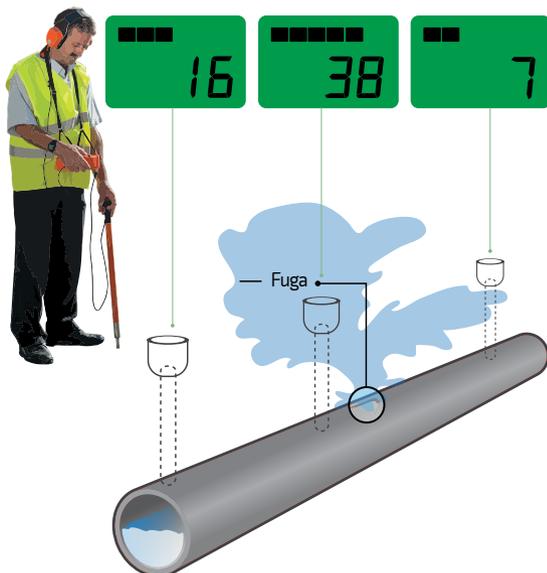


Figura 6.15 Esquema de utilização da Vareta de escuta

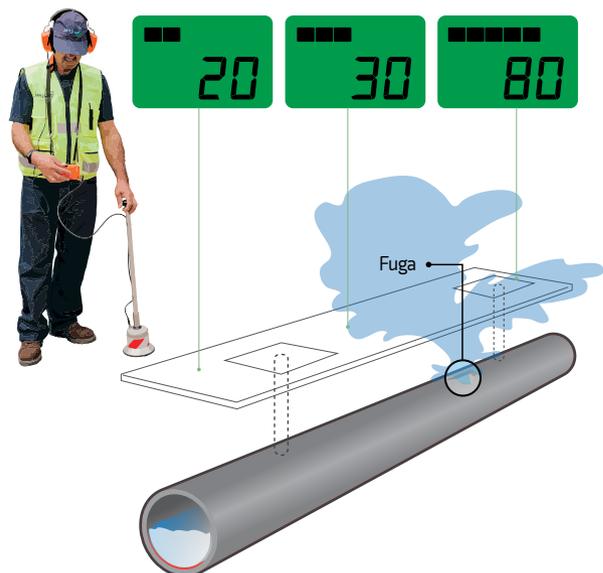


Figura 6.16 Esquema de utilização do Geofone

No processo de planificação dos locais de instalação, devem ser considerados dois aspetos importantes, designadamente o material das condutas da rede de distribuição e a pressão de serviço existente, pois a propagação do som é muito influenciada por estes dois fatores. A distância de deposição entre unidades poderá ir até aos 200 metros, se os mesmos forem instalados em tubagens metálicas com uma pressão de serviço elevada, reduzindo para distâncias inferiores a 80 metros se estes forem colocados em condutas plásticas, tal como PEAD e PVC. Na generalidade dos equipamentos existentes no mercado, a pressão mínima admissível à sua utilização é de cerca de 1,5 bar, independentemente do material da tubagem.

Uma fuga detetada por um conjunto de loggers está mais próxima daquele que tiver registado maior intensidade de um ruído regular no período da amostra. A proximidade a uma fuga é geralmente identificada por um elevado nível de decibéis e por pouca dispersão na respetiva gama de frequências observadas.

O local exato da fuga não é normalmente detetado por este tipo de equipamento, pois essa não é a sua função. Ele indica a existência de fuga na proximidade do local de instalação, devendo essa suspeita ser analisada mais pormenorizadamente, através da utilização de outro tipo de equipamentos de deteção de fugas.

b) Varetas de Escuta e Geofone

Uma vez reduzida a área de pesquisa de uma fuga, deverão ser aplicadas técnicas de aproximação ao local exato da fuga, com um erro aproximado de um 1m, no sentido de se reduzir o esforço e investimento associado à escavação ou pesquisa no solo.

Sublinhe-se que o escape de água em pressão provocado por uma fuga causa vibrações na tubagem e no solo envolvente, que podem ser percecionadas a frequências distintas, escutadas através de um equipamento com funcionamento semelhante a um estetoscópio amplificado. Essas vibrações são normalmente auscultadas à su-

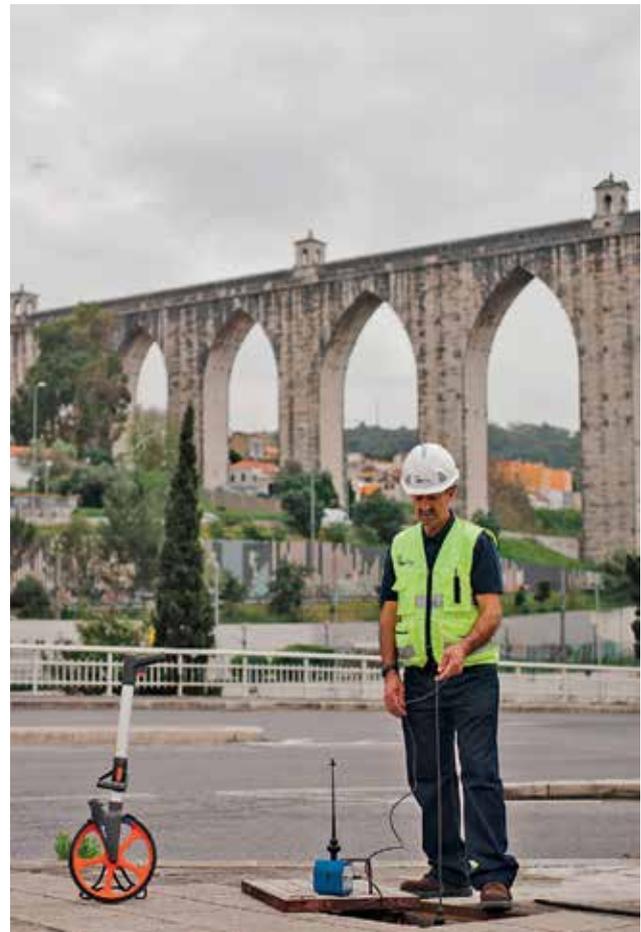
perfície do solo na gama de frequências de 200 a 600 Hz, e quando diretamente na rede de distribuição entre os 600 e 2.000 Hz.

Na aplicação do método de inspeções por sondagem acústica procede-se à auscultação do ruído de fugas por contacto direto sobre válvulas, hidrantes, ramais ou outros órgãos da rede, através de uma vareta de escuta de sinal eletroacústico amplificado. Tendo-se identificado um ruído de fuga num troço de tubagem entre dois órgãos, a fuga está praticamente localizada (Figura 6.15).

Quando o método de escuta é aplicado à superfície do solo acima da linha da conduta, é utilizado um microfone de solo designado por geofone. Este equipamento segue igualmente o princípio de deteção de sinal eletroacústico amplificado (figura 6.16).

Neste contexto, o microfone de solo, que deve estar protegido - com filtros - contra o ruído do tráfego automóvel e do vento, é colocado no solo acima das tuba-

Figura 6.17 Aplicação do Correlador



gens, em intervalos regulares de um metro ou dois, até ser identificado o local exato da fuga.

c) O correlador acústico

O correlador acústico é um dos mais sofisticados aparelhos acústicos para localização de fugas de água. O seu método de funcionamento permite a determinação do local exato da fuga, assentando a seu funcionamento no cálculo matemático do tempo de atraso entre dois sinais (curvas de frequência) provenientes da mesma fonte de ruído - a fuga (Figura 6.17).

Assim, o aparelho não procura o ponto de maior ruído, procedendo à escuta em dois pontos diferentes da tubagem enterrada e determinando a posição relativa da fuga, por correlação cruzada, relativamente a cada um desses pontos. As versões mais recentes deste aparelho permitem localizar com elevada precisão, geralmente com erros inferiores a um metro, através da seguinte fórmula de cálculo:

Fórmula de Cálculo

$$d_1 = \frac{L - (v * \Delta t)}{2}$$

2

sendo:

d_1 - distância da fuga ao sensor 1;

L - distância entre sensores;

v - velocidade de propagação do ruído no material e diâmetro da conduta;

Δt - atraso na receção de ruído entre os sensores.

Observe-se que a introdução de um erro relativo à distância entre sensores resultará num erro de localização igual a metade do erro inicialmente introduzido. O mesmo se passará caso se considere uma incorreção na velocidade de propagação de ruído, sendo a mesma definida pelo material e diâmetro da tubagem. Refira-se ainda que, onde existem transições de material no troço de conduta em análise, devem ser considerados os materiais e diâmetros de cada secção, sob pena serem introduzidas incorreções no valor de velocidade de propagação.

Caso a distância entre sensores, do tipo acelerómetro magnético, não permita a escuta simultânea do mesmo ruído nos dois locais extremos da zona em análise então não poderá ser aplicado o método. No entanto, poderão ser aplicados sensores hidrofónicos, ou seja, instalados diretamente em contacto com a água, que apresentam um maior alcance na receção do ruído. Esta variante é muito



Figura 6.18 Correlador acústico e pico de correlação

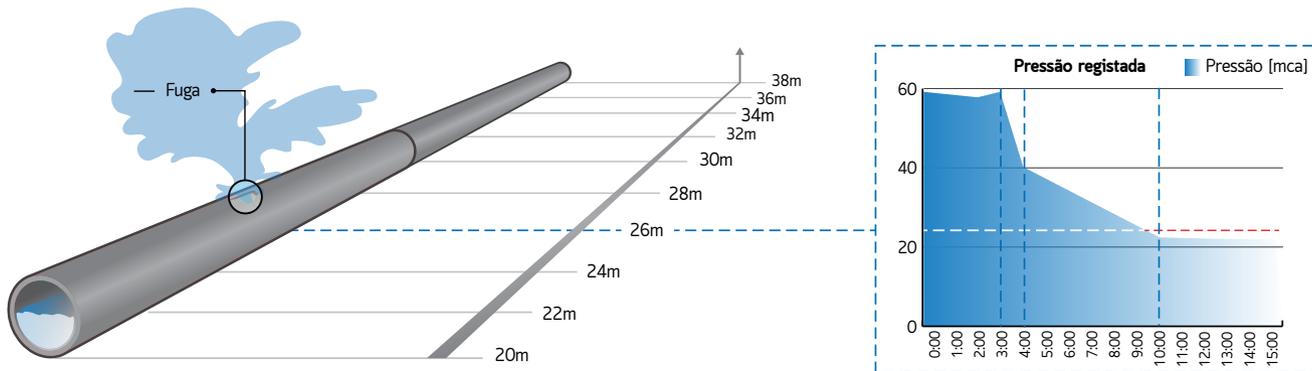


Figura 6.19 Esquema do ensaio de estanquidade

comum na aplicação em condutas plásticas ou onde existam poucos órgãos para instalação dos sensores.

O sinal proveniente de cada um dos dois sensores instalados é geralmente comunicado via rádio para uma consola central de processamento, onde serão parametrizados os dados relativos ao campo de aplicação, designadamente a distância entre sensores, o material e o diâmetro da tubagem. Quando se usa o correlador como uma ferramenta de inspeção, um pico de correlação é indiciador de que um ruído de fuga está presente (Figura 6.18).

O equipamento de correlação é portátil e de simples instalação, podendo ser operado apenas por uma pessoa. Para o refinamento e análise dos resultados, o equipamento apresenta geralmente a possibilidade de seleção de múltiplos filtros de frequências. No entanto, existem algumas fugas muito difíceis de localizar com o correlador, nomeadamente em condutas com baixa pressão, em grandes diâmetros, em materiais não metálicos e com pontos de contacto pouco frequentes para colocação do microfone.

Antes de se realizar uma inspeção de correlação, deve ser elaborado um programa de deteção de fugas, incluindo uma planta do local de aplicação com a indicação de todas as válvulas e hidrantes a utilizar na inspeção - que devem estar numerados e ordenados no plano -, bem como um quadro com a indicação da extensão total das condutas e a distância estimada entre os pontos de teste.

6.2.4.2 Ensaio de Estanquidade

Este método é correntemente utilizado na deteção de fugas em reservatórios, podendo também ser aplicado no ensaio de condutas com perfil longitudinal ascendente.

Neste último caso, o processo inicia-se com a instalação de um registador de pressão no ponto de cota altimétrica mais baixa, ao qual se seguirá a suspensão de todas as ligações existentes no percurso e, finalmente, o fecho da entrada de água. Após este procedimento, observa-se a queda da coluna de água até à cota altimétrica do ponto da fuga. Conhecendo-se à altimetria do traçado da conduta, será possível identificar o local da fuga. A precisão da localização dependerá do grau de precisão do equipamento registador de pressão (Figura 6.19).

6.2.4.3 Injeção de Gás Traçador

Este método de deteção envolve a suspensão do troço de conduta sob suspeita de rotura, onde será injetado um gás traçador que é detetado à superfície no alinhamento vertical do ponto de fuga.

Este método é muito eficaz, embora oneroso por envolver consumíveis, nomeadamente o gás de traçamento, devendo ser aplicado apenas como último recurso. Estima-se que cerca de 20% das fugas de água não produzem ruído suficiente, nomeadamente devido à pressão reduzida ou materiais plásticos de fraca propagação de ruído para aplicação dos métodos acústicos, sendo

esses os casos em que deve ser considerada a aplicação deste método.

O processo inicia-se com a suspensão do abastecimento ao troço a ensaiar, bem como a todos os ramais anexos, injetando-se um gás traçador, através de um hidrante ou boca de rega, com uma pressão suficiente para assegurar a sua libertação pelo orifício da fuga (Figura 6.20). Uma vez estabilizado este sistema, percorre-se, à superfície, o traçado da rede a analisar com um aparelho detetor da presença do gás injetado. Uma vez detetado o gás à superfície, observam-se os valores da sua concentração, sendo que valores mais elevados correspondem a uma maior proximidade do local da fuga.

Utilizam-se, para o efeito, diversos gases traçadores, sendo o Hélio ou uma mistura de Hidrogénio e Azoto, os mais comuns para aplicação em condutas de água para o consumo humano. Em ambos os casos, o gás apresenta uma molécula muito pequena e volátil, permitindo o seu fácil escapamento pelo orifício da fuga e a sua subsequente deteção à superfície.

Para a concretização deste método, importa assegurar previamente a disponibilidade de um volume de gás suficiente para preencher a extensão total da rede a ensaiar, sendo importante suspender todas as derivações das tubagens, mesmo para além da zona suspeita de roturas. O processo de injeção deverá ser tão lento quanto possível, de forma a evitar danos nas tubagens.



Figura 6.20 Método de injeção de gás



7. Mudanças comportamentais associadas à implementação do Controlo Ativo de Fugas

A implementação, por parte de uma entidade gestora, de uma estratégia integrada de monitorização e controlo ativo de fugas conduz, geralmente, não só a ganhos de eficiência operacional, financeira e ambiental, como tende a constituir-se como um fator catalisador de uma profunda mudança comportamental na própria organização.

Com efeito, o facto de se passar de uma postura relativamente passiva face à problemática das perdas de água para uma abordagem pró-ativa, conjugado com o surgimento de resultados positivos decorrentes da nova estratégia, tende a promover um acréscimo de motivação que, numa primeira fase, origina uma nova dinâmica de atuação transversal à estrutura da entidade gestora. Esta situação faz com que as diferentes equipas passem a assumir a problemática das perdas como um verdadeiro desígnio do operador, criando-se o chamado "efeito bola de neve" que, por sua vez, origina novos desenvolvimentos, melhores análises e o incremento dos padrões de exigência, contribuindo para a melhoria da atuação da organização a diversos níveis.

Por outro lado, a existência de informação útil disponibilizada pela monitorização e pelo tratamento dos dados inerentes proporciona a melhoria do conhecimento sobre o sistema de abastecimento e uma gestão mais eficiente do mesmo, designadamente ao nível da otimização energética e do consumo de reagentes, bem como da minimização de impactos para os clientes decorrentes de intervenções na rede.

Paralelamente, a implementação de políticas de eficiência energética pode também ter um impacto no serviço prestado ao cliente e no tipo de informação veiculada. É expectável que as entidades gestoras possam incluir no seu marketing comercial a temática da preservação e do uso eficiente da água, sensibilizando os seus clientes domésticos, comerciais e industriais a adotar medidas que conduzam à minimização, ou mesmo à eliminação, dos consumos desnecessários. Isso

pode ser feito mediante o lançamento de campanhas de sensibilização ou através da inclusão na tarifa de venda de água de incentivos financeiros que premeiem os consumos mais reduzidos. Posteriormente, quando esse trabalho surte efeito e a maioria dos clientes passa a adotar hábitos eficientes de consumos, surge um novo tipo de julgamento social, que pressiona as entidades gestoras a manter ou aumentar os níveis de eficiência do serviço prestado. Nesse sentido, os clientes passam a estar mais sensíveis a essas matérias e a exigir maior rapidez na reparação das roturas visíveis, bem como uma melhor utilização da água por parte das entidades gestoras.

Não menos relevante é o facto de, à medida que vai sendo incrementada a eficiência operacional, existir uma natural libertação de recursos, humanos e financeiros, que podem ser canalizados para outras atividades, igualmente importantes para a entidade gestora, contribuindo, assim, para a melhoria do seu desempenho global.

No caso da EPAL, a produtividade das equipas, no que respeita à deteção de fugas, aumentou significativamente, uma vez que as ações de Controlo Ativo de Perdas passaram a basear-se no *ranking* de ZMC proporcionado pela aplicação WONE, sendo atribuída prioridade de intervenção nas ZMC com piores performances.

O WONE funcionou também como catalisador de uma mudança cultural em diferentes níveis e áreas da empresa. As áreas técnicas adotaram o conceito, bem como o departamento comercial, enquanto a aplicação é usada diariamente como uma ferramenta de gestão e avaliação, e também como uma ferramenta de vigilância contínua na rede de distribuição, salvaguardado a sua performance.

A implementação do sistema WONE contribuiu, por outro lado, para a otimização do nível de serviço aos clientes, tendo sido possível detetar fugas nas redes privadas até então desconhecidas por parte dos proprietários.

A informação disponível na aplicação WONE constitui-se como uma componente importante da estratégia de gestão de ativos da EPAL, permitindo a avaliação da performance de infraestruturas operacionais relevantes, em termos da sua redundância e possível substituição, e considerando a eficiência e a redução de custos, num contexto de atuação que se pretende sustentável a todos os níveis.

Atualmente, a informação disponível na aplicação constitui-se como uma componente importante da estratégia de gestão de ativos da EPAL, permitindo a avaliação da performance de infraestruturas operacionais relevantes, em termos da sua redundância e possível substituição, e considerando a eficiência e a redução de custos, num contexto de atuação que se pretende sustentável a todos os níveis.

Por conseguinte, é inequívoco o interesse da adoção de abordagens de controlo ativo de perdas, sendo fundamental iniciar o processo conducente à sua implementação tão cedo quanto possível. Esta implementação pode ser mais ou menos rápida, gradual ou faseada, mas deve reger-se por um objetivo global, tendo sempre em con-

ta a necessidade de serem criadas condições para que a informação e as ferramentas base, que inclui o SIG e o Sistema de Gestão de Clientes, possam ir sendo melhoradas e integradas, possibilitando o incremento da sua contribuição ao longo do projeto.

Em suma, a implementação de uma estratégia integrada de monitorização e controlo ativo de perdas constitui uma opção virtuosa sob diferentes aspetos, pelo que se justifica, com as necessárias adaptações de contexto, a sua implementação pelas entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água, visando contribuir para a melhoria global da eficiência da respetiva atuação e para o objetivo global de salvaguarda dum recurso essencial para a vida – a água.

- Agência Portuguesa do Ambiente, *Programa Nacional para o uso eficiente da água - implementação 2012 - 2020*. junho 2012.
- ALEGRE, H., HIRNER, W., BAPTISTA, J.M. e PARENA, R., *Performance Indicators for Water Supply Services*. IWA Publishing, Londres, Reino Unido, 2000.
- ALEGRE, H., COELHO, S. T., ALMEIDA, M. e VIEIRA, P., *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. Série GUIAS TÉCNICOS 3, Laboratório Nacional Engenharia Civil, Instituto da Água, Instituto Regulador de Águas e Resíduos, 2005.
- ALMEIDA, M., BAPTISTA, J. M., VIEIRA, P., SILVA, A. e RIBEIRO, R., *O uso eficiente da água em Portugal no sector urbano: Que medidas e que estratégias de implementação? Uma gestão para o Séc. XXI*. Encontro Nacional das Entidades Gestoras, Lisboa, 2001.
- BROTHERS, K., *Water Loss - IWA Task Force - A practical approach to water loss reduction*. Water 21 Magazine, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, junho 2003.
- DONNELLY, A. e JORGE, C., *GMC - Grupo de Monitorização e Controlo - Manual de Boas Práticas para Zonas de Medição e Controlo*. EPAL, Lisboa, Portugal, 2005.
- DONNELLY, A., GUIMARÃES, R. e SERRANITO, F., *WONE - Water Optimization for Network Efficiency Applying effective tools for reducing Non-Revenue Water within a major Water Utility. IWA Efficient - Water Efficiency Strategies for Difficult Times*. Paris, França, 2013.
- ERSAR, *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal*. 2012
- European Commission, *Resource and Economic Efficiency of Water Distribution Networks in the EU - EC Report*. Bruxelas, Bélgica, outubro 2013.
- European Commission, *A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*. WFD CIS WG PoM. Bruxelas, Bélgica, novembro 2014.
- FALLIS, P., HÜBSCHEN, K., OERTLÉ, E., ZIEGLER, D., KLINGEL, P., KNOBLOCH, A., BAADER, J., TRUJILLO, R. e LAURES, C., *Guidelines for water loss reduction - A focus on pressure management*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Eschborn, Alemanha, 2011.
- FANTOZZI, M. e LAMBERT, A., *Residential Night Consumption - Assessment, Choice of Scalling Units and Calculation of Variability*. IWA Specialist Conference "Water Loss". Manila, Filipinas, fevereiro/março 2012.
- FANNER, P., *Water Loss - IWA Task Force - Assessing real water losses: a practical approach*. Water 21 Magazine, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, abril 2004.
- FARLEY, M., *Leakage management and control - A best practice training manual*. World Health Organization. Genebra, Suíça, 2001.
- FARLEY, M. e TROW, S., *Losses in Water Distribution Networks - A practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control*. IWA Publishing, Londres, Reino Unido, 2003.
- FANTOZZI, M., LAMBERT, A. e LIEMBERGER, R., *Some examples of European Water Loss Targets and the Law of Unintended Consequences*. IWA Specialist Conference "Water Loss 2010", São Paulo, Brasil, junho 2010.
- HAMILTON, S. e CHARALAMBOUS, B., *Leak Detection - Technology and Implementation*. IWA Publishing, Londres, Reino Unido, julho 2013.
- LAMBERT, A., TIMOTHY, O., BROWN, G., TAKIZAWA, M. e WEIMER, D., *A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems*. IWA/AQUA, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, 1999.
- LAI, CHENG CHEONG., *Unaccounted for Water and the Economics of Leak Detection*. IWSA International Special Subject Report 1, IWSA, Londres, Reino Unido 1991
- LAMBERT, A. e HIRNER, W., *Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures*. IWA Blue Pages, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, 2000.
- LAMBERT, A., *Water Loss - IWA Task Force - Assessing non-revenue water and its components: a practical approach*. Water 21 Magazine, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, agosto 2003.
- LAMBERT, A., *Ten Years Experience in using the UARL Formula to calculate Infrastructure Leakage Index*. IWA Specialist Conference "Water Loss 2009", Cidade do Cabo, África do Sul, março 2009.
- LAMBERT, A., FANTOZZI, M. e THORNTON, J., *Practical approaches to modelling leakage and pressure management in distribution systems - progress since 2005*. CCWI Conference, Perugia, Itália, setembro 2013.
- LAMBERT, A., CHARALAMBOUS, B., FANTOZZI, M., KOVAC, J., RIZZO, A. e GALEA ST JOHN, S., *14 Years Experience of using IWA Best Practice Water Balance and Water Loss Performance Indicators in Europe*. IWA Specialist Conference "Water Loss 2014", Viena, Austria, março 2014.
- LAMBERT, A. e FANTOZZI, M., *Smart Water Loss Performance Indicators for Smart Water Networks*. Keynote Speech, IWA Water IDEAS Conference, Bolonha, Itália, outubro 2014.
- Lei de Bases do Ambiente, n.º 11/1987 de 7 de abril
- MARQUES, R., *Avaliação e gestão de empreendimentos de abastecimento de água*. Tese de Mestrado em engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 1999
- MARTINS, J. P., *Management of Change in Water Companies - In search of Sustainability and Excellence*. IWA Publishing, Londres, Reino Unido, 2014.
- MCKENZIE, R. e LAMBERT, A., *Water Loss - IWA Task Force - Best practice performance indicators: a practical approach*. Water 21 Magazine, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, agosto 2004.
- MCKENZIE, R. e HAMILTON, S., *Get back to basics with water loss management*. Water 21 Magazine, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, dezembro 2014.
- MORRISON, J., TOOMS, S. e ROGERS, D., *DMA Management Guidance Notes*, DMA Team of the IWA Water Loss Task Force, Specialty Conference. Chipre, 2002.
- MORRISON, J., *Water Loss - IWA Task Force - Managing leakage by District Metered Areas: a practical approach*. Water 21 Magazine, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, fevereiro 2004.
- OFWAT, *Leakage and the Efficient Use of Water 2000-2001report*, Birmingham, Reino Unido, 2001.
- PILCHER, R., *Water Loss - IWA TASK FORCE - Leak detection practices and techniques: a practical approach*. Water 21 Magazine, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, dezembro 2003.
- RIZZO, A., PEARSON, D., STEPHENSON, M. e HARPER, N., *Water Loss - IWA Task Force - Apparent water loss Control: a practical approach*. Water 21 Magazine, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, junho 2004.
- SHIKLOMANOV, I., *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Peter H. Gleick, 1993.
- SHIKLOMANOV, I., *Global Water Resources*. State Hydrological Institute (SHI, St Petersburg) and United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation (UNESCO, Paris), 1999.
- THORNTON, J., *Water Loss - IWA Task Force - Managing leakage by managing pressure: a practical approach*. Water 21 Magazine, IWA Publishing, Londres, Reino Unido, outubro 2003.
- THORNTON, J., *Water Loss Control* 2nd Edition. McGraw-Hill, EUA, 2008.
- TROW, S., *Development of a Pressure Management Index (PMI)*. IWA Specialist Conference "Water Loss 2009", Cidade do Cabo, África do Sul, 2009.
- TROW, S. e PEARSON, D., *Setting Targets for Non-Revenue Water Reduction*. Water 21 Magazine, abril 2010.
- TROW, S. e TOOMS, S., *Pressure Management of Water Distribution Systems: Every Metre Counts*. Conference "Water Ideas 2014", Bolonha, Itália, Outubro 2014.
- UN WATER 2007, *Coping with water scarcity: challenge of the twenty-first century*, UN WATER, FAO Fiat Panis, 2007
- UKWIR, *Assessment of Low Flow Components of Night Use and the Water Balance*. UKWIR Report 12/WM/08/48, 2012.



Os autores/The authors

(esq. p/ dir. - from left to right)

Francisco Serranito
Andrew Donnelly
Vera Marmelo
Pedro Saraiva
Nuno Dias
Ricardo Guimarães
Daniel Morais
Vitor Rocha