

Perdas em sistemas de abastecimento de água – INOVA (Cantanhede)

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana

Autor

Samuel de Oliveira Martinho

Orientador

Prof. Doutor Joaquim José de Oliveira Sousa
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas contribuíram para este estágio diretamente ou indiretamente, no entanto devido à minha impossibilidade de citar todos os intervenientes, citarei apenas os que mais se destacaram:

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha família. À minha mãe, irmã e avós pelo apoio incondicional e pelo “acreditar” incessante. Queria dar um especial destaque ao meu pai que apesar de me ter acompanhado durante o tempo em que “plantei” já não está presente para ver aquilo que tenho vindo a “colher”.

Ao professor Doutor Joaquim Sousa, orientador científico deste estágio, que se manifestou imbatível na dedicação e empenho na partilha de conhecimentos e experiência. Agradeço a sua inteira disponibilidade e apoio prestado no decorrer deste estágio.

Queria agradecer à empresa INOVA-EM-S.A. em geral, pela oportunidade que me foi atribuída, assim como toda a disponibilidade para abraçar este projeto. Aos membros da empresa pela forma como fui recebido e acolhido ao longo do estágio.

Agradecimentos em particular aos Eng^o. Francisco Varanda e Eng^o. Marco Simão pela orientação e instruções prestadas, bem como a dedicação neste projeto. Aos encarregados Carlos Teixeira e Idalécio Cunha pela partilha do conhecimento de caráter prático do sistema, bem como ao Dr. Calisto Faria pelo acompanhamento e ensinamentos no trabalho de campo. Agradeço também aos operários que diretamente e indiretamente me auxiliaram neste estágio com os seus conhecimentos.

À minha namorada por ter sido o meu “porto” seguro e pelas críticas construtivas que ajudaram este relatório a progredir.

Por último, aos meus amigos que de forma geral sempre me apoiaram nos momentos difíceis.

RESUMO

O presente trabalho tem como base um estágio na entidade gestora INOVA-EM-S.A. a fim de reduzir a água não faturada. O estudo forçar-se-á especificamente nas perdas de água, às quais se dará uma maior importância às perdas reais.

Este tema assume grande importância, notando-se cada vez mais, a consciência para este problema que afeta as entidades gestoras de todo o mundo. A nível nacional, a entidade reguladora - ERSAR define como principal alvo o valor de 20% de água não faturada, valor este que se tem revelado bastante inferior ao verificado para a realidade de várias entidades gestoras.

Numa primeira fase, por forma a reduzir as perdas de água, será analisado todo o sistema de abastecimento de água do concelho de Cantanhede nomeadamente reservatórios, condutas, consumidores e os respetivos consumos. Posteriormente serão analisados todos os dados dos consumidores, bem como os das ZMCs presentes, resultando na elaboração de indicadores. Estes indicadores serão importantes para a tomada de decisão sobre qual ZMC intervir, e também aqui será essencial a análise dos caudais mínimos noturnos resultante do processo de telemetria. A escolha da zona de medição crítica será consequência dos valores referentes aos indicadores anteriormente referidos, assim como do tempo necessário para o estudo e todo o processo de atuação nesta ZMC.

A ZMC (Bolho) escolhida será alvo de campanhas de deteção e intervenção, com a finalidade da redução das perdas reais, entretanto, paralelamente a este processo, será revisto todo o parque de contadores procedendo à verificação e mesmo à substituição de alguns contadores, combatendo assim parte das perdas aparentes. Estes processos serão acompanhados com a monitorização constante permitindo assim a verificação das medidas tomadas.

Posteriormente serão abandonadas as intervenções, dando lugar a intervenções pontuais a realizar apenas quando necessário, mantendo a monitorização constante durante este período. Verificou-se que os indicadores, bem como os caudais mínimos noturnos subiram de forma considerável.

Mais tarde será realizada uma nova campanha de deteção de fugas, desta vez não tão exaustiva como a anterior. Esta campanha será realizada com vista a analisar o estado da ZMC depois de realizado todo este processo exaustivo de intervenções. Como resultado desta segunda campanha serão identificados novos locais com roturas, locais que anteriormente na primeira campanha não foram destacados como locais a intervir por não apresentarem indícios de rotura ou fuga de água.

Palavras-chave: Perdas de água, perdas reais, localização de fugas

ABSTRACT

This report concerns an internship that took place at INOVA-EM-S.A., the Cantanhede municipal water company, and its main goal was water loss control, mainly real losses.

This topic is of great importance, and it is a problem that affects the water companies worldwide. In Portugal, the regulatory authority - ERSAR - defines as main target the level of 20% of unaccounted for water, but most of the water companies report higher levels.

Initially, in order to reduce water losses, the entire water supply system in the municipality of Cantanhede was analysed, including tanks, pipes, consumers and the respective consumption. Subsequently, the data from consumption and District Metered Areas (DMAs) was used to calculate some indicators. These indicators, together with the analysis of the Minimum Night Flows (obtained by a telemetry system), were very important to choose the target DMA for this internship. The choice of the DMA was also conditioned by its dimension, for it had to be small enough to allow obtaining results during the internship period.

During this internship the chosen DMA (Bolho) was the target of a leak location and repair campaign in order to reduce real losses. At the same time, some customer water meters were replaced in an attempt to also reduce apparent losses. Both these procedures were constantly monitored to observe the results achieved.

After these major interventions, some additional occasional interventions were still performed. However, it was not enough to prevent the Minimum Night Flow from increasing considerably, indicating the need for another campaign to locate and repair new leaks.

A new campaign was held, and as expected new leaks were located and immediately repaired. All this process led to the conclusion that to reduce water loss it is not enough to implement a leak location and repair campaign. It is imperative to maintain a constant monitoring of the system to identify new intervention needs in order to keep water loss at low levels.

Keywords: Water losses, real losses, leak localization

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE QUADROS	xiv
SIMBOLOGIA	xv
ACRÓNIMOS	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Estrutura do relatório	3
2. PERDAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E MEDIDAS DE CONTROLO.....	5
2.1. O problema das perdas de água.....	5
2.2. Perdas aparentes.....	9
2.2.1. Erros de medição	10
2.2.2. Usos não autorizados	13
2.3. Perdas reais	14
2.3.1. Perdas reais em condutas	17
2.3.2. Perdas reais em ramais	18
2.3.3. Perdas nos reservatórios	19
2.4. Medidas de combate às perdas de água.....	20
2.4.1. Zonas de Medição e Controlo.....	20
2.4.2. Localização de fugas	22
2.4.2.1. Localização aproximada.....	23
2.4.2.2. Localização exata	24
3. O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA AO MUNICÍPIO DE CANTANHEDE.....	29
3.1. Captação e tratamento da água.....	30
3.1.1. Evolução do volume de água produzido.....	31
3.2. Reservatórios	31
3.3. Setorização do sistema de abastecimento	32
3.3.1. Setor de Lemede	33
3.3.2. Setor da Fontinha.....	35
3.3.3. Setor da Tocha.....	36
3.4. Materiais e idade das condutas.....	37
3.5. Intervenções realizadas no sistema de distribuição em 2012	39
4. ÂMBITO DO ESTÁGIO.....	41
4.1. Resumo da ZMC do Bolho	41
4.1.1. Indicadores de perdas	43
4.1.2. Tempo de corte do abastecimento de água durante as intervenções	48
4.1.3. Influência da ZMC Bolho no Setor de Lemede	49
4.1.4. Consumos mínimos e médios	50
4.1.5. Perfil de consumo	51

4.2.	Medidas implementadas	52
4.2.1.	Método visual	53
4.2.2.	Contadores	54
4.2.3.	Acelerómetros	57
4.2.4.	Uso da vareta de escuta e geofone nos locais assinalados pelos acelerómetros	58
4.2.5.	Análise de amostras de água para testes de cloro	59
4.2.6.	Coloração ou turvação da água	60
4.2.7.	Substituição das válvulas de secionamento	61
4.2.8.	Alteração no diâmetro do contador	63
4.2.9.	Importância da telemetria nos sistemas de abastecimento	63
4.2.10.	Cuidados a ter aquando da reparação	65
4.2.11.	Sensibilização dos habitantes	66
4.3.	Resultados alcançados	68
4.3.1.	Locais identificados e intervencionados com roturas	69
4.3.2.	Tempo de corte do abastecimento de água durante as intervenções	71
4.3.3.	Indicadores de perdas	71
4.3.4.	Caudais mínimos	75
4.3.5.	Relação volume total vs. Volume faturado	76
4.3.6.	Volume de água diário que entra na ZMC	76
4.3.7.	Média de consumo por dia da semana	77
4.3.8.	Influência da ZMC no Setor de Lemedo	78
4.4.	Medidas adotadas após a intervenção	79
4.4.1.	Caudais mínimos	79
4.4.2.	Verificação do volume de perdas	80
4.4.3.	Poupança em volume de água diário	81
5.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	83
5.1.	Conclusão	83
5.2.	Recomendações	84
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Dados sobre a realidade da água não faturada em Portugal (Agência Lusa, 2013)	2
Figura 2.1 – Notícia publicada no jornal Público sobre água não faturada em Portugal (Agência Lusa, 2013)	5
Figura 2.2 – Notícia publicada no jornal Público sobre os valores da capitação em 2011 (Agência Lusa, 2013)	7
Figura 2.3 – Quadro do balanço hídrico (Alegre <i>et al.</i> , 2005)	8
Figura 2.4 – Curva de erros característica de um contador volumétrico Qn 1,5 m ³ /h (DN15mm), Classe C (JANZ, 2013)	10
Figura 2.5 – Curva de erro típica para contador de velocidade de macromedição (Sensus, 2013)	10
Figura 2.6 – Inclinação do contador (Arregui <i>et al.</i> , 2005)	11
Figura 2.7 – Adulteração de contadores com recurso a agulhas (João Mugeiro <i>et al.</i> , 2008)	11
Figura 2.8 – Vandalismo de contador doméstico (João Mugeiro <i>et al.</i> , 2008)	12
Figura 2.9 – Contador em mau estado de conservação (cedida por Joaquim Sousa)	13
Figura 2.10 – Ligação com bypass ao contador (cedida por Joaquim Sousa)	12
Figura 2.11 – Ligação direta (cedida por Joaquim Sousa)	13
Figura 2.12 – Índícios de uso ilícito de água proveniente da boca de incendio para fins de construção civil	14
Figura 2.13 – Diferença do nível de corrosão entre tubagem galvanizada e cobre (Armstrong Plumbing, 2011)	16
.....	16
Figura 2.14 – Rotura na tubagem do ramal (Lakewood Water District, 2011)	16
Figura 2.15 – Tipos de fugas de água (adaptado de Tardelli <i>et al.</i> , 2006)	17
Figura 2.16 – Origens das perdas de água em condutas e acessórios (Alegre <i>et al.</i> , 2000)	18
Figura 2.17 – Intervenção num ramal com o joelho danificado	18
Figura 2.18 – Fissura no reservatório (cedida por Joaquim Sousa)	18
Figura 2.19 – Fissura no reservatório apoiado	19
Figura 2.20 – Extravasamento do reservatório (PMA, 2010)	20
Figura 2.21 – Zonas de Medição e Controlo (Alegre <i>et al.</i> , 2005)	21
Figura 2.22 – Telemetria com recurso ao iWater 200 ISA	22
Figura 2.23 – Telegestão da ETA de Alcantarilha (Sul informação, 2012)	22
Figura 2.24 – <i>Step test</i> (AWWA, 2011)	23
Figura 2.25 – Resultado do <i>Step test</i> (AWWA, 2011)	23
Figura 2.26 – Acelerómetros Primayer Phocos 2 (Primayer, 2013)	24
Figura 2.27 – Geofone Mikron da Primayer (Perta, 2013)	25
Figura 2.28 – Vareta de escuta Mikron da Primayer (Perta, 2013)	25
Figura 2.29 – Correladores Eureka3 da Primayer (Primayer, 2013)	26
Figura 2.30 – Correladores multiponto (Tecnilab, 2013)	26
Figura 2.31 – Colocação do hidrofone numa boca de incendio (Vivax metrotech, 2009)	27
Figura 2.32 – SmartBall e rede de captura (Pure Technologies, 2013)	28
Figura 2.33 – Sahara (WRc, 2013)	28
Figura 3.1 – Evolução do número de clientes do abastecimento de água (INOVA-EM-S.A., 2012)	30
Figura 3.2 – Evolução do volume de água anualmente extraído na captação para o concelho de Cantanhede (INOVA-EM-S.A., 2013)	31
Figura 3.3 – Setorização do sistema de abastecimento de Cantanhede (INOVA-EM-S.A., 2013)	32

Figura 3.4 – Setor de Lemedo	33
Figura 3.5 – Subsetor de Cadima	34
Figura 3.6 – Subsetor Nordeste	35
Figura 3.7 – Subsetor de Ançã	35
Figura 3.8 – Setor da Fontinha	36
Figura 3.9 – Setor da Tocha	37
Figura 3.10 – Percentagem dos materiais das condutas no concelho de Cantanhede (INOVA-EM-S.A., 2013)	37
.....	37
Figura 3.11 – Idade média das tubagens por ZMC	38
Figura 3.12 – Intervenções realizadas em 2012	39
Figura 3.13 – Percentagem de tipos de intervenções realizadas em 2012	40
Figura 4.1 – Aldeia do Bolho, vista do topo do reservatório	42
Figura 4.2 – Desenho da rede de distribuição da ZMC do Bolho	42
Figura 4.3 – Relação volume total vs. Volume faturado, por dia, em 2012	45
Figura 4.4 – Tempo de corte do abastecimento de água na ZMC do Bolho durante as intervenções, em 2012	48
Figura 4.5 – Sonda de encaixe no contador (envio de dados para iwater 200 ISA)	50
Figura 4.6 – Perfil de consumo antes das intervenções	52
Figura 4.7 – Torneira de segurança a verter água	52
Figura 4.8 – Aparecimento de humidade e musgos na parede junto ao contador	53
Figura 4.9 – Humidade anormal na estrada	53
Figura 4.10 – Reservatório do Bolho	54
Figura 4.11 – Adulteração de contador	55
Figura 4.12 – Suspeita de ligação clandestina	56
Figura 4.13 – Intervenção numa rede predial	55
Figura 4.14 – Intervenção num contador doméstico com suspeitas de irregularidades nas leituras.	56
Figura 4.15 – Colocação do acelerómetro numa válvula de seccionamento	56
Figura 4.16 – Colocação do acelerómetro no ramal	57
Figura 4.17 – Luzes do acelerómetro (Primayer, 2012)	58
Figura 4.18 – Utilização da vareta de escuta numa boca-de-incêndio	58
Figura 4.19 – Estojo do teste ao cloro	59
Figura 4.20 – Situação de incerteza sobre a origem da água	60
Figura 4.21 – Válvula antiga, a ser substituída	61
Figura 4.22 – Conjunto de válvulas novo, da rua do serradinho à saída do reservatório do Bolho	62
Figura 4.23 – Intervenção num ramal com perdas de água	62
Figura 4.24 – Contador de 125mm, válvula de seccionamento e cone de redução 150mm – 125mm	63
Figura 4.25 – Lasca de calcário responsável pelo encravamento do contador	64
Figura 4.26 – Abertura de uma boca de incêndio, para libertação de água com fragmentos de calcário	65
Figura 4.27 – Aparecimento de água à superfície num local anteriormente reparado	66
Figura 4.28 – Duração das fugas de água (adaptado de Joaquim Sousa)	67
Figura 4.29 – Reparação de rotura	68
Figura 4.30 – Rotura na tubagem	69
Figura 4.31 – Reparação de um ramal	70
Figura 4.32 – Tempo de corte do abastecimento durante as intervenções	71
Figura 4.33 – Caudais noturnos e médios com as reparações realizadas	75

Figura 4.34 – Relação volume total vs. Volume faturado	76
Figura 4.35 – Variação do volume de água diário durante as intervenções	76
Figura 4.36 – Média de volume de água entrada por dia da semana	77
Figura 4.37 – Caudais mínimos e médios vs. Reparações depois da fase de reparações	80
Figura 4.38 – Relação volume total vs. Volume faturado	81
Figura 4.39 – Variação do volume de água entrada diário pós-intervenções	82

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Percentagem de comprimento e idade média das condutas	39
Quadro 4.1 – Consumos e volumes de perdas por mês na ZMC do Bolho em 2012	44
Quadro 4.2 – IPD na ZMC do Bolho por mês em 2012	45
Quadro 4.3 – Evolução das perdas por mês em 2012	46
Quadro 4.4 – Impacto da ZMC do Bolho na água entrada no setor de Lemedede, por mês em 2012	49
Quadro 4.5 – Impacto da ZMC do Bolho nas perdas de água do setor de Lemedede, por mês em 2012	49
Quadro 4.6 - Locais intervencionados e sua data de intervenção	69
Quadro 4.7 – Consumos e volumes de perdas por mês em 2013	72
Quadro 4.8 – Índice de Perdas na Distribuição nos primeiros meses de 2013	72
Quadro 4.9 – Fator de pesquisa (FP) por mês em 2013	73
Quadro 4.10 – Vazão noturna perdida inerente	74
Quadro 4.11 – Fatores de correção de pressão	74
Quadro 4.12 – Perdas noturnas por mês em 2013	74
Quadro 4.13 – Média do volume de água entrada por dia da semana	77
Quadro 4.14 – Impacto da ZMC do Bolho na água entrada no setor de Lemedede, durante o período de intervenção	78
.....	78
Quadro 4.15 – Impacto da ZMC do Bolho nas perdas de água do setor de Lemedede, durante o período de intervenção	78
Quadro 4.16 – Volume de perdas	80

SIMBOLOGIA

% – Percentagem

AA13 – Perdas reais de água

CMNI – Caudal Mínimo Noturno Inerente

CN – Consumo Noturno

D – Detecção

DN – Diâmetro Nominal

FCP – Fator de Correção de Pressão

FP – Fator de Pesquisa

h – Hora

Hz – Hertz, unidade derivada, do Sistema Internacional, para frequência

IIEP (Op29) – Índice infraestrutural de Perdas

IPD – Índice de Perdas na Distribuição

km – Quilómetro

kPa – Quilopascal

L – Localização

l/dia/m – Litros por dia por metro de ramal

l/dia/ramal – Litros por dia por ramal

l/hab/dia – Litros por habitante por dia

L/km/h – Litros por quilómetro por hora

L/lig./h – Litros por ligação por hora

l/ramal/dia – Litros por ramal por dia

l/s – Litros por segundo

Lm – Comprimento da rede de distribuição (km);

Lp – Comprimento médio dos ramais, medido entre o limite da propriedade e o contador (m);

m – Metro

m c.a – Metro coluna de água

m³ – Metro cúbico

m³/(km.dia) – Metro cúbico por quilómetro por dia

m³/ano – Metro cúbico por ano

m³/dia – Metro cúbico por dia

m³/h – Metros cúbicos por hora

min - Minuto

mm - Milímetro

Nc – Número de ramais;

° – Ângulo em graus

Ø – Diâmetro

P – Pressão média de operação (kPa).

P – Pressão média do período de 24 horas.

PI – Perdas Inerentes

PN – Perdas Noturnas

PR – Perdas Reais

PRM – Perdas Reais Mínimas

Q médio – Caudal médio

Q mínimo – Caudal mínimo

Qn – Caudal nominal

R – Reparação

un – Unidade

V. anual – Volume anual

ACRÓNIMOS

AIPA – Associação das Industrias de Produtos de Amianto
AIRC – Associação de Informática da Região Centro
AWWA – *American Water Works Association*
CEE – Comunidade Económica Europeia
EDP – Eletricidade de Portugal
ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ETA – Estação de Tratamento de Água
FC – Fibrocimento
FFD – Ferro Fundido Dúctil
ICS-UL – Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa
iGPI – Iniciativa Nacional para a Gestão Patrimonial de Infraestruturas
IIEP – Índice Infraestrutural de Perdas
INAG – Instituto Nacional da Água
INE – Instituto Nacional de Estatística
INOVA-EM-S.A. – Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, E.M.-S.A.
ISA – *Intelligent Sensing Anywhere*
IWA – *The international water association*
JANZ – Contagem e Gestão de Fluidos, S.A.
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia
OMS - Organização Mundial de Saúde
PEAASAR II – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007 – 2013
PEAD – Polietileno de Alta Densidade
PVC – Policloreto de vinilo
RASARP 2012 – Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos de Portugal 2012
SGA – Sistema de Gestão de Águas
SIG – Sistemas de informação Geográfica
SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
SPSS – Statistical Package for the Social Sciences
TRH – Taxa de recursos hídricos
WRc – *Water Research Centre*
ZMC – Zona de Medição e Controlo

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

No decorrer dos últimos anos houve um grande esforço para que Portugal garantisse uma rede de infraestruturas eficiente e, acima de tudo, que conseguisse chegar a todos os habitantes. Vários projetos foram avaliados e realizados, apoiados por fortes investimentos da união europeia, no sentido de permitir que o nosso país desse o “salto” para um Portugal mais desenvolvido e mais capaz de seguir as tendências modernas.

Segundo o jornal *dinheiro vivo*, notícia avançada no dia 30-05-2013, “*Entre 1986 e 2011, Portugal recebeu 80,9 mil milhões de euros em fundos estruturais e de coesão...*”, dinheiro investido pela União Europeia, podendo chegar a “*...96,7 mil milhões de euros até ao final de 2013*”. Este investimento foi realizado nos últimos anos, permitindo uma evolução desde 1981, cujo valor da taxa de cobertura rondava os 71.5%, até um valor bastante relevante de 97% no ano de 2009. Segundo dados da ERSAR, em 2011 cerca de 95% da população portuguesa é servida por sistemas públicos de abastecimento de água.

O tema das perdas de água nos últimos tempos tem sido bastante estudado, analisado e divulgado por forma a conseguir a sua redução. Em entrevista à agência Lusa (setembro de 2008), o presidente do INAG – Orlando Borges – afirmou que “*Actualmente, o sector industrial desperdiça 30 por cento da água que lhe é destinada e na agricultura atinge os 40 por cento...*”, sendo que o INAG pretende reduzir estes “*valores para 15 e 35 por cento, respectivamente.*”. Porém, segundo o presidente da Quercus – Helder Spínola (março de 2007) – em entrevista ao *Jornalismo Porto Net*, “*Para uma melhor gestão dos recursos hídricos, é essencial que se desenvolvam métodos, mecanismos e comportamentos de uso mais eficiente.*”, algo que cada vez mais está patente nos objetivos das entidades gestoras.

Atualmente e segundo uma notícia avançada pela agência lusa (novembro de 2013), Figura 1.1, a água não faturada representa cerca de um terço da total de água produzida, constituindo uma perda monetária estimada em cerca de 170 milhões de euros anualmente. A mesma fonte adianta ainda que, do ponto de vista internacional, são aceitáveis valores na ordem dos 15% de água não faturada, valor claramente distante de muitas entidades gestoras em Portugal.



Figura 1.1 – Dados sobre a realidade da água não faturada em Portugal (Agência Lusa, 2013)

Em Portugal continental verificam-se desigualdades evidentes a nível de precipitação, assim como na distribuição dos recursos hídricos. A precipitação é mais intensa no norte e centro, onde atinge níveis mais elevados comparativamente ao sul. Este fator por si só traduz a dificuldade em uniformizar todo o sistema de abastecimento, assim como a distribuição das captações, em que a maioria se distribui pelo norte e centro do país. Estes fatores condicionam a gestão da água em todo o país, originando fortes desigualdades em termos de fornecimento de água, refletindo-se também nos diferentes tarifários que são praticados pelas diversas entidades gestoras.

Perante as novas exigências oriundas da legislação portuguesa, políticas e diretivas europeias e mundiais, as entidades gestoras são obrigadas a cumprir requisitos exigentes, no que à qualidade da água diz respeito. Nos últimos anos, o valor de água segura em termos percentuais teve uma evolução muito favorável. No ano de 2012, o valor de água segura ultrapassou a barreira dos 98%, fixando-se em 98,20%. Ainda assim, a meta para 2013 será um valor próximo de 99% de água segura, referenciada no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Aguas Residuais – PEAASAR II.

Contudo, na entrevista Hélder Spínola (março de 2007) refere que “*A poluição dos rios e das albufeiras é cada vez mais visível e pode tornar Portugal mais vulnerável à escassez, como acontece em países mais pobres*”, realçando a ideia de que será cada vez mais difícil e mais dispendioso o tratamento da água para consumo humano.

Perante este cenário, o controlo das perdas de água com vista à sua resolução será de grande importância. Neste contexto, a empresa INOVA-EM-S.A., entidade gestora que, entre outras funções, é responsável pelo sistema de abastecimento de água ao concelho de Cantanhede, está consciente de que as perdas de água têm de ser combatidas diariamente.

1.2. Estrutura do relatório

O presente relatório é referente ao estágio que decorreu na empresa INOVA-EM-S.A., subordinado ao tema do controlo de perdas de água. O recurso a várias metodologias, algumas já adotadas pela empresa e outras ainda a carecer de implementação, serão fundamentais para o sucesso das intervenções. As campanhas de deteção/localização de fugas de água realizadas no âmbito deste estágio foram realizadas com recurso a equipamentos acústicos.

No Capítulo 1 deste relatório apresenta-se uma introdução focada nos sistemas de abastecimento de água, evidenciando a componente das perdas de água.

O Capítulo 2 é dedicado às perdas de água, reais e aparentes, sendo apresentado um estudo mais detalhado, quanto às causas e suas consequências. Abordam-se, também, as medidas para o combate às perdas de água, dando-se especial ênfase às perdas reais, já que foi sobre estas que mais incidiu o estágio. As medidas de combate às perdas reais foram separadas em dois grandes grupos que se complementam: as medidas de localização aproximada e as medidas de localização exata.

No Capítulo 3 apresenta-se um breve resumo do sistema de abastecimento de água ao concelho de Cantanhede, dividido em três setores e respetivos subsectores, referenciando as infraestruturas existentes e indicando alguns dados relevantes sobre estas. Neste capítulo são também abordados os reservatórios, a captação que abastece todo este sistema e, por fim, apresenta-se uma descrição sumária sobre as características das condutas existentes no sistema de abastecimento.

No capítulo 4 estuda-se com mais pormenor todo o sistema, evidenciando a ZMC escolhida para este trabalho de estágio, após a análise de vários indicadores, dos dados da telemetria, dos consumos dos clientes e dos seus hábitos de consumo. A ZMC escolhida foi alvo de campanhas de deteção/localização de fugas de água e intervenções para reparação das anomalias identificadas, mantendo-se a sua contante monitorização com o objetivo de manter as perdas de água dentro de limites aceitáveis.

No capítulo 5 apresentam-se as conclusões do trabalho realizado e algumas recomendações para o futuro.

2. PERDAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E MEDIDAS DE CONTROLO

2.1. O problema das perdas de água

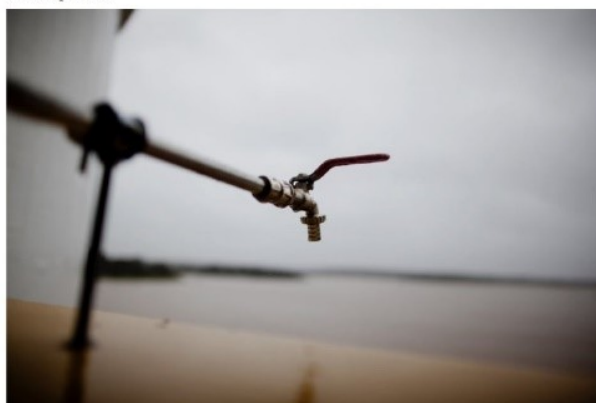
Segundo dados da ERSAR referentes ao ano de 2011, divulgados no Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos de Portugal - RASARP 2012, a água não faturada das entidades gestoras em alta, responsáveis pela captação, tratamento e, em alguns casos, o abastecimento dos reservatórios, é cerca de 5.4%. O indicador de perdas reais de água usado para as entidades gestoras em alta, uma vez que estas entidades não têm grande expressão ao nível de ramais, exprime-se em perdas por quilómetro de conduta por dia - AA13 - Perdas reais de água $\text{m}^3/(\text{km.dia})$. Para o ano em análise, este indicador foi de $7.3 \text{ m}^3/(\text{km.dia})$.

Já nas entidades em baixa, responsáveis pela distribuição aos clientes finais, a água não faturada ronda os 30.7%, Figura 2.1. Nestas entidades gestoras a presença de ramais é bastante significativa, por serem estas que distribuem a água aos clientes. O indicador de perdas reais usado para estas entidades exprime-se em perdas por ramal por dia que, e no ano em análise foi cerca de $158 \text{ l}/(\text{ramal.dia})$. Em algumas entidades gestoras em baixa podem ocorrer, pontualmente, locais onde a densidade de ramais não cheguem ao estipulado pela ERSAR, 20 ramais por quilómetro de rede, e nesses casos, à semelhança das entidades em alta, é usado o indicador das perdas por quilómetro de conduta por dia, tendo-se obtido um valor próximo dos $2.2 \text{ m}^3/(\text{km.dia})$.

Um terço da água distribuída em Portugal não é facturada

PÚBLICO • LUSA 02/11/2013 - 12:38

Entidade reguladora diz que é preciso investir na rede para evitar perdas, que chegam aos 170 milhões de euros por ano.



Entre perdas na rede e falta de cobrança, os operadores deixam escapar 170 milhões de euros

Figura 2.1 – Notícia publicada no jornal Público sobre água não faturada em Portugal (Agência Lusa, 2013)

Até há alguns anos as entidades gestoras não se preocupavam com as perdas de água, mas esse cenário mudou. Com a imposição de novas medidas e regulamentações mais apertadas no controlo das operações, bem como o aumento do custo de todo sistema de abastecimento, a temática das perdas de água ganhou importância (Alegre *et al.*, 2005).

As perdas de água têm impacto ao nível económico-financeiro com a perda de receitas da entidade gestora. Este decréscimo de receitas é o reflexo dos gastos na água que é captada, tratada, elevada e transportada em infraestruturas de elevado valor monetário, e se perde antes de chegar ao seu principal destinatário, o cliente, que paga este serviço. Estas infraestruturas representam um avultado investimento, anteriormente realizado, que é necessário manter e preservar (Alegre *et al.*, 2005). Quanto maior for o valor da perda de água, mais pesada vai ser a fatura para a entidade gestora, aumentado também os custos operacionais do sistema, custos com a energia e desgaste mais acelerado nos equipamentos mecânicos e nas próprias infraestruturas. Os custos relacionados com a energia remetem para consequências a nível ambiental, já que, segundo a EDP, na energia consumida em Portugal o carvão e a cogeração de combustível fóssil representam 15.1% e 10.7%, respetivamente.

Qualquer rotura representa uma porta de entrada para uma possível contaminação da água. Porém, se o sistema evidenciar pressões superiores às exteriores (em geral a pressão atmosférica) a probabilidade de contaminação reduz. Se por qualquer motivo houver corte de abastecimento, ficando a conduta sem pressão, ou caso se verifiquem pressões negativas num determinado troço do sistema, a possibilidade de contaminação acentua-se. As roturas proporcionam a passagem de agentes patogénicos e, caso o nível freático seja elevado, a água presente nos terrenos envolventes penetrará pela abertura e seguirá em direção ao cliente final, assim que for reposto o normal funcionamento da rede (Alegre *et al.*, 2010).

Socialmente, as perdas de água são mal aceites pela população, sobretudo se a entidade gestora praticar tarifários elevados para cobrir os custos inerentes à sua atividade. Assim, o controlo das perdas de água, para além de todos os benefícios anteriormente referidos para a entidade gestora, é também uma exteriorização da sua imagem (Alegre *et al.*, 2005).

A aplicação das novas regulamentações, respeitantes ao uso dos recursos hídricos disponíveis, fez com que a Diretiva Quadro da Água aplicasse restrições na construção de novas captações, se o nível de perdas na rede de abastecimento fosse muito elevado. Assim, para a entidade gestora é importante que os volumes de água que entram no sistema sejam do seu conhecimento, nomeadamente o volume de água que é perdida e que é extravasada (Alegre *et al.*, 2005).

É ainda aplicada a taxa de recursos hídricos (TRH), segundo a Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, como um instrumento económico-financeiro que aplica o princípio do utilizador pagador referenciado na Lei da Água. Este princípio impõe que o indivíduo ou entidade que faz uso deste recurso hídrico seja incumbido de compensar o benefício que retira dessa utilização, por exemplo, a captação de água, a ocupação do domínio público hídrico e a rejeição de águas

residuais. Esta taxa foi regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho (Mesquita *et al.*, 2012).

Em território nacional, em termos de capitações, se for considerada uma população de 9 000 000 habitantes e uma percentagem de volume de perdas de 40%, valor que ronda a média nacional, segundo Melo Baptista *et al.*, 2001, podem estimar-se os valores apresentados nos Quadro 1.1. e 1.2.

Quadro 1.1 – Estimativas das capitações por diferentes consumos (Melo Baptista *et al.*, 2001)

<i>Consumos</i>	<i>Capitações [l/hab/dia]</i>
Doméstico	78
Comercial	16
Público	11

Quadro 1.2 – Influência das perdas nos valores de capitação (Melo Baptista *et al.*, 2001)

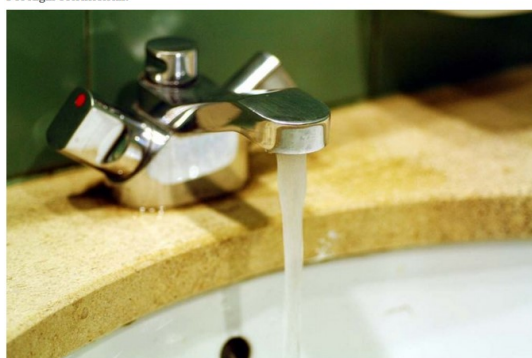
	<i>Capitações [l/hab/dia]</i>
Total sem perdas	105
Total com perdas	170

Dados da ERSAR referentes ao período de 2011 e publicados em vários jornais (Figura 2.2), revelam que cada pessoa, em Portugal continental, consome em média 220 litros de água por dia – Quadro 1.3, estando neste valor incluída toda a água desde a captação até ao cliente final.

Portugal gasta 220 litros de água por pessoa por dia

PEDRO NUNES RODRIGUES 22/03/2013 - 19:09

É a primeira vez que se faz um estudo às 386 entidades gestoras dos serviços de água em Portugal continental.



As reservas de água nacionais estão de acordo com a legislação portuguesa

Figura 2.2 – Notícia publicada no jornal Público sobre os valores da capitação em 2011 (Agência Lusa, 2013)

Quadro 1.3 – Valores de capitação em 2011 (Dados da ERSAR, 2011)

	<i>Capitações [l/hab/dia]</i>
Total sem perdas	168
Total com perdas	220

A comparação do valor de 2001 com o de 2011 revela um aumento de consumo por parte da população, provavelmente resultante do grande investimento infraestrutural realizado no final do século XX. Os valores de capitação dependem de muitos fatores, salientando-se o nível económico, o nível de escolaridade, a localização geográfica e a consciência da população para a necessidade do uso racional da água.

Para o preenchimento do quadro do balanço hídrico, presente na Figura 2.3, é fundamental o conhecimento do sistema, complementado pelo controlo dos consumos existentes. O preenchimento do quadro do balanço hídrico é realizado por norma num intervalo de 12 meses, “ (...) de modo a minimizar os efeitos de inevitavelmente haver desfasamentos entre os intervalos de leituras dos diversos medidores de caudal.” (Alegre et al., 2005).

O quadro do balanço hídrico é dividido em dois grandes grupos, “Consumo autorizado” e “Perdas de água”. O consumo autorizado pode ser faturado, podendo este ser medido ou não medido. Ainda pode ser consumo autorizado não faturado, podendo ser medido ou não medido, à semelhança do anterior.

As perdas de água podem ser divididas em dois grandes grupos, perdas reais e perdas aparentes. As perdas reais englobam todos os acontecimentos aos quais ocorre a saída não controlada da água presente no sistema de abastecimento. Podem advir de condutas, acessórios ou reservatórios.

As perdas aparentes representam as perdas no rigor da medição, fruto de erros dos contadores e usos ilícitos de água. Neste caso não há a perda física de água, apenas perda na sua contagem e conseqüente controlo.

Água entrada no sistema [m ³ /ano]	Consumo autorizado [m ³ /ano]	Consumo autorizado faturado [m ³ /ano]	Consumo faturado medido (incluindo água exportada) [m ³ /ano]	Água facturada [m ³ /ano]	
			Consumo faturado não medido [m ³ /ano]		
	Consumo autorizado não faturado [m ³ /ano]		Consumo não faturado medido [m ³ /ano]	Água não facturada (perdas comerciais) [m ³ /ano]	
			Consumo não faturado não medido [m ³ /ano]		
	Perdas de água [m ³ /ano]	Perdas aparentes [m ³ /ano]			Uso não autorizado [m ³ /ano]
					Erros de medição [m ³ /ano]
		Perdas reais [m ³ /ano]			Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]
					Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]
		Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) [m ³ /ano]			

Figura 2.3 – Quadro do balanço hídrico (Alegre et al., 2005)

Todas estas componentes, quando somadas, devem ser coincidentes com o total de água entrada no sistema nesse intervalo de tempo. Por vezes, há componentes do balanço hídrico difíceis de quantificar, como por exemplo as perdas aparentes, sendo necessário recorrer a valores estimados. Neste caso, a experiência e o conhecimento do sistema tem um papel essencial na qualidade da estimativa realizada.

O balanço hídrico é realizado anualmente, mas mensalmente podem ser usados indicadores de desempenho. Estes indicadores são o resultado do tratamento de dados, permitindo averiguar a dimensão do problema e fornecer uma base de comparação entre sistemas. Estes valores visam simplificar a identificação da zona que necessitará de uma intervenção prioritária. Esta tornar-se-á assim alvo de um estudo mais específico com recurso a vários equipamentos.

Na prática, o indicador que resulta do quociente entre o volume de perdas e o volume de água entrada pode não ser fiável, na medida em que não considera fatores relacionados com cada sistema, como sejam a dimensão, a topografia, o número de ramais e o próprio desenho da rede. Em suma, comparar os valores de indicadores somente percentagens, não tendo em conta a heterogeneidade dos sistemas, poderá resultar numa análise pouco realista.

Para uma avaliação mais cuidada deve usar-se o indicador de perdas reais por ramal (ou por quilómetro de conduta, consoante a densidade de ramais), pois este permite uma avaliação mais próxima da realidade. Os indicadores referidos, aliados a um bom registo histórico de todas as ocorrências verificadas anteriormente, serão bons instrumentos de trabalho para uma tomada de decisão sobre qual é a zona que merecerá maior atenção e será alvo de uma intervenção prioritária.

2.2. Perdas aparentes

As perdas aparentes, também designadas por perdas não físicas, referem-se à água que é efetivamente consumida mas que não é medida devido a erros do respetivo equipamento, ou que é consumida sem a devida autorização. Estas perdas estão relacionadas com as ligações clandestinas e/ou irregulares, fraudes nos hidrantes, erros de micromedição e macromedição, erro de leitura, etc. (Gonçalves *et al.*, 2007).

As perdas aparentes podem ser divididas em dois grupos:

1) Erros de medição

- Erros de medição em condições normais;
- Erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação;
- Erros de leitura ou registo;
- Leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores (dentro das habitações);
- Erros de medição por avaria (“natural” ou por violação do equipamento).

2) Usos não autorizados

- By-pass e ligações diretas;
- Utilização indevida de água dos hidrantes.

2.2.1. Erros de medição

2.2.1.1 Erros de medição em condições normais

Os erros de incrementação de leituras dos contadores constituem perdas de rigor no controlo de volumes de água. Todos os equipamentos com o passar do tempo tendem a perder o rigor da medição, na sequência do desgaste das peças móveis do equipamento. De uma forma simplista, o erro é o resultado da diferença entre o volume que é indicado pelo contador e o valor verdadeiro - volume de água que efetivamente passou no contador. Este valor é chamado de “erro absoluto”.

O valor indicado pelo contador é o resultado da leitura final subtraída da leitura inicial. O valor verdadeiro é lido num recipiente de volume padrão, ou obtido por processos de pesagem da água.

Ao quociente entre o erro absoluto e o valor verdadeiro dá-se o nome de erro relativo – Figura 2.4 e 2.5.

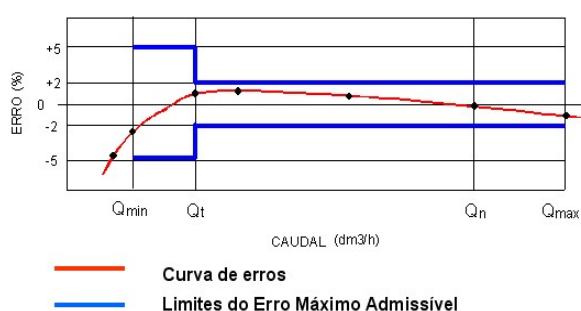


Figura 2.4 – Curva de erros característica de um contador volumétrico Q_n 1,5 m³/h (DN15mm), Classe C (JANZ, 2013)

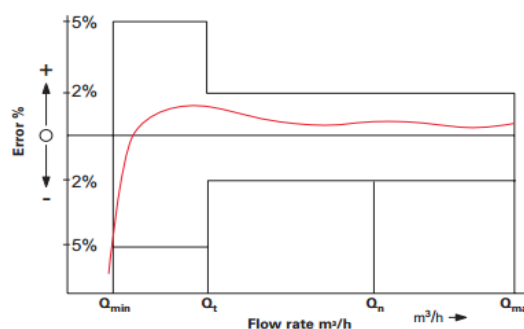


Figura 2.5 – Curva de erro típica para contador de velocidade de macromedição (Sensus, 2013)

“Como o valor do erro relativo é influenciado pelo valor do caudal ao qual esse erro é determinado, é usual fazer-se essa determinação em diversos pontos característicos dos caudais de funcionamento do contador, obtendo-se, assim, uma “curva de erros”.” (Janz, 2013).

2.2.1.2 Erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação

Com o aumento do diâmetro do contador, os valores dos caudais lidos também serão afetados. No contexto das perdas aparentes, os valores do caudal de arranque e caudal mínimo do contador podem não são os mais corretos para o tipo de cliente a servir. Este facto pode ocorrer quando o diâmetro é elevado para o caudal que passa por este, resultando em perda da contagem eficiente do consumo.

O caudal de arranque é aquele a partir do qual o contador entra e permanece em funcionamento contínuo. Já o caudal mínimo é o menor caudal no qual o contador não excede os erros máximos admissíveis ($\pm 5\%$) (JANZ, 2013).

Os contadores devem também ser instalados segundo as instruções dos fabricantes, por forma a funcionarem corretamente, caso contrário poderá provocar a perda de precisão no processo de contagem - Figura 2.6. Um estudo realizado no Brasil (Mello, 2005) avalia a influência da inclinação do contador no seu erro de medição, tendo observado que o máximo erro registado foi de $-15,0\%$ para uma inclinação de 52° . Este estudo foi realizado com contadores de velocidade, para a realidade brasileira que não se aplica na generalidade do retrato do panorama português, cujos contadores domésticos são na sua maioria volumétricos.

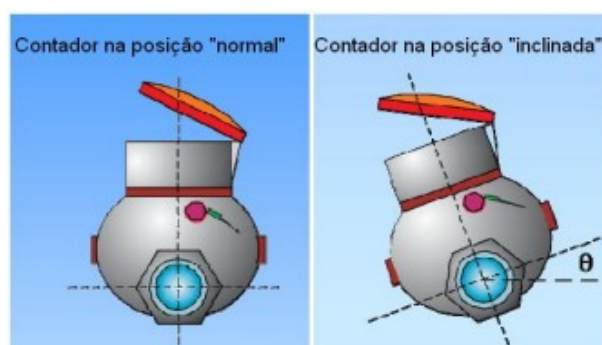


Figura 2.6 – Inclinação do contador (Arregui *et al.*, 2005)

Já para grandes diâmetros são normalmente usados contadores de velocidade, que neste caso se aplica o anterior estudo da inclinação na instalação. O caudal de arranque, bem como os restantes caudais são afetados pela inclinação em relação à posição vertical, atribuindo valores diferentes para a instalação horizontal e vertical.

2.2.1.3 Erros de leitura ou registo

O crescente desenvolvimento tecnológico tem vindo a facilitar, de forma rápida e eficiente, o acesso à informação. Ainda assim, o recurso a técnicos (leitores cobradores) para efetuar o registo das leituras dos contadores é uma prática corrente.

Os leitores cobradores que procedem às leituras dos contadores podem cometer erros na inserção das leituras, bem como quem promove o tratamento desses dados. A entidade gestora deve detetar e averiguar os tipos de erros e eliminá-los, criando para tal ações de formação e rotinas de trabalho.

2.2.1.4 Leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores

Por vezes acontece que o contador encontra-se dentro da habitação, não sendo fácil o seu acesso por forma a efetuar o registo das leituras. Na ausência de dados sobre o consumo daquele contador, é necessário o recurso a estimativa para efeitos de facturação. Neste caso, o recurso a sistemas de telemedição domiciliária é um campo importante a ser explorado (Temido *et al.*, 2012).

Segundo Mesquita *et al.* (2012), “*O contador deve ainda estar posicionado de modo a facilitar a leitura e as operações de manutenção e conservação, obedecendo aos critérios definidos pela entidade gestora.*” São definidas algumas regras sobre a instalação e localização do contador nos artigos 106.º e 107.º do Decreto Regulamentar n.º23/95, de 23 de agosto e no seu anexo VI.

2.2.1.5 Erros de medição por avaria

A prática de adulteração de contadores (Figuras 2.7 e 2.8) não é situação invulgar, principalmente em tempos de crise. Estas situações devem ser combatidas e vigiadas de perto, devendo dar-se formação e instruções aos leitores cobradores para este tema, a fim de identificar e reportar estas situações.



Figura 2.7 – Adulteração de contadores com recurso a agulhas (João Mugeiro *et al.*, 2008)



Figura 2.8 – Vandalismo de contador doméstico (João Mugeiro *et al.*, 2008)

A manutenção do parque de contadores deve também ser realizada periodicamente. Situações como a da Figura 2.8 em que não se consegue proceder às leituras, devem ser evitadas.

A Portaria nº 21/2007, de 5 de janeiro, indica que a entidade gestora pode proceder à substituição do contador sempre que considere necessário, nomeadamente, devido à antiguidade de instalação ou falhas no seu funcionamento.

Podem também ocorrer erros de medição devido a causas naturais como o encravamento dos contadores (Figura 2.9), podendo, em casos mais extremos, ocorrer o bloqueio total da passagem de água por este equipamento. Estas ocorrências são consequência da ausência de manutenção.



Figura 2.9 – Contador em mau estado de conservação (cedida por Joaquim Sousa)

2.2.2. Usos não autorizados

2.2.2.1. By-pass e ligações diretas

As ligações clandestinas (Figura 2.10), ligações diretas (Figura 2.11) ou mesmo ligações a bocas de incêndio são também uma causa de perdas aparentes, pela falta de controlo no consumo que representam.



Figura 2.10 – Ligação com bypass ao contador (cedida por Joaquim Sousa)



Figura 2.11 – Ligação direta (cedida por Joaquim Sousa)

Para reduzir a sua fatura da água (ou até mesmo não a ter) sem ter de diminuir o consumo efetivo, alguns consumidores fazem ligações clandestinas. O *Artigo 60.º do Decreto-Lei n.º*

194/2009, de 20 de agosto, prevê que o abastecimento possa ser interrompido nos seguintes casos: “f) Detecção de ligações clandestinas ao sistema público; g) Anomalias ou irregularidades no sistema predial detectadas pela entidade gestora no âmbito de inspecções ao mesmo;”.

2.2.2.2. Utilização indevida de água dos hidrantes.

O recurso aos hidrantes apenas é autorizado aos bombeiros para uso em combate a incêndios, o que nem sempre acontece. Por vezes o uso da água dos hidrantes tem como finalidade a rega, a lavagem de ruas ou alvo de furtos para consumo doméstico ou para obras de construção civil (Figura 2.12). “Cabe à entidade gestora agir para alterar estas situações, bem como para garantir a protecção e adequada manutenção de bocas de rega e de incêndio.” (Alegre et al., 2005).



Figura 2.12 – Indícios de uso ilícito de água proveniente da boca de incêndio para fins de construção civil

No que respeita à rede predial de combate a incêndio, para não produzir uma perda de carga localizada esta não costuma ter contador associado. Por não haver o controlo da sua utilização, há a probabilidade da ocorrência de usos fraudulentos deste sistema. “Cabe à entidade gestora definir procedimentos para minorar a probabilidade destas ocorrências, quer ao nível dos equipamentos e soluções construtivas autorizadas quer ao nível dos sistemas de detecção de fraudes.” (Alegre et al., 2005).

2.3. Perdas reais

Toda a água que é introduzida no sistema de abastecimento, e que não chega às instalações dos clientes pode ser definida como perdas reais, também chamadas de perdas físicas. Estas perdas são as decorrentes de roturas ou fugas em condutas (adutoras e distribuidoras) ou em ramais, e de fissuras e extravasamentos em reservatórios (Gonçalves et al., 2007).

Os fatores que influenciam as perdas reais de água são:

- Estado das condutas e outros componentes, o seu material, a frequência de ocorrência de fugas e de roturas;
- A pressão de serviço média, a percentagem de tempo que o sistema está pressurizado;
- A densidade e comprimento médio de ramais;
- A localização do medidor domiciliário no ramal;
- O comprimento total de condutas;
- O tipo de solo e as condições do terreno.

As perdas reais situadas a jusante do contador do cliente não são incluídas nas perdas para a entidade gestora, se bem que poderão assumir um papel significativo nas situações em que não haja medição dos consumos (Alegre *et al.*, 2005).

A ERSAR, no seu Guia Técnico nº 16 (ERSAR, 2010), refere os “Tipos de Envelhecimento”, evidenciando o desgaste que é sofrido pelos elementos infraestruturais do sistema de abastecimento de água, como causa para o aumento da frequência de roturas e, consequentemente, do volume de perdas de água, apresentando como causas:

- Desgaste natural dos materiais é fruto da passagem dos anos, causando degradação e corrosão dos materiais, com a consequente perda de espessura e resistência mecânica. O solo envolvente pode também possuir características que agravem essa corrosão natural;
- Desgaste ou incrustação dos materiais resulta da acumulação de resíduos, que com o passar do tempo e devido à fraca velocidade de circulação da água, vão sedimentando no interior das tubagens. Esta sedimentação dos resíduos provocará a diminuição da secção, nesse local. Em casos extremos poderá ocorrer o preenchimento integral do interior da tubagem, impedindo assim a água de circular. A Figura 2.13 apresenta a corrosão ocorrida em tubos de ferro galvanizado;
- A desatualização tecnológica advém do aparecimento de novos produtos, ficando os equipamentos mais antigos desatualizados. A Figura 2.13 ilustra uma tubagem em ferro galvanizado e cobre, materiais que caíram em desuso. Também os ramais de chumbo, ou acessórios feitos com este material, têm vindo a ser substituídos por conferirem toxicidade e serem a causa de fugas.

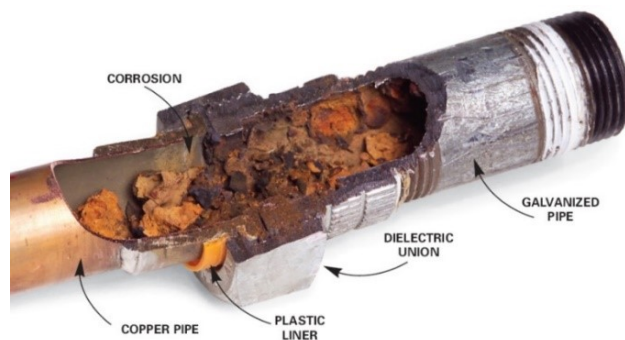


Figura 2.13 – Diferença do nível de corrosão entre tubagem galvanizada e cobre (Armstrong Plumbing, 2011)

O fibrocimento é também um bom exemplo de material que está a ser retirado e substituído por materiais com outras características mais modernas. No caso do fibrocimento, o problema apontado é a ocorrência de roturas, consequência de assentamentos diferenciais. A substituição do fibrocimento deve-se também ao receio do perigo para a saúde, pela existência de fibras de amianto na sua constituição. A Organização Mundial de Saúde (2000) decretou que todas as formas de amianto são perigosas para a saúde quando as fibras, de dimensão respirável, são inaladas. No entanto, se as condutas estiverem em bom estado de conservação e não sejam fragmentáveis, não constituem perigo para a saúde (ACSS, 2011).

Grande parte das roturas surgem por um elevado estado de degradação – Figura 2.14, má execução em obra ou má qualidade dos materiais, principalmente nos acessórios de ligação. Pressões altas no sistema podem também contribuir para o surgimento e o aumento de roturas. O tipo de solo e as condições do terreno são particularmente relevantes, sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas.



Figura 2.14 – Rotura na tubagem do ramal (Lakewood Water District, 2011)

As perdas reais de água oriundas de roturas são muitas vezes difíceis de detetar, por se encontrarem enterradas e fora da perceção da entidade gestora ou dos habitantes, pelo que exigem um grande esforço no sentido de as localizar. Caso surja água à superfície este problema é bastante mais simples de ser identificado.

As fugas de água podem ser agrupadas em quatro classes (Alegre *et al.*, 2005), sendo três destas classes representadas pela Figura 2.15:

- Perdas inerentes ou perdas de base são perdas de água não visíveis e não detetáveis por equipamentos de deteção acústica. Tipicamente caracterizadas por caudais baixos mas grandes volumes, por escoarem permanentemente;
- Fugas e roturas não reportadas, em que a água não aflui à superfície mas são detetáveis por equipamentos acústicos. São caracterizadas por caudais médios, tendo uma duração dependente da frequência das campanhas de deteção realizadas, fator preponderante no seu volume;
- Roturas visíveis que afluem à superfície, sendo visíveis pela população que procede à sua comunicação. Por norma têm curta duração, caudais elevados e volumes de água moderados, por serem rapidamente identificadas e reparadas;
- Fugas e extravasamentos em reservatórios são também causas de perdas de água. Estas perdas são muitas vezes visíveis e têm uma duração dependente do tipo de manutenção que é realizada. A sua reparação depende da complexidade do problema associado.

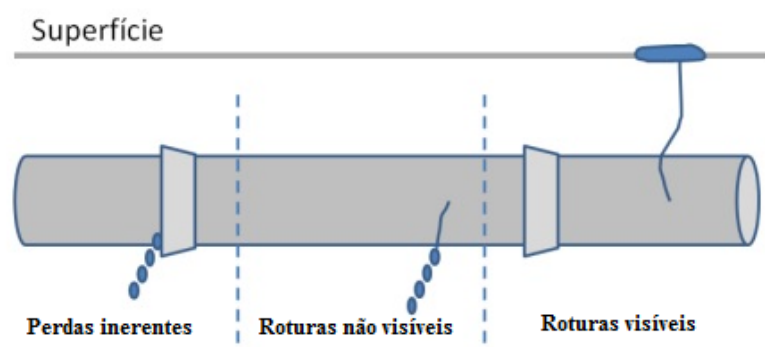


Figura 2.15 – Tipos de fugas de água (adaptado de Tardelli *et al.*, 2006)

2.3.1. Perdas reais em condutas

As perdas de água em condutas e acessórios podem ter várias causas, como a falta de estanquidade nas juntas e uniões, nas válvulas e nos hidrantes e fissuração da tubagem (Figura 2.16). A falta de estanquidade dos constituintes da rede pode ter como origem a má qualidade dos materiais, a má colocação em obra ou mesmo a longa idade dos materiais. A existência de pressões muito elevadas no sistema potencia esta situação.

A tubagem pode conter também problemas ao nível de roturas, fissuras e orifícios provocados pela má escolha da camada granular que a envolve. Esta camada granular pode conter pequenas rochas de arestas vivas que, quando comprimidas contra a tubagem, originarão a incisão do material.

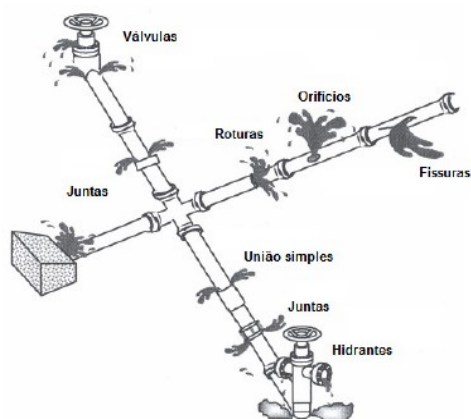


Figura 2.16 – Origens das perdas de água em condutas e acessórios (Alegre *et al.*, 2000)

2.3.2. Perdas reais em ramais

Nos ramais de ligação, as perdas reais de água encontram-se na tubagem e nos acessórios de ligação conduta – ramal, nos joelhos (Figura 2.17) e nos tês. Os acessórios podem apresentar falta de estanquidade ou mesmo problemas de fissuração. Estes acessórios são por regra geral mais fracos, apresentando problemas com o passar dos anos. As válvulas junto ao contador podem também apresentar problemas de estanquidade.

Na tubagem do ramal, tal como acontece com a tubagem das condutas, ocorrem roturas pela falta de cuidado na escolha da camada granular, ou na inadequada escolha das características e qualidade dos materiais constituintes da tubagem.



Figura 2.17 – Intervenção num ramal com o joelho danificado

2.3.3. Perdas nos reservatórios

2.3.3.1. Fissuração

Os reservatórios são, em geral, feitos em betão armado e é natural que com o passar dos anos os problemas de fissuração comecem por aparecer – Figuras 2.18 e 2.19, sendo este um problema inerente ao betão. Este problema de fissuração está normalmente associado com as retrações, derivadas à redução do volume do betão pela perda de água, e à ocorrência de assentamentos diferenciais que ocorrem por má execução ou má compactação do solo de fundação (Alegre *et al.*, 2010).



Figura 2.18 – Fissura no reservatório
(cedida por Joaquim Sousa)



Figura 2.19 – Fissura no reservatório
apoiado

A fissuração tem como consequência a perda de estanquidade, permitindo assim a passagem de água, o que acabará por contribuir para agravar ainda mais a fissura existente. No caso das armaduras, a evolução da degradação é agravada pela presença de cloro na água, que é libertado para a atmosfera a partir do interior do reservatório, provocando assim a degradação das paredes, nas faces interiores das paredes e da cobertura, caso a ventilação seja insuficiente (Alegre *et al.*, 2010). A manutenção dos reservatórios é essencial e deverá ser realizada periodicamente.

2.3.3.2. Extravasamentos

O nível de água nos reservatórios é frequentemente controlado por boias de nível. Quando as boias dos níveis máximo e de emergência avariarem, as estações elevatórias não recebem as ordens de paragem. Caso as bombas continuem em funcionamento, a água em excesso que chega ao reservatório acabará por ser encaminhada para o exterior através das descargas de emergência que existem no topo dos reservatórios – Figura 2.20.



Figura 2.20 – Extravasamento do reservatório (PMA, 2010)

Esta água que é perdida por extravasamentos não é aproveitada novamente para o sistema de abastecimento, pelo que deve ser mantido um plano de manutenção regular a todos os reservatórios, precavendo estas perdas de água. No caso dos reservatórios elevados, em virtude da sua maior visibilidade, os extravasamentos estão mais suscetíveis a crítica por parte dos habitantes, provocando uma má imagem da entidade gestora.

2.4. Medidas de combate às perdas de água

2.4.1. Zonas de Medição e Controlo

Analisar e processar as informações de todo o sistema de uma forma global provocará perda de rigor nos resultados obtidos, algo que será mais evidente quanto maior for o sistema em questão. A quantidade de dados será tão elevada que tornará todo o processo de cálculo demasiado generalista, apenas criando médias de desempenho do sistema.

Dividindo o sistema global em pequenas zonas controladas (Zonas de Medição e Controlo – ZMC) é possível estabelecer, com um bom grau de detalhe, toda a informação referente a essas zonas. Na criação de ZMC deverá sempre ter-se em consideração o cadastro da rede de distribuição, sendo certo que sem um bom cadastro todo o processo de planeamento terá fortes probabilidades de não funcionar corretamente. Todas as entradas e saídas de água de uma ZMC devem ser controladas e o número de consumidores conhecido, fator representado na Figura 2.21.

Em questões económico-financeiras, o investimento inicial poderá ser elevado, caso o sistema não esteja já pensado para a setorização em zonas de medição e controlo, sendo, neste caso, necessária a implementação de válvulas de seccionamento e a colocação de caudalímetros para o controlo de caudais e volumes de água. Os caudalímetros mais usados são do tipo

velocimétrico, eletromagnético ou ultrassónico. Nos contadores dos clientes, em Portugal, por norma são usados contadores volumétricos. Estes equipamentos quando acoplados com sistemas de telemetria ou telegestão permitem a obtenção remota de valores de volumes e de caudal.

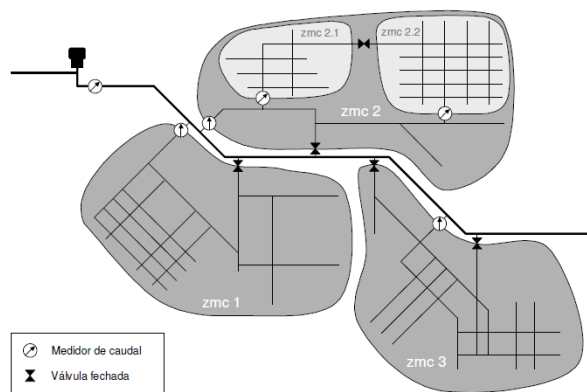


Figura 2.21 – Zonas de Medição e Controlo (Alegre *et al.*, 2005)

Este sistema de setorização revelar-se-á muito eficaz e compensará a médio e longo prazo, facilitando a recuperação e redução de perdas de água, focando os trabalhos apenas nas zonas críticas.

No que toca ao dimensionamento e critérios de planeamento de ZMCs, segundo Farley e Martin (WRc, 1994) deverá admitir-se o limite máximo de 3000 ramais para zonas mais urbanizadas com predominância de moradias unifamiliares, pois acima deste valor o rigor pretendido com a medição zonada pode ser afetado negativamente. O valor médio recomendado rondará, para este tipo de ZMC, os 2000 ramais devidamente equipados com contadores (Alegre e Covas, 2010).

Como visto anteriormente, ZMCs com grande número de ramais tornam-se pouco rigorosas, mas se a ZMC for de pequenas dimensões entra-se num rigor demasiado elevado, podendo não compensar os investimentos realizados em obras de construção civil e equipamentos adquiridos. O número mínimo aconselhável para este efeito rondará os 500 ramais, deixando em aberto a tomada de decisão às partes interessadas neste processo, as entidades gestoras (Alegre e Covas, 2010).

As infraestruturas do sistema de abastecimento de água por vezes são muito extensas e não há a possibilidade de realizar um controlo diário dos caudalímetros. Assim, o uso de telemetria (Figura 2.22) possibilita a reunião de informação sobre caudais, pressão, nível de água nos reservatórios e de qualidade de água nos pontos onde este sistema se encontra instalado, bem como o acionamento de alarmes (Alegre *et al.*, 2005), em locais por vezes em pontos remotos ou inacessíveis.



Figura 2.22 – Telemetria com recurso ao iWater 200 ISA

Por vezes o sistema de telemetria pode estar associado a um sistema de telegestão (Figura 2.23), cujo funcionamento é semelhante ao sistema de telemetria anteriormente referido, acrescentando-lhe a parte do controlo, isto é, o operador consegue controlar o sistema à distância.



Figura 2.23 – Telegestão da ETA de Alcantarilha (Sul informação, 2012)

2.4.2. Localização de fugas

O processo de localização de fugas de água pode ser realizado com recurso a equipamentos e métodos, possibilitando uma localização aproximada, ou viabilizar uma localização exata do local da rotura. A localização aproximada permite apenas saber que num determinado troço de rede poderá haver indícios de possíveis roturas.

A localização exata fornece dados mais precisos sobre a localização da fuga, conduzindo ao local concreto da fuga.

2.4.2.1.2. Acelerómetros

A medição de ruído nas tubagens com recurso a acelerómetros é um dos métodos possíveis para identificação de possíveis locais de rotura. A colocação dos acelerómetros (Figura 2.26) deve ser realizada de modo a que estes fiquem em contacto direto com a infraestrutura. Os acelerómetros são frequentemente instalados nos contadores dos clientes ou na rede de distribuição, mais propriamente em válvulas de seccionamento, bocas de rega, bocas de incêndio, marcos de incêndio e ventosas.



Figura 2.26 – Acelerómetros Primayer Phocos 2 (Primayer, 2013)

O acelerómetro grava o ruído da rotura durante a noite, quando o ruído ambiente é menor. Quanto mais perto estiver o equipamento da rotura maior será o nível de ruído gravado (Primayer, 2013).

2.4.2.2. Localização exata

2.4.2.2.1. Geofone

O ruído provocado por uma rotura propaga-se, não só pelos materiais constituintes da rede mas também pelo solo envolvente (Primayer, 2013).

O geofone (Figura 2.27) deverá ser utilizado quando o ruído ambiente é reduzido e quando a pressão hidráulica na tubagem for maior (horas de menor consumo de água), sendo estas condições mais propícias de serem alcançadas durante a noite. O Geofone é um equipamento de sondagem de superfície, diretamente acima da tubagem onde as características do solo o permitam. O ruído poderá ser mais ou menos audível, dependendo das características do solo e do pavimento acima da conduta e das características da própria rotura.



Figura 2.27 – Geofone Mikron da Primayer (Perta, 2013)

2.4.2.2.2. Vareta de escuta

A vareta de escuta (Figura 2.28), à semelhança do geofone, é um equipamento acústico para localização de roturas.



Figura 2.28 – Vareta de escuta Mikron da Primayer (Perta, 2013)

Este equipamento permite identificar o ruído que viaja através da água e pelas paredes das condutas, podendo auscultar-se através de acessórios junto ao contador, válvulas, bocas de rega, bocas de incêndio, marcos de incêndio ou ventosas (Primayer, 2013). Diferentes materiais possuem diferentes características de propagação do ruído, sendo os materiais metálicos os melhores condutores das vibrações.

A vareta de escuta é usada como uma primeira aproximação da localização da rotura, por apenas averiguar pontos acessíveis da rede (Alegre *et al.*, 2005).

2.4.2.2.3. Correladores

Os correladores (Figura 2.29) são equipamentos acústicos que permitem identificar, com alguma precisão, o ponto onde se encontra a rotura na conduta. São colocados em válvulas ou acessórios metálicos, num troço de conduta. Através da correlação cruzada é calculada a

diferença de tempo observada nos ruídos registados pelos dois acelerómetros (Alegre *et al.*, 2005).



Figura 2.29 – Correladores Eureka3 da Primayer (Primayer, 2013)

Com estes equipamentos é possível obter com alguma precisão a localização da rotura, através do cálculo da velocidade de propagação do som na conduta. O resultado deste ensaio deve ser confirmado com recurso a equipamentos de localização exata, como o geofone ou a vareta de escuta, localizando o ponto de maior ruído.

2.4.2.2.4. Correladores multiponto

Os correladores multiponto (Figura 2.30) funcionam de forma semelhante aos correladores anteriormente referidos, apenas divergindo no maior número de aparelhos que são utilizados, conferindo assim uma maior abrangência da área em estudo. Os correladores multiponto permitem uma melhor aproximação do local da rotura.



Figura 2.30 – Correladores multiponto (Tecnilab, 2013)

Pelo facto de existirem mais pontos de escuta, o cálculo da velocidade de propagação integra uma maior quantidade de dados, resultando num valor mais fiável.

2.4.2.2.5. Hidrofones

Os hidrofones (Figura 2.31) são usados em contacto direto com a água, permitindo assim a captação de sons que se propagam diretamente através da água. Os hidrofones podem ser colocados em bocas de rega, bocas de incêndio, marcos de incêndio e também em torneiras, caso seja necessário.



Figura 2.31 – Colocação do hidrofone numa boca de incendio (Vivax metrotech, 2009)

Os hidrofones apresentam uma elevada sensibilidade, especialmente na banda de frequências mais baixas (<300 Hz). Esta característica torna este equipamento apropriado para a correlação em condutas de plástico, condutas com uma longa distância ou de maior diâmetro (Vivax metrotech, 2009).

2.4.2.2.6. SmartBall

A localização de roturas com a SmartBall (Figura 2.32) consiste na introdução na conduta de uma pequena bola equipada com um sensor acústico de alta sensibilidade, capaz de escutar o ruído produzido pelas roturas. Após a inserção, o equipamento viaja ao longo da rede impulsionado pela água, enquanto vai guardando informação relativa às roturas identificadas (Pure Technologies, 2013).



Figura 2.32 – SmartBall e rede de captura (Pure Technologies, 2013)

O diâmetro da SmartBall selecionada baseia-se em vários critérios, incluindo o diâmetro da conduta, localização das válvulas e do próprio desenho da rede (Pure Technologies, 2013). É aconselhável uma dimensão para o equipamento inferior a um terço do valor do diâmetro da conduta a ser inspecionada. No fim de realizado o ensaio, a SmartBall deverá ser retirada com o auxílio de uma pequena rede, como ilustra a Figura 2.30.

2.4.2.2.7. Sahara

À semelhança de todos os equipamentos já analisados, o Sahara (Figura 2.33) utiliza o ruído como forma localização de roturas em condutas de grande diâmetro (segundo a WRc, condutas com mais de 100mm de diâmetro).

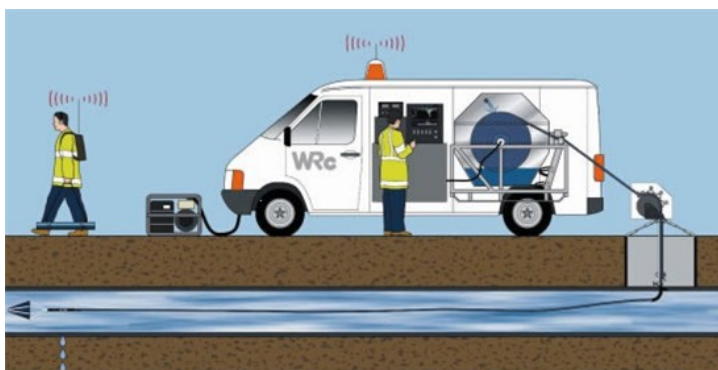


Figura 2.33 – Sahara (WRc, 2013)

O Sahara usa um sensor acústico para localizar o ruído gerado pela água em pressão que sai pela tubagem através das roturas ou fugas. Este sensor, após ser introduzido na conduta, desloca-se com a corrente graças ao pequeno para-quedas que o impulsiona. À superfície o operador transporta um dispositivo de rastreamento que permite saber a posição exata do sensor no interior da conduta. Caso seja escutada uma rotura, esta é identificada e localizada pelo operador do sistema presente na carinha (WRc, 2013).

3. O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA AO MUNICÍPIO DE CANTANHEDE

Bons procedimentos a níveis estratégico, tático e operacional, requerem um bom conhecimento da rede, por forma a potenciar a redução das perdas de água e, conseqüentemente, da água não faturada. O conhecimento das localizações de captações de água e reservatórios para o armazenamento da mesma deverá ser o princípio de todo o processo estratégico.

Por serem estruturas amplas ou de grande altura, no caso dos reservatórios elevados, a tarefa torna-se mais fácil na medida em que são visíveis. O mesmo não acontece com as condutas, que por estarem enterradas são de difícil percepção. Esta condição de invisibilidade será um problema que poderá condicionar todo o processo de intervenção, ou mesmo, poderá influenciar negativamente a compreensão deste problema das perdas de água e água não faturada. As equipas presentes no terreno podem debater-se com bastantes dificuldades sobre onde intervir. Uma rede bem cadastrada e bem conhecida torna qualquer intervenção mais eficiente e mais rápida, do que uma intervenção numa rede desconhecida.

O cadastro de rede encontra-se convenientemente detalhado. O conhecimento da mesma é relevante mas ainda há um caminho a percorrer até à perfeição. Neste contexto, as fichas diárias preenchidas pelas equipas que atuam no terreno são uma ajuda significativa em todo o processo de melhoramento do cadastro existente. Após cada intervenção, as equipas informam sobre a localização das condutas e respetivas características, como o material, o diâmetro e o estado de conservação observado no local.

O cadastro relativo à informação sobre os clientes, tal como acontece com o cadastro das infraestruturas, será de elevado interesse. Os dados dos clientes devem estar atualizados por forma a facilitar qualquer tipo de acesso, seja a nível operacional como a nível de faturação. Em Cantanhede o número de clientes teve um aumento considerável no decorrer dos últimos anos. Este aumento é apresentado na figura 3.1 através do gráfico que traduz a evolução do número de clientes do abastecimento de água. Esta tendência verificada acompanhou a evolução da taxa de cobertura do serviço do abastecimento de água, encontrando-se atualmente nos 100% em termos de acessibilidade física ao serviço.

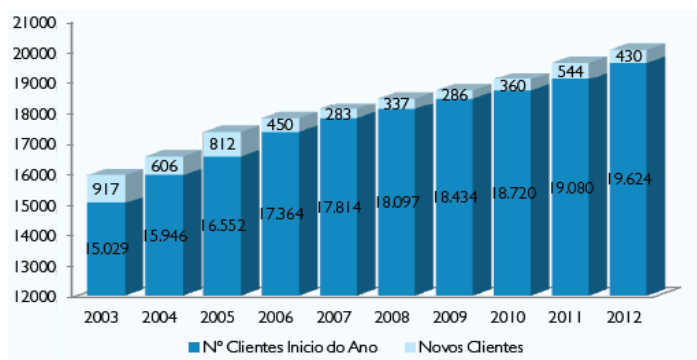


Figura 3.1 – Evolução do número de clientes do abastecimento de água (INOVA-EM-S.A., 2012)

3.1. Captação e tratamento da água

A INOVA-EM-S.A. tem como única captação de água a central dos Olhos da Fervença, localizada na freguesia de Cadima, concelho de Cantanhede.

Esta captação tem aproximadamente 43 anos e foi construída depois de estudos hidrogeológicos apontarem para a existência de uma grande quantidade de água no local, pelo que em 1967 o caudal estimado de estiagem total da captação seria de 20.000 litros/segundo, cerca de 72.000 m³/h, segundo dados do Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa em 2002.

As obras de construção começaram no ano de 1970 com a execução de oito poços, entre 3,75 e 7,35 metros de profundidade. A distribuição de água a partir desta captação começou a desenvolver-se também nesse ano, tendo posteriormente, em 1982, ocorrido a construção de um novo poço com 14 metros de profundidade e 2,5 metros de diâmetro. Atualmente, “*A captação presentemente em funcionamento, com três poços em actividade, produz um caudal de 140l/s, tendo apresentado um caudal máximo no mês de maior consumo de 180l/s.*” (INOVA-EM-S.A., 2013).

Em termos geológicos, o local dos Olhos da Fervença é constituído “*por uma formação de areias finas com siltes e argilas, assentes numa banca calcária (calcários liasíticos). A água é classificada física e quimicamente potável, não agressiva, carecendo de tratamento bacteriológico preventivo.*” (ICS-UL, 2002). Efetivamente, a água tem uma forte componente calcária, aspeto que será abordado noutra capítulo. O tratamento bacteriológico preventivo que é referido anteriormente é apenas realizado com a adição de cloro, “*O tratamento da água captada é aplicado em 5 pontos distintos, ocorrendo desinfecção na captação da Fervença e recloragem em 4 pontos da rede*” (INOVA-EM-S.A., 2013). Os restantes 4 pontos de recloragem referidos encontram-se nos reservatórios de Fontinha, Tocha, Central de Cantanhede e Alto de Murtede.

3.1.1. Evolução do volume de água produzido

Ao longo dos últimos anos tem-se assistido a um forte investimento na cobertura do serviço de abastecimento de água, um pouco à imagem do panorama nacional, o que levou ao aumento da água que é extraída na captação dos Olhos da Fervença. Segundo dados da INOVA-EM-S.A., a água que é elevada para o concelho de Cantanhede, não contemplando a água que serve o concelho de Mira, teve a evolução ilustrada na Figura 3.2.

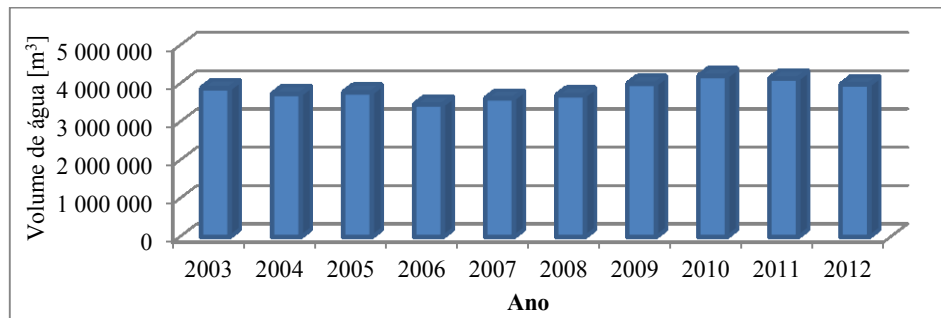


Figura 3.2 – Evolução do volume de água anualmente extraído na captação para o concelho de Cantanhede (INOVA-EM-S.A., 2013)

Na Figura 3.2 é possível observar que a água extraída na captação atingiu um valor mínimo no ano de 2006. A partir deste ano, e até meados de 2010, houve um crescimento da extração de água. Desde o ano de 2010 o valor total anual de água extraída tem vindo a reduzir significativamente, retratando não só a consciencialização dos clientes para a importância da poupança e do uso racional de água, como também o esforço desenvolvido por parte da entidade gestora na redução das perdas de água.

3.2. Reservatórios

Os reservatórios, no que diz respeito ao desenho e desempenho das redes, são extremamente importantes, podendo ser apoiados ou elevados, consoante as necessidades de pressão nas redes. Com o seu volume e capacidade de armazenamento, conseguem abastecer a rede a jusante por várias horas sem que haja entrada de água no reservatório. Segundo dados da INOVA-EM-S.A., em 2013 a rede de distribuição contém 21 reservatórios com um total de 14 000 m³ de capacidade de armazenamento (Figura 3.3).

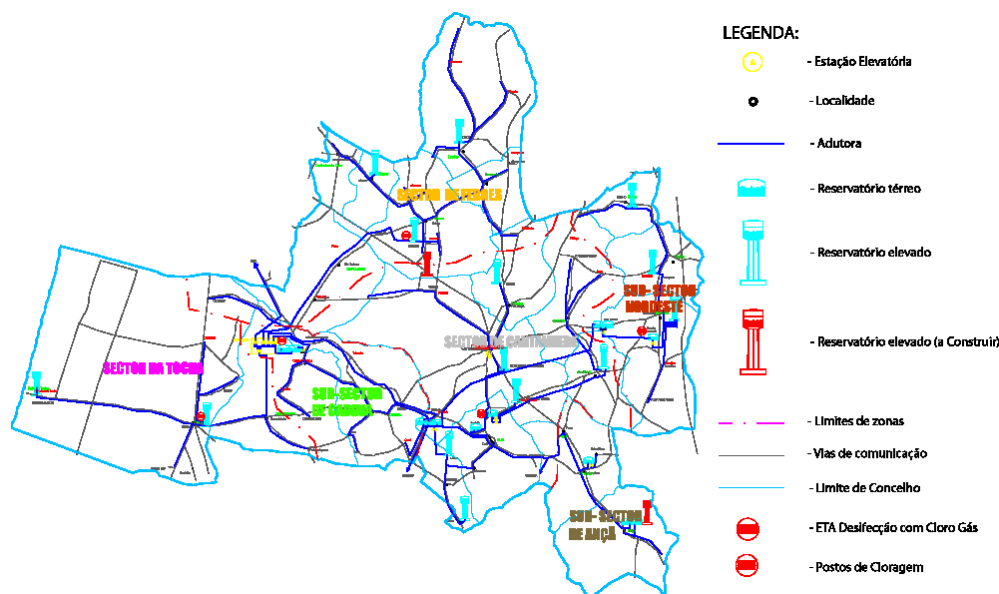


Figura 3.3 – Setorização do sistema de abastecimento de Cantanhede (INOVA-EM-S.A., 2013)

Por norma, os reservatórios elevados, devido à sua elevação e consequente estrutura, apresentam capacidade de armazenamento de água inferior à dos reservatórios apoiados, o que influencia negativamente a sua autonomia. Essa autonomia estará associada às propriedades do reservatório, estado de conservação e às características da rede a jusante (número e tipo de consumidores e perdas de água).

Os reservatórios que servem os setores principais são dotados de grande capacidade de armazenamento. Apenas o reservatório elevado da Tocha apresenta uma capacidade de armazenamento mais reduzida por servir uma rede de distribuição de menor dimensão e um número reduzido de consumidores, comparativamente aos restantes setores.

3.3. Setorização do sistema de abastecimento

No concelho de Cantanhede, os reservatórios estão geograficamente distribuídos de acordo com o representado na Figura 3.3. Resulta uma setorização do sistema de abastecimento em três setores de grandes dimensões, totalmente independentes entre si.

Na captação dos Olhos da Fervença, à saída da central, a conduta é repartida pelos setores de Tocha, Fontinha, Lemede e Mira. No que diz respeito às perdas de água, o setor de Mira será uma situação de reduzido interesse. A água faturada será aquela que é elevada para este concelho (o caudalímetro que serve de referência à faturação encontra-se logo à saída da central dos Olhos da Fervença, pelo que toda a conduta adutora é da responsabilidade do concelho de Mira).

3.3.1. Setor de Lemedo

No setor de Lemedo, representado na Figura 3.4, a tubagem que sai da central dos Olhos da Fervença tem apenas função adutora, transportando a água até ao reservatório semienterrado de Lemedo. Este reservatório possui uma grande capacidade de reserva, já que abastece grande parte do concelho, com um vasto número de clientes. É, também, responsável por grande parte da distribuição da água tratada vinda dos Olhos da Fervença.

Este reservatório abastece, graviticamente, os reservatórios semienterrados de Central de Cantanhede, Alto de Murtede e Ançã. É também a partir daqui que a água é elevada para o reservatório elevado de São Gião.

O reservatório Central de Cantanhede abastece por gravidade toda a cidade de Cantanhede e garante simultaneamente o fornecimento de água ao reservatório elevado da Pocariça, através de uma conduta adutora-distribuidora. Do reservatório Central de Cantanhede a água é ainda elevada para o reservatório elevado da Póvoa da Lomba, abastecendo toda a zona da Póvoa da Lomba, e para o reservatório elevado de Cordinhã através uma conduta adutora-distribuidora.

O Reservatório de São Gião fornece água a Fornos, Zambujal e Outil. Em Fornos há um reservatório elevado que garante a pressão adequada a Fornos e Zambujal e que é abastecido através de uma conduta adutora-distribuidora.

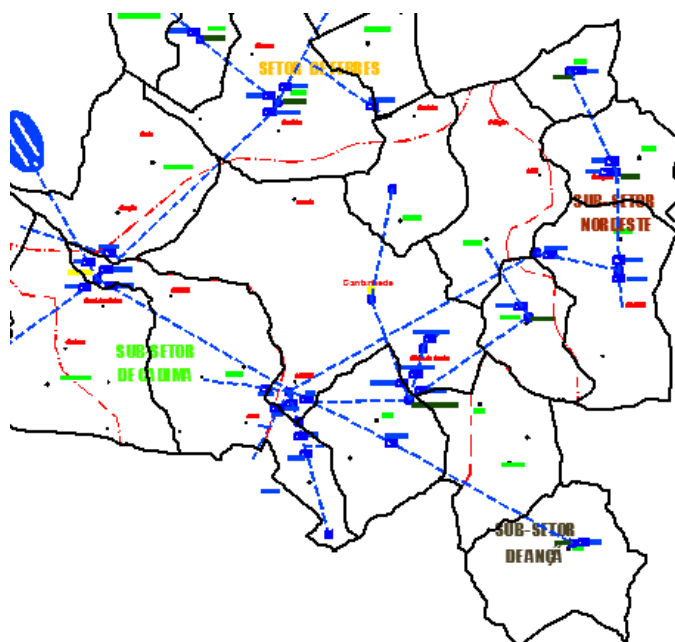


Figura 3.4 – Setor de Lemedo

3.3.1.1. Subsetor de Cadima

Na Figura 3.5 é ilustrada toda a Freguesia de Cadima e parte da freguesia de Sanguinheira, que é abastecida graviticamente por uma conduta de distribuição, com origem no reservatório semienterrado de Lemedede. Este subsetor exporta ainda água para o concelho de Montemor-o-Velho.

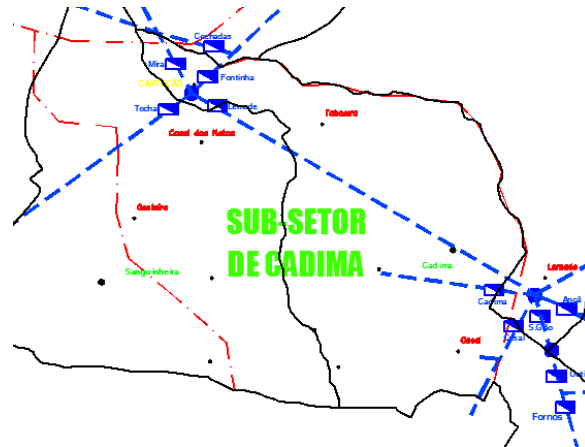


Figura 3.5 – Subsetor de Cadima

3.3.1.2. Subsetor Nordeste

O reservatório semienterrado de Alto de Murtede fornece água por elevação através de uma conduta adutora para o reservatório elevado de Enxofães, garantido o abastecimento a Enxofães e arredores.

O reservatório de Alto de Murtede alimenta ainda o reservatório elevado de Sepins por uma conduta adutora-distribuidora, abastecendo a região de Murtede pelo caminho. Do reservatório de Sepins saem duas condutas, distribuidora e adutora-distribuidora. A conduta distribuidora abastece Sepins e arredores e a conduta adutora-distribuidora abastece o reservatório elevado do Bolho, responsável pela distribuição nesta freguesia - esquematizado na Figura 3.6.

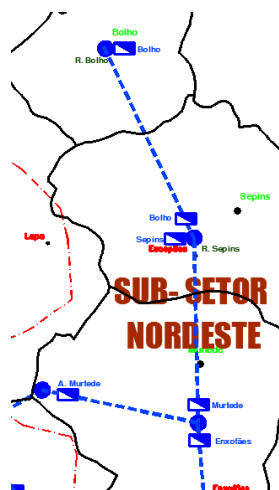


Figura 3.6 – Subsetor Nordeste

3.3.1.3. Subsetor de Ançã

O reservatório de Lemede serve ainda, através de uma conduta adutora, o reservatório apoiado de Ançã, abastecendo toda a freguesia de Ançã. Pelo caminho, a adutora abastece também toda a zona de Pena e Portunhos, subsetor ilustrado na Figura 3.7.

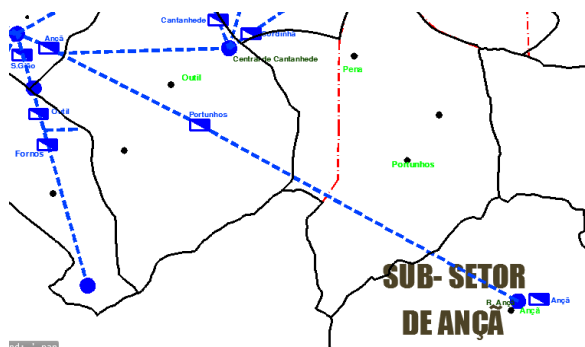


Figura 3.7 – Subsetor de Ançã

3.3.2. Setor da Fontinha

O Setor da Fontinha, representado na Figura 3.8, cuja adução é proveniente da central dos Olhos da Ferverça, abastece diretamente São Caetano e Cochadas, e dá entrada no reservatório elevado da Fontinha. A conduta à entrada do reservatório da Fontinha permite a inversão do sentido de escoamento, para abastecer São Caetano e Cochadas, quando as bombas não se encontram em funcionamento na central dos Olhos da Ferverça.

Do reservatório da Fontinha é distribuída água por duas condutas adutoras-distribuidoras distintas para os reservatórios elevados de Vilamar e de Covões.

A conduta adutora-distribuidora que serve o reservatório de Vilamar abastece Vilamar no percurso, sendo este reservatório apenas responsável pela distribuição de água ao Corticeiro de Cima.

A conduta adutora-distribuidora que serve o reservatório de Covões abastece toda a zona de Covões no seu percurso. Este reservatório é responsável pelo fornecimento de água para Marvão e Montouro.

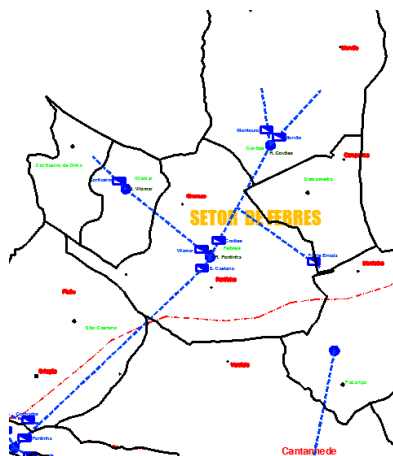


Figura 3.8 – Setor da Fontinha

3.3.3. Setor da Tocha

O setor da Tocha, presente na Figura 3.9, é formado pela freguesia da Tocha e parte da freguesia da Sanguinheira. A tubagem de adução, também com função distribuidora, abastece Sanguinheira e povoações em redor desta, até ao reservatório elevado da Tocha. Quando a bombagem se encontra parada na central dos Olhos da Fervença, o abastecimento a esta zona é realizado em sentido inverso, a partir do reservatório da Tocha.

O reservatório da Tocha abastece para jusante toda a vila da Tocha e arredores, tendo como grande consumidor a Lactogal. Este reservatório é também responsável pelo abastecimento do reservatório elevado da Praia da Tocha.



Figura 3.9 – Setor da Tocha

3.4. Materiais e idade das condutas

O material mais usado no sistema de abastecimento de água no concelho de Cantanhede é o PVC. Materiais como o Fibrocimento e Ferro Fundido Dúctil estão igualmente presentes, mas em quantidades inferiores às do PVC. Estes materiais são referentes a tubagens mais antigas, apresentando, aparentemente, um bom estado de conservação e sem grandes problemas a registar.

Nos anos mais recentes, o concelho de Cantanhede tem vindo a investir na reabilitação das suas redes de distribuição adotando em algumas zonas PEAD. Na Figura 3.10 é possível observar a percentagem de cada tipo de material presente no sistema de abastecimento.

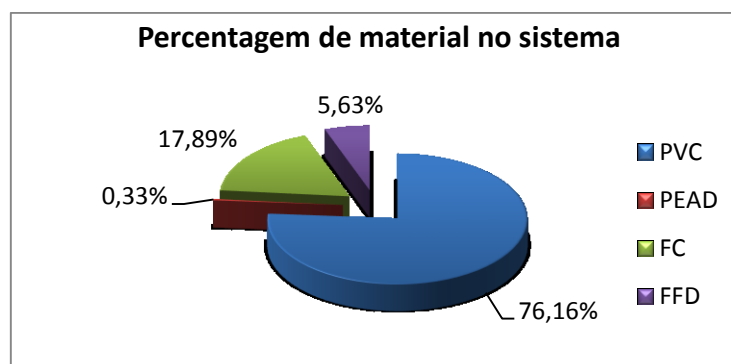


Figura 3.10 – Percentagem dos materiais das condutas no concelho de Cantanhede (INOVA-EM-S.A., 2013)

Por se tratar de uma área geográfica muito extensa, as obras de ligação ao sistema de abastecimento de água foram realizadas de forma faseada, tendo também em consideração a sustentabilidade económica de todo o sistema presente. Com este processo, atualmente a rede de distribuição, a adução e os reservatórios, apresentam idades diferentes, graus de degradação diferentes e, conseqüentemente, necessidades de reabilitação diferentes (Figura 3.11).

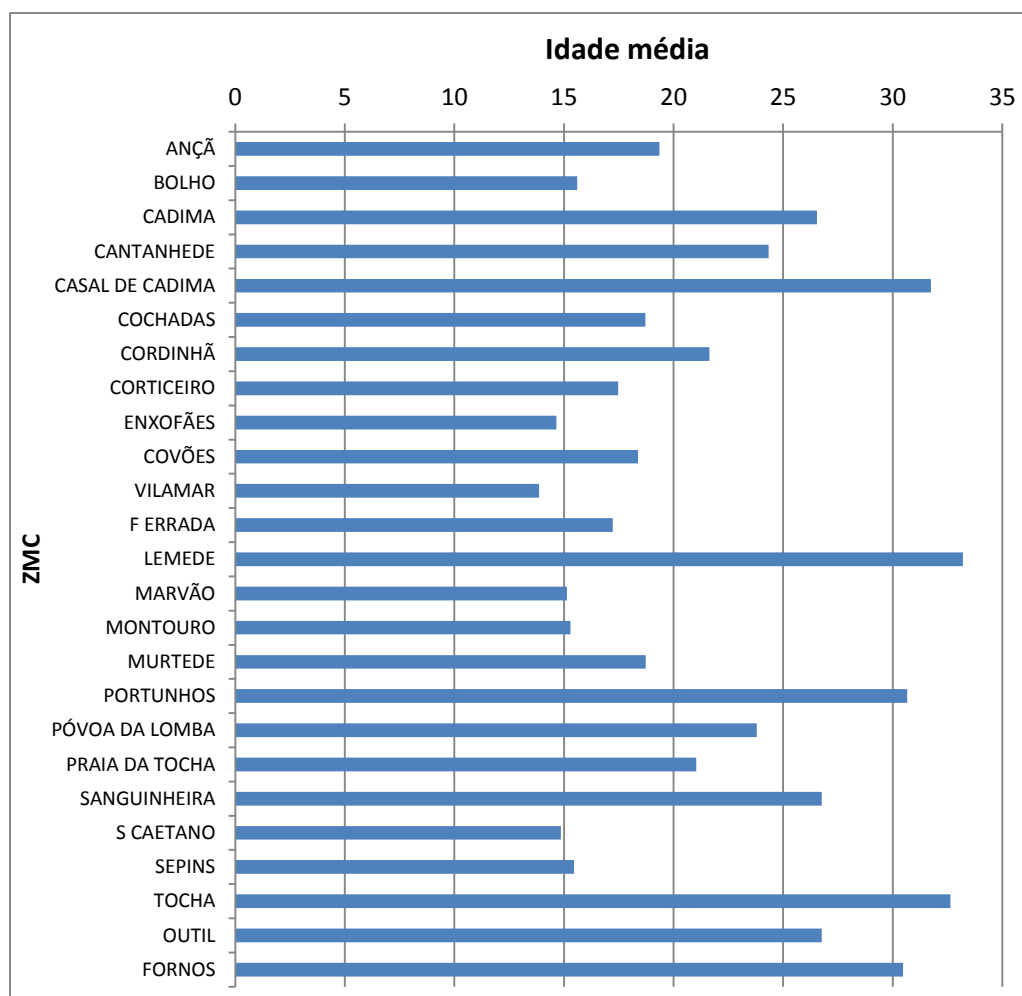


Figura 3.11 – Idade média das tubagens por ZMC

No concelho de Cantanhede as ZMCs com idade média mais elevada são Casal de Cadima, Lemedede, Portunhos, Tocha e Fornos, com mais de 30 anos. As mais recentes, casos de Enxofães, Vilamar e São Caetano, apresentam idades médias inferiores a 15 anos.

Esta característica, em que o sistema de abastecimento incorpora infraestruturas de diferentes idades, poderá ser bastante interessante no que respeita às necessidades de reabilitação. Neste caso, os investimentos necessários poderão ser efetuados de forma mais faseada no tempo, evitando uma forte concentração de recursos financeiros num curto espaço de tempo. Este aspeto tem particular interesse nas condições económico-financeiras que o nosso país atravessa.

No Quadro 3.1 é possível verificar que o setor de Lemedede é o maior setor do sistema de abastecimento de água ao concelho de Cantanhede, contendo mais de 53% das condutas. Este setor é também o que engloba mais clientes, abrangendo toda a cidade de Cantanhede. A idade média das suas condutas ronda os 22 anos, mas neste setor a discrepância de idades das condutas, relativamente à sua média, é bastante elevada. Este valor médio não reflete de forma fidedigna a realidade pormenorizada de cada ZMC presente.

Quadro 3.1 – Percentagem de comprimento e idade média das condutas

<i>Setor</i>	<i>Percentagem de comprimento do setor</i>	<i>Idade média [anos]</i>
<i>Lemedede</i>	53,62%	22,35
<i>Fontinha</i>	29,08%	15,57
<i>Tocha</i>	17,30%	25,91

3.5. Intervenções realizadas no sistema de distribuição em 2012

No decorrer do ano de 2012 foram realizadas muitas intervenções nas várias ZMCs do concelho de Cantanhede. Como se pode verificar na Figura 3.12, algumas ZMCs careceram de um maior número de intervenções (reparações de fugas ou roturas), realçando-se Cantanhede, Covões, Cordinhã e Ançã com mais de 50 intervenções em ramais. Em termos de intervenções em condutas surgem Ançã, Cantanhede e Outil como os casos de maior destaque.

De notar que Cantanhede e Ançã surgem em evidência nos dois tipos de intervenção.

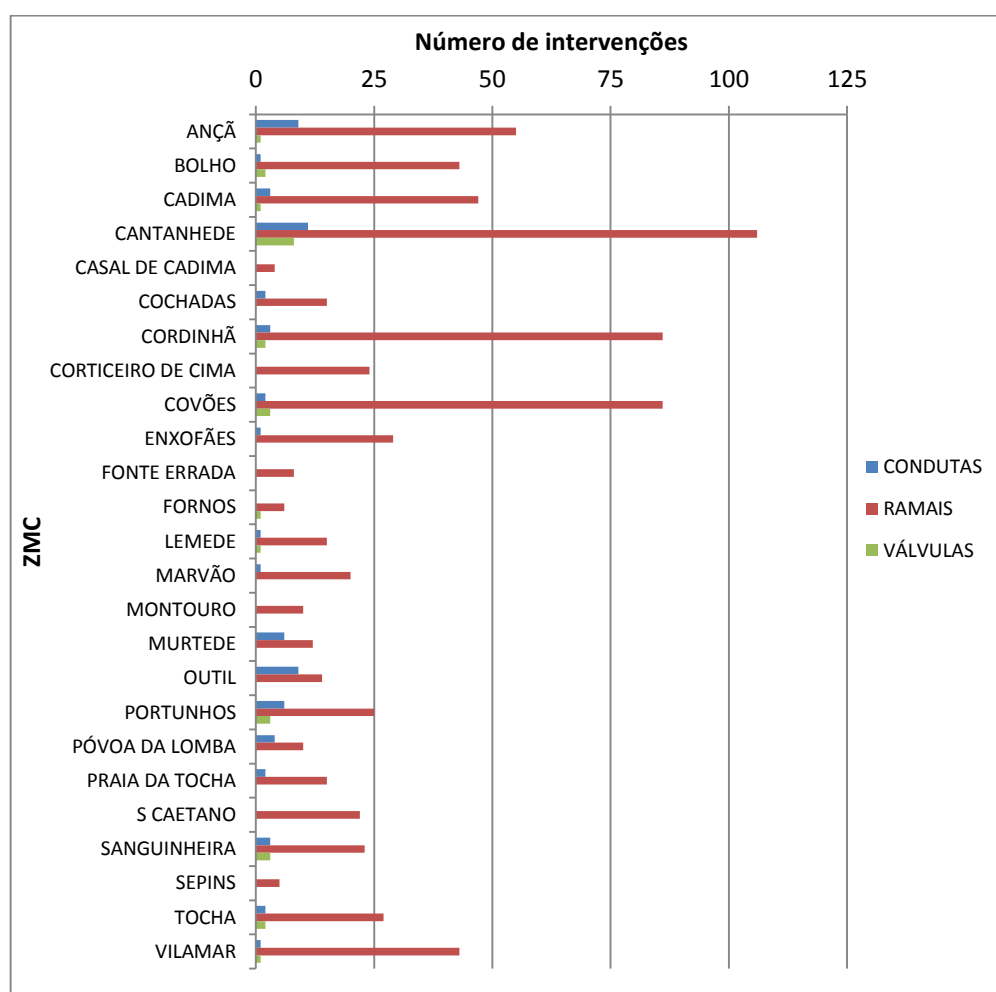


Figura 3.12 – Intervenções realizadas em 2012

Comparando os valores das intervenções realizadas no ano de 2012, com a idade média das condutas existentes em cada ZMC, não será totalmente correto afirmar que as condutas mais antigas são aquelas onde se realizou um maior número de intervenções. A ZMC de Cantanhede é um retrato disso mesmo. Apesar da idade média das condutas ser de 24 anos, a discrepância em torno deste valor é elevada, apresentando condutas muito antigas e condutas mais recentes.

As ZMCs de Enxofães, Vilamar, Corticeiro de Cima e, posteriormente, o Bolho foram alvo de antigas campanhas de deteção/localização de fugas de água com recurso a equipamentos acústicos. Posteriormente, na sequência destas campanhas, foram realizadas as intervenções necessárias.

Na Figura 3.13 é possível observar que 80% das intervenções que tiveram lugar em 2012 ocorreram em ramais, contra 8% em condutas e 9% em hidrantes. Apenas 3% das intervenções foram realizadas em conjuntos de válvulas.

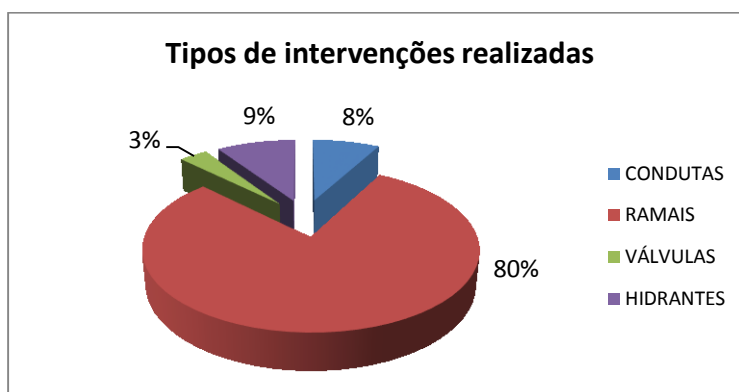


Figura 3.13 – Percentagem de tipos de intervenções realizadas em 2012

Muitos problemas detetados de perdas reais de água, referentes às infraestruturas enterradas, aconteceram nos ramais de ligação. Este facto pode ser explicado pela maior fragilidade do material que constitui os acessórios e da própria tubagem, podendo ocorrer por vezes a falta de cuidado na seleção do tipo de solo aplicado em volta do tubo, bem como da profundidade a que este é implantado.

4. ÂMBITO DO ESTÁGIO

Numa fase inicial, o estudo centrar-se-á no conhecimento mais detalhado de todas as Zonas de Medição e Controlo (ZMCs) do sistema de abastecimento de água ao concelho de Cantanhede. Todos os consumos são medidos e devidamente registados pela parte comercial da INOVA-EM-S.A., sejam eles faturados ou não faturados, exceção feita à utilização da água por parte dos bombeiros. Assim, o volume de perdas será apurado relacionando o valor mensal do volume de água que passa pelo contador de cada ZMC (água entrada), com os respetivos consumos autorizados medidos. Estes dados fornecem também indicadores importantes para a caracterização das mesmas zonas de medição.

Passada esta primeira etapa, de filtragem das ZMCs, seguir-se-á uma análise mais criteriosa com recurso à telemetria, por forma a analisar os valores dos caudais noturnos. No caso da INOVA-EM-S.A., são usados equipamentos iWater da ISA. Uma boa intervenção deverá ser rápida e eficaz, gastando o mínimo de recursos possível. Nesse aspeto, dependendo de vários fatores, valores elevados de caudal mínimo noturno podem ser indicadores de roturas em maior número e dimensão.

O controlo das perdas reais na INOVA-EM-S.A. é realizado com recurso a equipamentos acústicos como acelerómetros (também conhecidos por loggers acústicos), vareta de escuta e geofone. É também realizado, quando necessário, o teste à presença de cloro através do respetivo kit.

4.1. Resumo da ZMC do Bolho

A ZMC do Bolho apresenta um número de consumidores reduzido e a sua rede de distribuição é relativamente pequena. Estes factos tornam todo o processo de análise mais fácil e mais rápida de ser efetuada, revelando ser um bom alvo de estudos para a temática da redução das perdas de água. Em algumas ZMCs o estudo seria mais complicado, exigindo um tempo de análise mais extenso, devido à complexidade não só da rede mas também de consideração de consumos. Para este estágio foram consideradas várias hipóteses, mas, devido a limitações de tempo e de equipamento disponível, acabou por se concluir que o ideal seria uma ZMC fácil de analisar e rápida a obter e interpretar os resultados alcançados.

A Freguesia do Bolho encontra-se no extremo nordeste do Concelho e engloba as localidades de Venda Nova, Bolho e Casal do Bolho, e apresenta hábitos rurais, em que muita da sua população vive de processos ligados à agricultura, tanto da produção como de venda dos produtos agrícolas e animais (Figura 4.1). A existência de campos de cultivo para a prática da agricultura torna necessário o uso de poços e furos para a rega destes campos, fazendo com que seja uma prática comum o uso da água fornecida por poços e furos não só para a agricultura mas também para uso doméstico.

Sendo uma zona rural, é pouco marcada pela indústria, contendo apenas uma serração de madeira em Venda Nova, evidenciando a não perturbação do espaço a nível sonoro e de trânsito na região. Este fator irá revelar-se essencial, mais adiante, quando se abordar o uso de equipamentos acústicos para localização de roturas.



Figura 4.1 – Aldeia do Bolho, vista do topo do reservatório

Esta ZMC é abastecida por um único reservatório de forma isolada, no qual é fácil de analisar e de controlar o volume de água à entrada e à saída. Não tem qualquer ligação a outra ZMC e toda a água presente neste reservatório será única e exclusivamente para distribuição na mesma, facilitando todo o processo de monitorização da rede.

Em termos numéricos, a rede de distribuição da ZMC do Bolho (Figura 4.2) apresenta cerca de 11.670 metros de comprimento de tubagem de distribuição, toda ela em Policloreto de Vinilo (PVC), e 537 ramais, também eles no mesmo material. Salienta-se, ainda, a percentagem considerável de ramais selados por falta de pagamento ou pelo abandono da habitação. Os acessórios da rede de distribuição (válvulas de seccionamento, tês e curvas) são em Ferro Fundido Dúctil (FFD) e os acessórios de ligação conduta-ramal são em PVC.

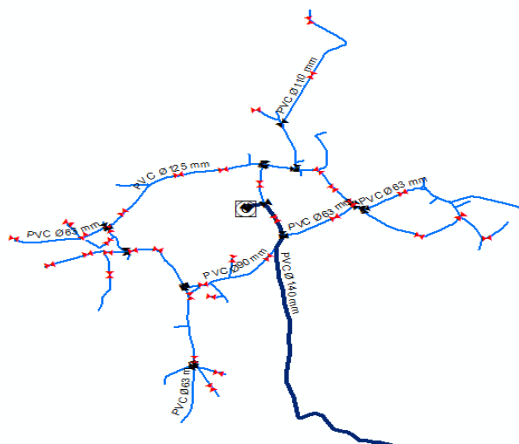


Figura 4.2 – Desenho da rede de distribuição da ZMC do Bolho

A idade média das condutas pertencentes a esta ZMC apresenta uma notória discrepância com o número de intervenções realizadas só no ano de 2012. Em situações normais, a degradação dos materiais, com o passar dos anos, conduz a intervenções mais frequentes e a perdas de água mais elevadas, inerentes ao desgaste da infraestrutura.

As condutas da ZMC do Bolho apresentam uma idade média de 15 anos, o que lhe confere um estatuto de rede relativamente recente, mas o seu número de intervenções em 2012, registando 47 intervenções, é bastante elevado para uma ZMC tão jovem, sendo das mais recentes do concelho de Cantanhede.

No que respeita aos indicadores de perdas, a ZMC do Bolho registou perdas de 65% em 2011 e de 63% em 2012, valores considerados significativos, especialmente por se tratar de uma rede de pequena dimensão, com poucos clientes e ramais.

4.1.1. Indicadores de perdas

No Quadro 4.1 apresenta-se a informação necessária à avaliação do desempenho da ZMC do Bolho durante o ano 2012, e, atendendo a que todos os consumos autorizados são medidos, considerou-se:

$$\text{Volume de perdas} = \text{Água entrada na ZMC} - \text{Consumos autorizados}$$

$$\text{Percentagem de perdas} = \frac{\text{Volume de perdas}}{\text{Água entrada na ZMC}}$$

$$\text{Volume de perdas reais} = \text{Volume de perdas} - \text{Volume de perdas aparentes}$$

$$\text{Perdas reais de água por ramal} = \frac{\text{Volume de perdas reais}}{(\text{número de ramais} * \text{número de dias do mês})}$$

No Quadro 4.1 pode observar-se que, em 2012, a média de perdas de água na ZMC do Bolho rondava os 63,1%, o que corresponde a um volume de água perdida de 47.399 m³. Numa primeira abordagem, apenas referenciando os valores de percentagens de perdas, realça-se que esta ZMC foi alvo de algumas intervenções de reparação de roturas, atingindo o valor mínimo do volume de perdas em Setembro, com cerca de 45%. Foi considerado que as perdas aparentes representam aproximadamente 10% do volume do consumo autorizado, valor utilizado pela empresa em questão.

Quadro 4.1 – Consumos e volumes de perdas por mês na ZMC do Bolho em 2012

Mês	Água entrada na ZMC [m ³]	Consumos autorizados [m ³]	Volume de perdas aparentes [m ³]	Volume de perdas reais [m ³]	Percentagem de perdas	Perdas reais de água por ramal [l/ramal/dia]
<i>Janeiro</i>	5.480	1.726	173	3.581	69%	222,3
<i>Fevereiro</i>	6.670	2.133	213	4.324	68%	268,4
<i>Março</i>	6.100	2.024	202	3.874	67%	240,4
<i>Abril</i>	6.260	2.253	225	3.782	64%	234,7
<i>Maió</i>	5.040	2.091	209	2.740	59%	170,1
<i>Junho</i>	5.020	2.317	232	2.471	54%	153,4
<i>Julho</i>	7.030	2.392	239	4.399	66%	273,0
<i>Agosto</i>	7.250	3.382	338	3.530	53%	219,1
<i>Setembro</i>	5.600	3.056	306	2.238	45%	138,9
<i>Outubro</i>	6.850	2.536	254	4.060	63%	252,0
<i>Novembro</i>	6.890	2.117	212	4.561	69%	283,1
<i>Dezembro</i>	6.980	1.744	174	5.062	75%	314,2
Somatório	75.170	27.771	2.777	44.622		
Média					63,1%	230,8

Claramente esta ZMC carece de uma abordagem mais profunda, não só pelo valor da percentagem de perdas, mas também pelo indicador das perdas por ramal que apresenta valores elevados todos os meses. Foi considerado o valor médio de 30 dias para todos os meses, por consequência das leituras registadas pelos leitores cobradores da entidade gestora não serem todas realizadas no primeiro dia de cada mês.

O índice de perdas na distribuição - IPD (equivalente ao indicador de perdas em percentagem da água entrada no sistema) faz a comparação do volume de água que é perdido com o volume de água entrada na ZMC. Este índice (Gonçalves *et al.*, 2007) é definido em percentagem:

$$IPD = \frac{\text{Água entrada na ZMC} - \text{Consumos autorizados}}{\text{Água entrada na ZMC}} * 100\%$$

e quanto maior for o seu valor mais problemática será a situação da ZMC em análise.

Este índice, que serve apenas como análise superficial ao sistema, possibilita a classificação do desempenho por patamares, ou seja: se o valor de IPD for inferior a 25% o sistema é classificado como “sistema bem gerido”; caso seja superior a 40% será a situação mais gravosa, obtendo a designação de “sistema mal gerido”; nos valores intermédios o sistema funciona de forma mediana (Gonçalves *et al.*, 2007).

No Quadro 4.2 é possível verificar que na ZMC do Bolho o IPD assume um valor médio de 63%, valor claramente elevado, conferindo-lhe assim uma classificação de “sistema mal gerido”.

Quadro 4.2 – IPD na ZMC do Bolho por mês em 2012

<i>Mês</i>	<i>Água entrada na ZMC [m³]</i>	<i>Consumos autorizados [m³]</i>	<i>IPD</i>	<i>Interpretação dos valores IPD</i>
<i>Janeiro</i>	5.480	1.726	69%	Sistema mal gerido
<i>Fevereiro</i>	6.670	2.133	68%	Sistema mal gerido
<i>Março</i>	6.100	2.024	67%	Sistema mal gerido
<i>Abril</i>	6.260	2.253	64%	Sistema mal gerido
<i>Maió</i>	5.040	2.091	59%	Sistema mal gerido
<i>Junho</i>	5.020	2.317	54%	Sistema mal gerido
<i>Julho</i>	7.030	2.392	66%	Sistema mal gerido
<i>Agosto</i>	7.250	3.382	53%	Sistema mal gerido
<i>Setembro</i>	5.600	3.056	45%	Sistema mal gerido
<i>Outubro</i>	6.850	2.536	63%	Sistema mal gerido
<i>Novembro</i>	6.890	2.117	69%	Sistema mal gerido
<i>Dezembro</i>	6.980	1.744	75%	Sistema mal gerido
Somatório	75.170	27.771		
Média			63%	Sistema mal gerido

Segundo Tardelli Filho (2006), este indicador não é recomendado para fins de comparação de desempenho entre dois sistemas distintos, devido às características específicas de cada sistema. Lambert (2002) propõe mesmo o abandono deste indicador da avaliação técnica do sistema, aplicando-o apenas para uma avaliação financeira, substituindo assim o volume de perdas pelo volume de água não faturada.

Quando realizadas as intervenções, o ideal seria que o volume de perdas baixasse e permanecesse baixo, o que não aconteceu. A Figura 4.3 representa a relação entre o volume total de água entrada diariamente na ZMC e o volume de água consumido também por dia, em valores médios. Nos meses de março, maio e setembro o volume de água entrada diminuiu mais acentuadamente do que o volume dos consumos autorizados. Nestes casos as intervenções realizadas demonstraram ter sido eficazes.

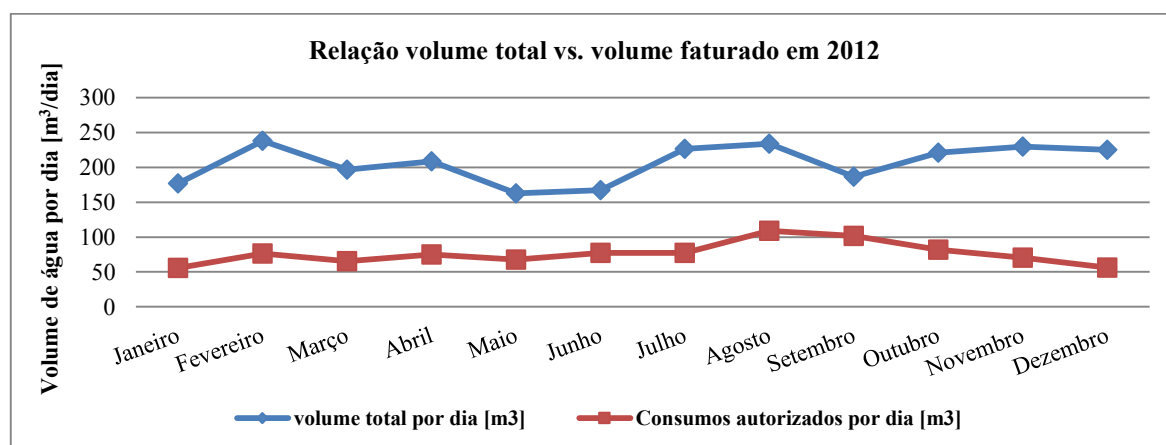


Figura 4.3 – Relação volume total vs. Volume faturado, por dia, em 2012

De notar que em fevereiro, junho e de setembro até ao fim do ano, ocorreram subidas do volume de água entrada. A situação mais grave a registar ocorreu no período de setembro até ao fim do

ano, observando-se que o volume de água entrada subiu e manteve-se estável, enquanto o consumo autorizado decresceu, conduzindo ao aumento das perdas (Quadro 4.3). As intervenções neste período revelaram-se ineficazes.

Quadro 4.3 – Evolução das perdas por mês em 2012

<i>Mês</i>	<i>Número de intervenções</i>	<i>Evolução das perdas [m³/dia]</i>	<i>Observações</i>
<i>Janeiro</i>	5	-15,94	Intervenções eficazes
<i>Fevereiro</i>	1	+27,96	Intervenções ineficazes
<i>Março</i>	5	-14,87	Intervenções eficazes
<i>Abril</i>	2	-2,30	Intervenções eficazes
<i>Mai</i>	7	-34,13	Intervenções eficazes
<i>Junho</i>	1	-8,20	Intervenções eficazes
<i>Julho</i>	2	+62,42	Intervenções ineficazes
<i>Agosto</i>	2	-24,84	Intervenções eficazes
<i>Setembro</i>	7	-44,13	Intervenções eficazes
<i>Outubro</i>	3	+57,10	Intervenções ineficazes
<i>Novembro</i>	4	+15,30	Intervenções ineficazes
<i>Dezembro</i>	5	+14,94	Intervenções ineficazes

Foram realizadas várias intervenções durante o ano de 2012, com um total de 44, mas nem todas elas obtiveram resultados positivos. De acordo com a informação da Figura 4.3, complementada pelo Quadro 4.3, é possível verificar que, caso sejam realizadas intervenções na rede de distribuição, a evolução do volume de perdas de água tende a baixar, excetuando-se o período de Outubro até ao fim do ano, período em que foram realizadas 12 intervenções e, mesmo assim, o volume de perdas manteve a tendência de subida. De realçar o elevado crescimento do volume de perdas de água que ocorreu de Setembro a Outubro, com uma variação de cerca de 57%.

O valor de Perdas Reais Mínimas - PRM (Alegre *et al.*, 2005) está relacionado com a infraestrutura existente, com o número de ramais e uma pressão de serviço média do sistema em estudo.

As perdas inevitáveis possuem valores de referência estudados e estabelecidos pela IWA, para os componentes de rede de distribuição, usando para as condutas o valor de 18 l/dia/km e para os ramais são indicados os valores 0,8 l/dia/ramal (perdas entre a conduta e o limite da propriedade) e 0,025 l/dia/m (perdas entre o limite da propriedade e o contador), todos por metro de altura piezométrica (Lambert, 1999):

$$PRM = \left(18 * \frac{Lm}{Nc} + 0,8 + 0,025 * Lp \right) * \frac{P}{10}$$

Lm – Comprimento da rede de distribuição (km);

Nc – Número de ramais;

Lp – Comprimento médio dos ramais, medido entre o limite da propriedade e o contador (m);

P – Pressão média de operação (kPa).

A ZMC do Bolho contém 537 ramais, 11,64 km de condutas de distribuição, um comprimento médio dos ramais de aproximadamente 6.5 metros e uma pressão média com um valor a rondar os 300 kPa. As perdas reais mínimas refletem o volume de perdas reais desejável para o sistema em causa, sendo neste caso:

Perdas Reais Mínimas (PRM) [m³/dia]	40,58
Perdas Reais Mínimas (PRM) [m³/ano]	14.811,70

Segundo Gonçalves *et al.*, 2007, estima-se que, em média, as perdas reais representam cerca de 40 a 60% das perdas de água. Na entidade gestora em questão, a consideração das perdas aparentes ronda os 10% do volume do consumo autorizado e assim será mantido para efeitos de cálculo.

$$\text{Perdas Reais (PR)} = V. \text{ anual de perdas de água} - (0.1 * V. \text{ anual de água autorizado})$$

do que resulta:

Volume anual de perdas de água [m³/ano]	2011	51.926
	2012	47.399
Volume anual de água autorizado [m³/ano]	2011	28.108
	2012	27.771
Perdas Reais (PR) [m³/ano]	2011	49.155,20
	2012	44.621,90

O índice infraestrutural de fugas (IIEP) – Op29 (Alegre *et al.*, 2005) é o quociente entre as Perdas Reais (PR) e as Perdas Reais Mínimas (PRM):

$$IIEP = \frac{PR}{PRM}$$

resultando para a ZMC do Bolho:

Índice Infraestrutural de Perdas (IIEP)	2011	3,32
	2012	3,01

Segundo Alegre (2000), esse indicador é a proposta mais atual para avaliar situações de perdas e permitir, assim, a comparação entre sistemas distintos. Sistemas com valor do Op29 próximo de 1 podem ser considerados como sistemas bem geridos, e, à medida que o índice se afasta deste valor, a gestão do sistema piora. Lambert e Mckenzie (2002) realizaram um estudo em 27

sistemas de abastecimento de água de 20 países diferentes e encontraram valores entre 0,7 e 10.6, com valor médio de 4.38 e mediana de 2.94.

O valor do Op29 baixou do ano 2011 para o ano de 2012, mas ainda há um longo trabalho a ser realizado por forma a conseguir baixar ainda mais o valor deste índice.

4.1.2. Tempo de corte do abastecimento de água durante as intervenções

O tempo de intervenção depende de vários fatores internos e externos à própria reparação. No entanto, qualquer que seja a intervenção que envolva a interrupção do abastecimento de água deverá ser realizada o mais rapidamente possível. Na Figura 4.4 pode ver-se que grande parte das intervenções provoca um corte do fornecimento de água máximo de 180 minutos, surgindo este valor com uma frequência muito reduzida, e as intervenções mais frequentes originam cortes com durações de 60 e 120 minutos.

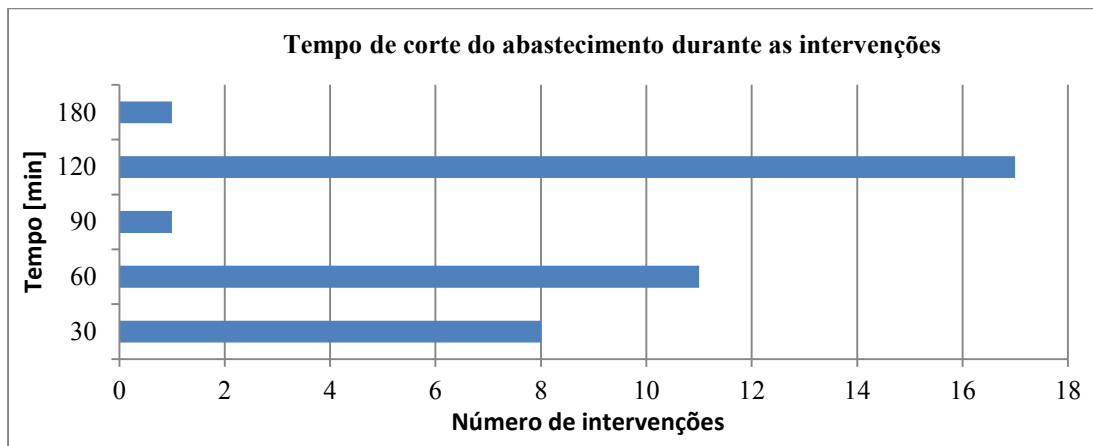


Figura 4.4 – Tempo de corte do abastecimento de água na ZMC do Bolho durante as intervenções, em 2012

As intervenções nos ramais por norma são mais rápidas e implicam um menor tempo de corte de água. No caso de condutas esta operação poderá provocar a interrupção do abastecimento de água durante mais tempo, dependendo da gravidade da situação e das características da tubagem.

Na ZMC do Bolho, em 2012 ocorreu apenas 1 rotura em condutas, demorando cerca de 60 minutos, sendo este o tempo médio de corte no abastecimento de água aquando das reparações de condutas em 2012 por parte das equipas da INOVA-EM-S.A..

4.1.3. Influência da ZMC Bolho no Setor de Lemedede

No Quadro 4.4 pode observar-se que o impacto desta ZMC no setor de Lemedede é muito reduzido, rondando valores de 2,73%. Seria uma zona que facilmente era desprezada caso não houvesse a preocupação da criação de ZMCs. Comparando esta ZMC do Bolho com todo o sistema, este impacto é ainda mais reduzido.

Quadro 4.4 – Impacto da ZMC do Bolho na água entrada no setor de Lemedede, por mês em 2012

<i>Mês</i>	<i>Água elevada na captação [m³]</i>	<i>Água entrada na ZMC [m³]</i>	<i>Percentagem de influência da ZMC no setor</i>
<i>Janeiro</i>	196.579	5.480	2,79%
<i>Fevereiro</i>	194.213	6.670	3,43%
<i>Março</i>	227.692	6.100	2,68%
<i>Abril</i>	200.206	6.260	3,13%
<i>Maio</i>	221.928	5.040	2,27%
<i>Junho</i>	243.346	5.020	2,06%
<i>Julho</i>	280.408	7.030	2,51%
<i>Agosto</i>	279.091	7.250	2,60%
<i>Setembro</i>	265.349	5.600	2,11%
<i>Outubro</i>	227.508	6.850	3,01%
<i>Novembro</i>	211.397	6.890	3,26%
<i>Dezembro</i>	205.381	6.980	3,40%
Somatório	2.753.098	75.170	
Média			2,73%

Como foi visto anteriormente, o impacto dos volumes totais de água que o Bolho requer são bastante reduzidos. Porém, caso seja realizada a mesma comparação, mas agora com o volume de perdas, entre o setor de Lemedede e a ZMC do Bolho, o seu grau de impacto quase duplica, apresentando um valor médio de 4,08% (Quadro 4.5).

Quadro 4.5 – Impacto da ZMC do Bolho nas perdas de água do setor de Lemedede, por mês em 2012

<i>Mês</i>	<i>Consumos autorizados no setor [m³]</i>	<i>Volume de perdas no setor [m³]</i>	<i>Volume de perdas na ZMC [m³]</i>	<i>Percentagem de influência da ZMC no setor</i>
<i>Janeiro</i>	109.711	86.868	3.754	4,32%
<i>Fevereiro</i>	115.105	79.108	4.537	5,74%
<i>Março</i>	126.905	100.787	4.076	4,04%
<i>Abril</i>	121.944	78.262	4.007	5,12%
<i>Maio</i>	123.041	98.887	2.949	2,98%
<i>Junho</i>	132.834	110.512	2.703	2,45%
<i>Julho</i>	154.125	126.283	4.638	3,67%
<i>Agosto</i>	159.988	119.103	3.868	3,25%
<i>Setembro</i>	166.775	98.574	2.544	2,58%

<i>Outubro</i>	149.243	78.265	4.314	5,51%
<i>Novembro</i>	120.931	90.466	4.773	5,28%
<i>Dezembro</i>	111.817	93.564	5.236	5,60%
Somatório	1.592.419	1.160.679	47.399	
Média				4,08%

Apesar de ser uma ZMC de pequena importância ao nível do setor, revela-se algo mais relevante quando analisada em relação às perdas de água, fato que evidencia que esta pequena ZMC terá problemas relativamente preocupantes com perdas de água.

4.1.4. Consumos mínimos e médios

A monitorização e a análise dos caudais mínimos noturnos e médios diários deverão ser realizadas para fins de comparação, como forma de apoio em casos de tomada de decisão (Figura 4.5). Será importante, também, numa fase posterior, por forma a verificar se as intervenções estão realmente a ser eficazes. A análise destes caudais não deverá ser a única técnica para tomada de decisão, visto que poderá depender bastante da situação sociodemográfica da população servida, do período considerado e do tipo de indústria presente. Apesar disso, quando aliada a outras análises, poderá revelar-se útil para o controlo e monitorização da intervenção.



Figura 4.5 – Sonda de encaixe no contador (envio de dados para iwater 200 ISA)

A variação destes caudais noturnos indica alterações na rede ou nos consumos. Caso o caudal mínimo aumente e permaneça constante ao longo do tempo, juntamente com o caudal médio, pode ser um forte indicador de que as perdas de água na rede estão a aumentar e será necessário planear uma atuação com vista à sua redução.

Em caso de intervenção, também se podem usar os caudais mínimos noturnos para conferir o sucesso das reparações realizadas. Com as intervenções a terem lugar, o caudal mínimo noturno

registado deverá diminuir, assim como o caudal médio diário, mais ou menos acentuadamente, consoante a dimensão das roturas reparadas. Quanto mais acentuada for a tendência de descida dos caudais mínimos noturnos e médios diários em simultâneo, menores serão os volumes de água perdida, o que será reflexo da qualidade das técnicas adotadas. Estas análises deverão ser regulares, por forma a observar as tendências de evolução destes caudais. Mantendo-se constantes os consumos faturados na ZMC, esta análise permitirá concluir que a descida dos caudais se deve às intervenções realizadas.

Os caudais mínimos noturnos do Bolho rondavam os 7 m³/h, valor elevado para uma ZMC de pequenas dimensões e com tão poucos clientes como esta. Este valor veio reforçar a ideia de que era necessário implementar uma campanha para localização de roturas nesta ZMC.

De destacar que já haviam sido realizadas obras de reparação em situações onde a água aparecia à superfície, ainda antes de ser instalado o iwater no caudalímetro do Bolho. Como referido anteriormente, a entidade gestora tem uma imagem a preservar pelo que estas roturas, onde há o aparecimento de água à superfície, devem ser reparadas o mais rapidamente possível, já que são facilmente percecionadas pelos habitantes.

4.1.5. Perfil de consumo

No gráfico referente ao perfil de consumo desta ZMC (Figura 4.6) é possível verificar que o caudal noturno é relativamente elevado. O valor do caudal apresenta um incremento por volta das 6h, hora aproximada em que parte da população acorda e faz a sua atividade matinal. Os valores dos caudais diários atingem um valor mais elevado durante a manhã, abrangendo toda a hora do almoço. Durante a tarde o valor decresce, voltando outra vez para valores mais elevados entre as 18h e as 21h, refletindo a chegada dos clientes às habitações e a preparação do jantar.

De realçar o período da 1h às 5h em que o registo de atividade na rede é inferior, refletindo o descanso da população. Caso ocorram atividades noturnas que envolvam consumos de água, como a realização de festas, bares ou indústrias, estas poderão influenciar os valores dos caudais noturnos.

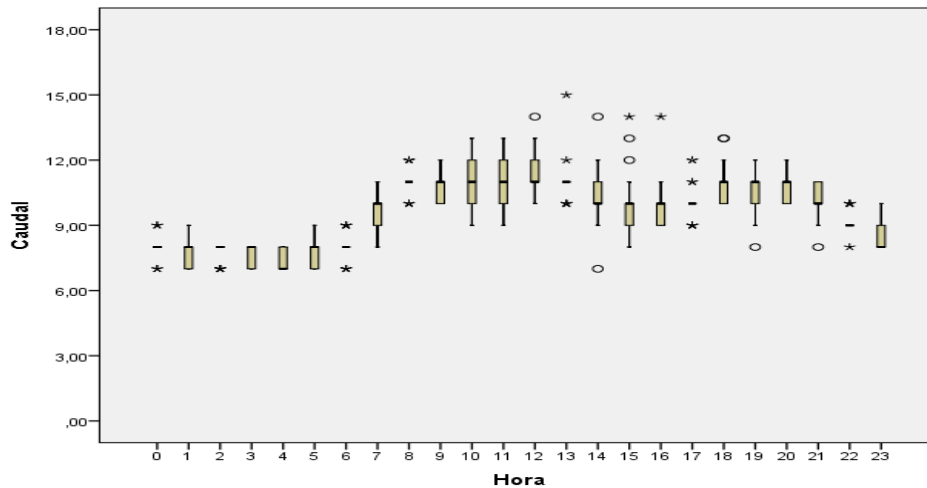


Figura 4.6 – Perfil de consumo antes das intervenções

No concelho de Cantanhede as festas populares são muito comuns, realizando-se na sua grande maioria no verão, em que cada localidade realiza uma festa em honra do seu padroeiro, aproveitando-se o bom tempo e a altura do regresso dos emigrantes. No entanto, o presente estudo foi realizado no inverno, altura do ano em que não ocorrem festas.

Este gráfico pode também ser usado para fins de planeamento das intervenções, conferindo uma análise mais cuidada sobre a melhor hora para se proceder à interrupção do abastecimento de água. Esta análise não foi realizada nas intervenções que tiveram lugar nesta ZMC.

4.2. Medidas implementadas

O trabalho de reconhecimento e de intervenção no local já tinha sido elaborado antes do estágio, apenas agora ficou mais realçada a necessidade e urgência da atuação devido aos resultados anteriores. Sendo a ZMC do Bolho relativamente pequena e apresentando uma elevada percentagem de perdas, evidenciou a necessidade da atuação e de concentração de esforços para esta região do concelho de Cantanhede.

O trabalho de localização de roturas no terreno foi planeado de forma a obter bons resultados, conseguindo um bom número roturas reparadas, baixando assim o valor de perdas totais, que inicialmente rondavam os 60%. Durante todo este processo houve a consciencialização dos habitantes, explicando qual o trabalho que estava a ser realizado e o seu objetivo, bem como os equipamentos usados. Houve, de uma forma geral, uma boa compreensão por parte da população, evidenciando mesmo relatos de visualização de água à superfície na estrada ou dando entrada no sistema de água pluviais, que se comprovou ser água oriunda do sistema de abastecimento.

4.2.1. Método visual

Um dos métodos que pode ser usado, barato e rápido, é a inspeção visual. Aquando da colocação dos acelerómetros, deve ser verificada a existência de água à superfície, humidade sem razão aparente ou vegetação verdejante perto do contador, situação observada nas Figuras 4.7 e 4.8, poderão ser bons indícios de que perto existe uma rotura. Deve ser verificado ainda o estado de conservação dos contadores dos clientes, bem como a sua selagem deve estar assegurada para evitar o uso abusivo de água.



Figura 4.7 – Torneira de segurança.
a verter água



Figura 4.8 – Aparecimento de humidade e musgos na parede junto ao contador

O aparecimento de humidade na estrada ou em lancis, sem razão aparente que o justifique, poderá ter origem numa possível rotura. Em tempo seco a humidade é bastante reduzida, o que torna a manifestação de manchas de água numa ocorrência perceptível a todos, situação explicitada na Figura 4.9. Dependendo do tipo de terreno e da diferente inclinação, a mancha de água pode aparecer mais próxima ou mais afastada do ponto de rotura. Como tal, a descoberta do possível foco da rotura poderá e deverá exigir um bom cadastro da rede, de forma a localizar as condutas. Mesmo com esta informação disponível poderá ser necessário o uso de algum tipo de equipamento para localização exata da rotura.



Figura 4.9 – Humidade anormal na estrada

Os reservatórios desempenham um papel importante no sistema de distribuição de água, pelo que devem ser mantidos em perfeitas condições, não só em termos de limpeza, por forma a evitar contaminações nocivas, como também fugas e extravasamentos, provocando perdas de água. Deverá ser realizada uma manutenção regular ao estado de conservação dos reservatórios, incluindo a célula de armazenamento da água e as bóias de nível presentes no seu interior. No caso de extravasamentos de água regulares, deverá ser equacionado redefinir os níveis de paragem das bombas.

No caso de fissuração, será necessário que se proceda a vistorias e manutenções da parte estrutural de forma a reparar pequenas fugas. O reservatório apresentado na figura 4.10 abastece a ZMC do Bolho e encontra-se em bom estado de conservação, sem danos de fissuração aparentes, tanto na parte exterior como no interior da célula.



Figura 4.10 – Reservatório do Bolho

4.2.2. Contadores

4.2.2.1. Verificação, manutenção e alteração de contadores

Uma das causas que contribui para o volume de perdas aparentes é o mau funcionamento dos contadores dos clientes. Este fator pode dever-se a problemas de aferição, em que o contador não procede à contagem correta, ou não efetua qualquer contagem devido ao seu encravamento. Os casos de encravamento de contadores podem ser detetados no ato das leituras, caso apresentem valores iguais ou semelhantes às últimas leituras realizadas. Caso o contador esteja a incrementar leituras mas por defeito, será mais complicado o ato de comparação com os registos históricos de modo a detetar qualquer problema com o contador do cliente.

Se as leituras forem elevadas, haverá reclamações por parte do cliente que é servido por este contador com defeito (situação pouco comum). O Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto, nos termos do n.º 5 do art.º 66.º, obriga a que os utilizadores que sejam servidos por contadores com anomalias reportem esse dado à entidade gestora (Mesquita *et al.*, 2012), mas esta situação só acontece quando as leituras apresentam valores mais elevados do que o normalmente faturado.

No caso da INOVA-EM-S.A., os contadores dos clientes são na sua grande maioria volumétricos, pelo que, com o desgaste do material e com o passar dos anos, a sua capacidade de leitura é afetada por defeito na leitura do caudal de passagem.

Estes contadores devem ser reparados ou mesmo substituídos para que as leituras sejam justas, quer para os clientes, quer para a entidade gestora atualizar a faturação e informação dos consumos realizados.

Segundo Mesquita *et al.* (2012), “*Compete à entidade gestora definir os contadores a instalar nas redes prediais, os quais devem ser adequados às características do local e ao perfil de consumo do utilizador. É importante notar que o sobredimensionamento do contador pode implicar para o utilizador, um maior encargo com a tarifa fixa (...) e tendencialmente um maior consumo de água, e para a entidade gestora uma menor fiabilidade na contagem de caudais reduzidos, com eventual submedição de caudais (...)*”. Estas submedições são uma das causas das perdas aparentes nos sistemas de abastecimento de água.

4.2.2.2. Leituras regulares dos contadores

Por forma a conhecer os consumos dos clientes, sejam eles domésticos ou industriais, para rega de jardins ou outros fins, dever-se-á proceder às leituras regulares dos contadores. O n.º2 do artigo 67.º do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto, obriga a que sejam realizadas leituras reais aos contadores por funcionários devidamente creditados com uma frequência mínima de duas vezes por ano, com um espaço temporal entre as leituras consecutivas num máximo de oito meses. Nos meses em que não há leitura real a faturação deve ser realizada com base em estimativa com base em critérios legais, segundo o n.º 6 do artigo 67.º do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto e artigos 298.º e 299.º do Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto.

Durante esta verificação visual, pode ser possível encontrar situações de fugas ou usos ilícitos que deverão ser reportadas e analisadas consoante a situação existente (Figuras 4.11 e 4.12). Na leitura dos contadores dever-se-á observar o estado de conservação, não só do contador, mas também das tubagens e válvulas (válvula de esfera com filtro, vulgarmente conhecida por passador com filtro, e válvula de esfera de retenção ou passador de retenção) em volta deste e, caso haja alguma situação invulgar, esta deverá ser comunicada para averiguação.



Figura 4.11 – Adulteração de contador



Figura 4.12 – Suspeita de ligação clandestina

Os usos ilícitos, como causas de perda de água faturada, devem ser combatidos e eliminados, o que muitas vezes é um processo complicado de resolver, requerendo necessidade de provas do uso ilegal de água e todo o processo consequente desse ato de apropriação de água que não é paga.

4.2.2.3. Análise de consumos fora do normal quando comparados com os registos históricos

Na análise individual dos consumos dos clientes poderão surgir situações que porventura necessitem de alguma atenção. No caso de consumos fora do normal poderá haver reclamação por parte do cliente, quando notificado do valor a pagar, se este achar que esse valor é demasiado elevado e não corresponde à sua realidade de consumo. Nesse caso, dever-se-á prestar apoio ao cliente a fim de aferir a causa da ocorrência, considerando a possibilidade de existir uma fuga de água na rede predial, exemplo representado na Figura 4.13, ou a hipótese do respetivo contador poder não estar corretamente aferido, situação referenciada na Figura 4.14.



Figura 4.13 – Intervenção numa rede predial



Figura 4.14 – Intervenção num contador doméstico com suspeitas de irregularidades nas leituras.

Caso o cliente se aperceba que o seu contador está sempre a incrementar leituras, poderá ser indício de algum tipo de fuga na rede predial. Neste caso, se for provada a rotura, é realizado um ajuste do preço a pagar pela água com os seus registos históricos.

Programas como o SGA da AIRC, usado na parte comercial da INOVA-EM-S.A., permitem fazer a faturação dos consumos e garantem um rápido acesso à base de dados com todos os registos históricos dos clientes. A consulta destes registos permite monitorizar as atividades de consumo de todos os clientes e, assim, conseguir detetar situações que necessitem de um maior grau de atenção.

Na eventualidade da entidade atuar juntamente com o cliente na resolução do seu problema, é criado um ambiente de cooperação, em que o cliente passa a reportar situações anormais, no que se refere a ligações clandestinas.

4.2.3. Acelerómetros

Os trabalhos de localização de fugas de água nesta ZMC já tinham sido iniciados com recurso a acelerómetros, colocados em válvulas (Figura 4.15) e junto a contadores, em contacto com uma superfície metálica que facilita a propagação do som (Figura 4.16).



Figura 4.15 – Colocação do acelerómetro numa válvula de seccionamento



Figura 4.16 – Colocação do acelerómetro no ramal

As leituras dos acelerómetros eram realizadas das 2h às 4h e assim continuaram inalteradas. Por forma a evitar as interferências exteriores, ao nível do ruído, estas leituras são realizadas durante a noite por forma a conseguir obter, com mais clareza, o ruído produzido pela água com pressão, que sai da tubagem ou acessório através de fugas ou roturas.

Os acelerómetros, após a recolha e análise diária dos dados, eram colocados novamente em uso, porém em locais diferentes. O processo de interpretação dos dados era realizado com recurso a lanterna, devido a problemas na mala de leitura dos acelerómetros. A leitura era realizada com a incidência da luz da lanterna na zona da numeração do acelerómetro, revelando assim o resultado usando um código de 3 cores (verde, amarelo e vermelho) e com o número de

repetições do aparecimento das 3 cores (Exemplo: 2 verdes e 1 amarelo), demonstrada na Figura 4.17.



Figura 4.17 – Luzes do acelerómetro (Primayer, 2012)

4.2.4. Uso da vareta de escuta e geofone nos locais assinalados pelos acelerómetros

Para a confirmação dos dados fornecidos pelos acelerómetros e evitar os casos de possíveis dúvidas, será necessário a ida ao local. A verificação visual deverá ser efetuada com maior atenção, podendo esta inspeção visual ser complementada pelo uso da vareta de escuta, que permite escutar o ruído do ramal junto ao contador, válvulas ou em hidrantes, como representado na Figura 4.18.



Figura 4.18 – Utilização da vareta de escuta numa boca-de-incêndio

O som provocado pela fuga de água na tubagem pode ser confundido com outros ruídos presentes na envolvente. Conseguir diferenciá-los, quanto à sua origem, requer alguma experiência do operador. O recurso ao geofone é também ele a semelhança da vareta de escuta, como forma de confirmação dos dados fornecidos pelos acelerómetros.

A grande diferença entre os métodos é a sua forma de escuta do ruído, sendo o geofone usado no pavimento acima da conduta.

4.2.5. Análise de amostras de água para testes de cloro

A água à superfície pode ter como origem a chuva, a água do sistema pluvial, o nível freático elevado, o sistema de saneamento em carga, entre outras. O conhecimento da origem da água que aparece à superfície não é imediato. A origem da água deve ser confirmada antes de se planejar qualquer tipo de intervenção. Todo o processo de reparação acarreta custos operacionais e materiais bastante dispendiosos, pelo que, quanto melhor for o processo de filtragem inicial, melhor gestão financeira se consegue, reparando apenas o que é necessário ser reparado e com o menor custo.

No inverno, em que as condições climáticas são mais suscetíveis de ocorrência de chuva, o processo de perceção visual torna-se mais difícil. Em caso de incerteza quanto à origem da água, procede-se à despistagem através da análise ao cloro, utilizando o kit de deteção de cloro presente na Figura 4.19. Relembre-se que a água que circula no sistema de distribuição é tratada com recurso à adição de cloro na captação e ao longo da rede, para fins de controlo e saúde pública.



Figura 4.19 – Estojo do teste ao cloro

A adição de cloro é realizada em vários pontos da rede, permitindo que a concentração de cloro nunca, em condições normais, chegue a zero, pelo que com o teste da presença de cloro facilmente se averigua se a água em causa tem origem na rede de distribuição. O processo de adição de cloro é normalmente realizado em reservatórios, onde o controlo é mais eficaz por razões de ordem infraestrutural e pelo maior espaço que apresentam, possibilitando albergar todo o equipamento necessário.

Com o tempo seco, o processo de verificação da origem da água superficial é mais perceptível mas, em casos de dúvida, como a ilustrada na Figura 4.20, este teste poderá ser igualmente utilizado.



Figura 4.20 – Situação de incerteza sobre a origem da água

4.2.6. Coloração ou turvação da água

O desgaste das condutas e acessórios poderá ocasionar, a jusante, o aparecimento de água contendo resíduos provocados pela degradação das infraestruturas. Estes resíduos são derivados do elevado estado de degradação das infraestruturas. Nesta situação deverá ser retirada uma amostra de água e deverá proceder-se à análise da mesma. Caso seja identificada a possível origem do problema, deverá ser efetuada uma intervenção rápida por forma a restituir a normalidade, uma vez que afeta a imagem que é transmitida para os clientes, assim como pode representar um potencial perigo para a saúde pública. Porém, esta coloração ou turvação da água pode ter origem, não no sistema de distribuição sob tutela da entidade gestora, mas sim na rede predial.

No concelho de Cantanhede, muitas casas são antigas e, conseqüentemente, muitas canalizações também. Grande parte da população adota um estilo de vida rural e, como tal, faz uso de furos ou poços como fornecedor de água, não só para rega, mas também para uso doméstico. Quando se procede à alteração do abastecimento de água por poços ou furos para o sistema de distribuição público, verifica-se frequentemente que as canalizações são antigas, degradadas e, algumas, dotadas de roturas. No entanto, por se encontrarem dentro de paredes, a perceção dessas roturas é difícil.

Caso a rede predial seja antiga, o aumento de pressão vai acelerar o processo de degradação da canalização. Se a situação descrita ocorrer, é recomendado proceder à substituição ou à colocação de canalização nova, preferencialmente colocada “à vista” para facilitar intervenções de localização e reparação em caso de roturas.

Segundo Mesquita *et al.* (2012) “ (...) *A responsabilidade dos proprietários pela conservação e manutenção das redes prediais significa que aos mesmos compete a deteção e reparação de*

roturas ou de anomalias nos dispositivos de utilização, assim como o pagamento da água perdida ou consumida devido a estas avarias (...) considerando que, no caso de roturas, a água perdida não retorna á rede de saneamento, este aspeto deve ser ponderado na faturação do serviço de saneamento (...)”. Neste último caso, a correção as tarifas de saneamento é realizada recorrendo ao histórico do cliente.

4.2.7. Substituição das válvulas de seccionamento

As válvulas de seccionamento antigas e com um grau de degradação acentuado devem ser retiradas e substituídas por acessórios novos e em bom estado de conservação. Estes acessórios possibilitam o controlo direto sobre os percursos que a água contida nas tubagens pode percorrer. Torna-se imperativo que estes acessórios funcionem de forma eficaz, de modo a evitar problemas derivados da reparação das condutas originados pela existência de água com pressão na conduta a reparar.

Na ZMC do Bolho não há registos de anteriores substituições das válvulas de seccionamento, pelo que estas devem ser substituídas por não oferecerem garantias de eficácia na estanquidade durante o fecho da rede.

Na ZMC do Bolho procedeu-se a obras de renovação das válvulas de seccionamento, como a válvula presente na Figura 4.21, principalmente nas tubagens de acesso aos locais que estavam identificados como possuindo possíveis roturas nas tubagens ou acessórios de ligação.



Figura 4.21 – Válvula antiga, a ser substituída

O conjunto de válvulas a jusante do reservatório, na Rua do Serradinho, presente na Figura 4.22, foi também substituído, pela sua importância no desenho da rede nesta ZMC. Este conjunto de válvulas faz a conexão entre o reservatório e a rede de distribuição, e, caso esteja fechado, irá privar toda a ZMC do fornecimento de água, o que faz deste local um ponto importante no sistema de distribuição.



Figura 4.22 – Conjunto de válvulas novo, da rua do serradinho à saída do reservatório do Bolho

Depois de realizadas as intervenções nas válvulas, e com a garantia do bom funcionamento destes acessórios, o processo de reparação de ramais e condutas pode ser realizado em segurança.

Na ZMC do Bolho grande parte das roturas identificadas localizavam-se em ramais, tanto de habitações como de bocas de incêndio. Entre várias causas possíveis, destacam-se os acessórios do conjunto de ligação conduta-ramal como os elementos mais frágeis.

Houve também muita incidência em roturas na tubagem do ramal, como a representada na Figura 4.23, que em alguns casos apresentavam cortes de grandes dimensões. A existência de fragmentos de rocha próximos, ou mesmo em contacto com as tubagens, pode ser a causa deste tipo de roturas.



Figura 4.23 – Intervenção num ramal com perdas de água

4.2.8. Alteração no diâmetro do contador

O contador existente no reservatório do Bolho era um Woltmann DN 150mm, contador este que era do mesmo diâmetro da conduta que procedia à distribuição para a rede. Com as reparações das roturas a terem lugar, o controlo do caudal noturno, através do equipamento iwater 200 ISA, começou, como era esperado, a evidenciar uma tendência de descida, atingindo valores muito aceitáveis para aquele tipo de ZMC.

Com o caudal noturno a aproximar-se do caudal mínimo de leitura do contador, o grau de rigor da medição era afetado por este pequeno contratempo. O caudal mínimo de leitura para este contador (DN 150mm), segundo o fabricante, é de 1,0 m³/h.

Procedeu-se, então, à troca para um contador Sensus MeiStream DN 125mm, com a instalação de 2 cones de redução, para uma boa transição da conduta de 150mm para o contador de 125mm, como se encontra presente na Figura 4.24. Neste caso, o caudal mínimo de leitura do contador de 125mm, segundo o fabricante, será de 0,5 m³/h, quando instalado na horizontal.



Figura 4.24 – Contador de 125mm, válvula de seccionamento e cone de redução 150mm – 125mm

4.2.9. Importância da telemetria nos sistemas de abastecimento

Durante o período de aquisição de dados na ZMC em estudo, através do equipamento iWater da ISA, ocorreu um evento cujas contagens/leituras, expostas na plataforma da ISA para o acesso aos dados, não apresentavam qualquer incremento, sendo o caudal de 0 m³/h. Este valor do caudal levantou suspeitas, pois não foi programada qualquer intervenção no reservatório naquele período.

À paragem da incrementação das leituras pode corresponder um leque de possíveis causas, tendo sido dada maior relevância às hipóteses que seguem:

- Interrupção do fornecimento de água ao reservatório do Bolho, por problemas na conduta adutora gravítica que faz a ligação entre o reservatório de Sepins e o Bolho;

- Problemas de encravamento do contador, por qualquer tipo de objeto que tenha ficado preso nas pás da turbina;
- Perda da ligação entre o contador e a sonda para aquisição de dados fornecidos ao iWater.

Posteriormente, foi enviada uma equipa ao local, a fim de averiguar a situação pela qual todas as leituras ainda mantinham uma variação de 0 m^3 . Procedeu-se ao desmembramento da cabeça do contador e verificou-se que este tinha encravado devido a uma pequena lasca de calcário (Figura 4.25).



Figura 4.25 – Lasca de calcário responsável pelo encravamento do contador

Em suma, caso o controlo diário dos caudais não fosse realizado, só ao fim de algumas semanas é que este problema seria detetado. Como consequência, a falta de dados resultaria na perda de rigor no cálculo do volume de perdas e outros índices usados para calcular o grau de eficácia na reparação das roturas. Quando bem instalado e bem usado, um sistema de telemetria é extremamente útil no controlo das perdas de água, mas o seu preço pode não ser compatível com a realidade económica das várias entidades gestoras espalhadas pelo nosso país.

Depois de reparado o contador, o abastecimento de água à população deve ser repostado com a abertura das válvulas de seccionamento, devendo esta abertura ser realizada de forma progressiva para evitar danos na rede. Esta abertura lenta das válvulas permite que a água seja escoada de forma mais suave e uniforme, com um maior controlo na pressão que a água exerce nas infraestruturas, minimizando assim a probabilidade de ocorrência do agravamento de alguma situação já sensível.

Para remover detritos de calcário das condutas, que se poderiam soltar aquando da reposição da água, devem ser abertas algumas bocas de incêndio para promover a saída dessa água com detritos e evitar que estes detritos fiquem acumulados nas condutas (Figura 4.26).



Figura 4.26 – Abertura de uma boca de incêndio, para libertação de água com fragmentos de calcário

Este é um problema que a água captada nos Olhos da Fervença apresenta. A estagnação da água acontece com maior frequência nos reservatórios e nas condutas onde a velocidade de circulação é mais reduzida, provocando a sedimentação do calcário presente na água. A variação de velocidade provocada pela solicitação de água poderá resultar no desprendimento de algumas dessas partículas sedimentadas, sendo posteriormente arrastadas pela água ao longo das condutas, podendo chegar mesmo às torneiras dos clientes.

4.2.10. Cuidados a ter aquando da reparação

A reparação de infraestruturas custa tempo e dinheiro, com o pessoal envolvido, com os equipamentos mecânicos e com os materiais para voltar a repor o pavimento. Por questões de segurança, deverá ser criada uma área de trabalho que muitas vezes ocupará parte da via, interferindo e causando transtorno aos automobilistas e aos moradores da zona afetada pela reparação, podendo originar reclamações.

Na reparação dever-se-á dar atenção à camada granular que ficará a envolver o tubo. Esta camada será sujeita a forças de compressão, que, com o passar do tempo, se existir a presença de pequenas rochas, poderá danificar a tubagem ou os acessórios. Proteger os acessórios de ligação será uma prioridade, por apresentarem algum nível de fragilidade, com a agravante da possibilidade de serem constituídos por materiais de baixa qualidade. Assim, maior será a probabilidade de, a médio ou a longo prazo, apresentarem problemas como roturas e consequentes perdas de água.

Por serem materiais frágeis, é essencial que, tal como nas tubagens, haja uma camada granular constituída por partículas de pequenas dimensões sem arestas vivas, a proteger e a envolver o acessório em causa. Esta camada envolvente deverá oferecer segurança e conforto à tubagem, de forma a absorver impactos e vibrações.

Será imperativo que a reparação seja bem efetuada, para evitar que seja necessário voltar ao mesmo local (Figura 4.27), devendo, para tal, toda a tubagem ser manuseada com cuidado e com segurança na sua colocação no terreno, e todo este procedimento seguir as especificações dos fabricantes. Diferentes materiais exigem diferentes cuidados e processos específicos de colocação, e estas especificações deverão ser cumpridas e executadas corretamente. Estas técnicas, considerando o crescente avanço tecnológico, poderão carecer de ações de formação ao pessoal técnico, assim como aos trabalhadores que irão manusear o material.



Figura 4.27 – Aparecimento de água à superfície num local anteriormente reparado

No fim de colocadas as tubagens e acessórios, com a devida envolvente de camada granular, as camadas seguintes deverão ser bem compactadas, por forma a evitar que o assentamento da nova camada seja elevado. São vários os exemplos da má compactação ou má escolha de materiais de colocação no local da rotura, levando a que, com o passar do tempo, e com o tráfego automóvel, surja o abatimento da camada usada na reparação.

Os abatimentos são evidentes em muitas estradas do país e causa desconforto aos automobilistas, podendo, em casos mais graves, originar avarias mecânicas nos automóveis ou mesmo acidentes. Para além de uma boa compactação na altura da reparação, é benéfico proceder-se, a médio e longo prazo, a reposições e à compactação do local que sofreu o abatimento.

4.2.11. Sensibilização dos habitantes

Como entidade gestora, destaca-se a importância de sensibilizar os habitantes quanto às intervenções a realizar, nomeadamente sobre a colocação dos acelerómetros. Uma exposição breve e clara sobre o assunto permite transmitir a mensagem de forma eficaz. Nesta sequência, poderá ocorrer, por parte dos habitantes, a participação de possíveis fugas visíveis pela manifestação de água à superfície.

Estabelece-se aqui uma relação de entreajuda entre os moradores e a entidade gestora, que se reflete no combate da problemática das perdas de água. O indivíduo enquanto elemento da

sociedade assume grande importância na medida em que este zela pelos seus direitos, enquanto cliente, e cumpre um serviço de vigilância, caso surja algo que não se enquadre no panorama normal da situação local.

Na atual conjuntura, para as entidades gestoras com grandes extensões de rede sob sua tutela e com meios operacionais limitados, esta ajuda civil pode revelar-se muito preciosa.

Uma boa prática será a minimização do tempo que decorre entre a informação/deteção e reparação das roturas, principalmente daquelas que são reportadas pelos clientes. A imagem da entidade gestora está ligada com a capacidade e a rapidez com que as equipas operam na resposta aos pedidos. A rapidez de reparação minimizará também o volume de água perdido, dependendo do caudal da rotura. A figura 4.28 ilustra o volume de água perdido durante as várias fases de intervenção: deteção, localização e reparação.

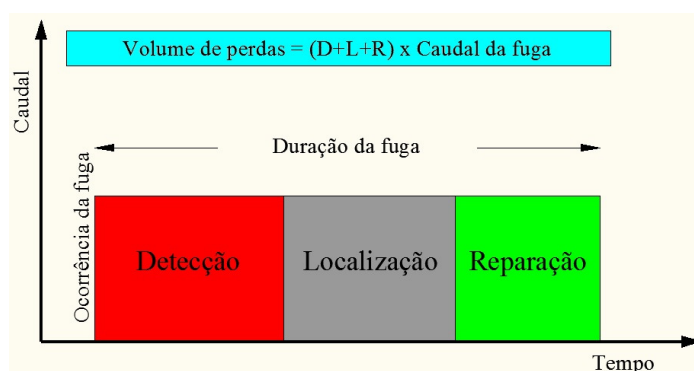


Figura 4.28 – Duração das fugas de água (adaptado de Joaquim Sousa)

Em consequência da não sensibilização dos habitantes quanto às intervenções, resulta o distanciamento destes face à entidade gestora, e a indiferença quanto ao problema das perdas no sistema.

Relativamente aos equipamentos de deteção/localização de fugas, não deixar implícita a instrução da sua utilidade para com uma determinada intervenção, poderá levar à remoção do equipamento do local onde este é necessário. O equipamento pode ser retirado e recolocado numa posição incorreta, ou pode mesmo ocorrer uma situação de roubo, podendo, posteriormente, este vir a ser devolvido ou não.

Depois de detetada e bem localizada a rotura, deverá ser programada a melhor forma de a reparar. Será necessário o fecho de válvulas, por forma a isolar a zona a reparar, o que implicará a privação de água para vários habitantes durante um determinado período de tempo, impedindo-os de realizar a sua rotina diária. Quanto maior for a demora na reposição da água no sistema, maior será o número de reclamações.

As reparações (Figura 4.29) nem sempre serão efetuadas de forma rápida, podendo mesmo demorar, em algumas situações, bastante tempo. Esta demora pode derivar de vários fatores, como dificuldades no processo de escavação, fecho de válvulas a montante e jusante, entre

outros. Durante todo este atraso no processo de reparação, considerando para este efeito o tempo que decorre desde o fecho das válvulas, para fins de início de operação, até à abertura e reposição da circulação de água. Os clientes afetos a essa zona ficarão, naturalmente, sem água devido ao corte, pelo que é boa prática avisar esses clientes com alguma antecedência.



Figura 4.29 – Reparação de rotura

Perante o n.º 5 do artigo 60.º do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto, no caso de intervenções programadas que provoquem interrupção do abastecimento de água, a entidade gestora deve avisar os utilizadores afetados com uma antecedência mínima de 48 horas. Caso seja uma intervenção não programada, os clientes devem ser informados do tempo estimado de duração do corte no abastecimento de água, segundo o n.º 6 do artigo 60.º do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto (Mesquita *et al.*, 2012).

Caso sejam necessárias várias intervenções numa só ZMC, num curto espaço de tempo, é fundamental que não sejam realizadas todas seguidas. Este processo de um número excessivo de intervenções no mesmo local irá provocar revolta nos clientes afetados por estes sucessivos cortes no abastecimento. Os clientes pagam o serviço, logo devem ter acesso a ele nas melhores condições possíveis.

4.3. Resultados alcançados

Entre outubro e dezembro de 2012 foram realizadas deteções/localizações de fugas de água com recurso a acelerómetros, seguidas de confirmação com o uso de geofone e vareta de escuta. Em todo o processo de deteção/localização de fugas de água, foram despendidos cerca de 46 dias de trabalho com a colocação dos acelerómetros, tendo alguns locais sido repetidos pelo

facto de as leituras oferecerem alguma incerteza, em que não era perceptível a necessidade de averiguação do local com geofone ou vareta de escuta.

Nesta campanha foram usados 11 acelerómetros, sendo que um deles apresentou uma avaria e foi enviado para reparação. Do trabalho realizado resultou a identificação de 34 locais com rotura, pelo que 3 foram reparados antes do início do estágio e 5 foram reparados logo que reportados por apresentarem água à superfície. Foram intervencionados 6 conjuntos de válvulas por apresentarem alguma desconfiança sobre a sua capacidade de estanquidade, o que poderia dificultar as futuras intervenções.

4.3.1. Locais identificados e intervencionados com roturas

Os locais identificados com roturas foram marcados e referenciados, para que as intervenções tivessem início no mês de janeiro (Quadro 4.6).

Quadro 4.6 - Locais intervencionados e sua data de intervenção

Data da intervenção	Tipo de intervenção	Local 1	Local 2	Local 3
Terça-feira, 29 de janeiro de 2013	Rotura	Travessa Val Mouro n° 8		
Quinta-feira, 31 de janeiro de 2013	Rotura	Rua do Serradinho n° 2	Largo Dr. Poiares n° 2	
Segunda-feira, 4 de fevereiro de 2013	Válvulas	Rua 5 de Outubro		
Terça-feira, 5 de fevereiro de 2013	Válvulas	Rua do Serradinho		
Quarta-feira, 6 de fevereiro de 2013	Rotura e Válvulas	Rua Val do Mouro n° 12	Rua Largo do Rossio	
Quinta-feira, 7 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua do Campo de Futebol n° 21		
Sexta-feira, 8 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua Val do Mouro n° 19	Largo da Capela B.I.	Rua do Bairro Chique B.I.
Segunda-feira, 11 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua do Santo n° 14	Rua do Carvalho n° 7	
Terça-feira, 12 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua do Carvalho n° 5		
Quarta-feira, 13 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua do Serradinho n° 11B	Rua do Serradinho B.I. junto 11B	
Quinta-feira, 14 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua do Serradinho n° 5		
Sexta-feira, 15 de fevereiro de 2013	Válvulas	Rua do Serradinho		
Segunda-feira, 18 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua Central n° 21		

Terça-feira, 19 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua Central nº 39		
Quarta-feira, 20 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua Nossa Senhora do Amparo nº 24	Largo da Capela B.I. junto nº 5	
Quinta-feira, 21 de fevereiro de 2013	Rotura	Travessa do Canto nº 50		
Sexta-feira, 22 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua do Campo de Futebol		
Segunda-feira, 25 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua Dr. Américo P. Couto nº 21		
Terça-feira, 26 de fevereiro de 2013	Rotura	Rua do Laranjeiro nº28	Rua do Laranjeiro nº30	
Segunda-feira, 4 de março de 2013	Rotura	Rua do Carvalho nº1		
Terça-feira, 5 de março de 2013	Rotura	Rua da Várzea nº 16		
Segunda-feira, 11 de março de 2013	Válvulas	Rua do Carvalho		
Quarta-feira, 13 de março de 2013	Rotura	Rua Dr. Américo P. Couto		

Todos os locais intervencionados apresentavam como origens do problema roturas na tubagem do ramal (Figura 4.30) ou nos acessórios de ligação conduta – ramal (Figura 4.31). Em alguns dos locais assinalados a tubagem do ramal apresentava mais do que uma rotura.



Figura 4.30 – Rotura na tubagem de ramal



Figura 4.31 – Reparação de um ramal

4.3.2. Tempo de corte do abastecimento de água durante as intervenções

A partir dos elementos fornecidos pelas equipas que realizaram o trabalho de intervenção nos locais assinalados, como potencialmente detentores de fugas de água, foi possível a realização do gráfico da Figura 4.32. Neste gráfico é possível verificar que grande parte dos cortes de água efetuados para proceder às reparações tiveram uma duração de 60 minutos.

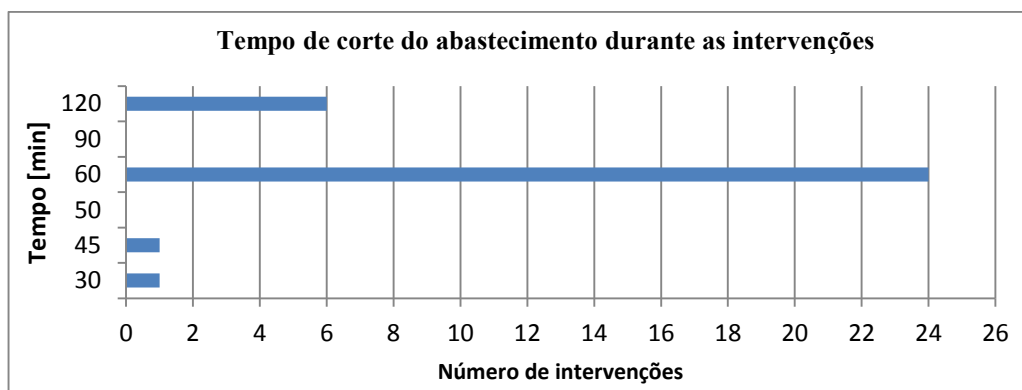


Figura 4.32 – Tempo de corte do abastecimento durante as intervenções

O valor mais elevado (120 minutos) é referente às intervenções em conjuntos de válvulas. Devido à complexidade da intervenção, a substituição de um conjunto de válvulas provoca, normalmente, mais tempo de corte do abastecimento de água. O corte de água neste caso deverá permitir que a equipa desmonte e retire o conjunto antigo e efetue a colocação, montagem e todo o processo de aparafusamento em segurança do novo conjunto de válvulas. Todas estas etapas demoram bastante tempo a ser realizadas.

4.3.3. Indicadores de perdas

Durante o período das intervenções foram analisados diversos dados obtidos. Salienta-se que todo o consumo autorizado foi medido, não tendo decorrido nenhum evento relativo a utilização de água por parte dos bombeiros neste intervalo de tempo.

No Quadro 4.7 é possível verificar que o volume mensal e a percentagem de perdas reduziram substancialmente, em cerca de 4.559m³ (de 5.022 para 463 m³) e 57% (de 76 para 19%), respetivamente. Já as perdas de água por ramal reduziram, também, de forma considerável, para um valor de 28,7 l/ramal/dia no mês de março, uma redução de 283 l/ramal/dia desde janeiro. Estes valores referidos refletem de uma forma satisfatória todas as intervenções realizadas, que se estenderam até meio do mês de março.

Quadro 4.7 – Consumos e volumes de perdas por mês em 2013

<i>Mês</i>	<i>Água entrada na ZMC [m³]</i>	<i>Consumos autorizados [m³]</i>	<i>Volume de perdas [m³]</i>	<i>Percentagem de perdas</i>	<i>Perdas de água por ramal [l/ramal/dia]</i>
<i>Janeiro</i>	6.640	1.618	5.022	76%	311,7
<i>Fevereiro</i>	4.224	2.109	2.115	50%	131,3
<i>Março</i>	2.399	1.936	463	19%	28,7
Somatório	13.263	5.663	7.600		
Média				48,1%	157,3

Com as intervenções realizadas na ZMC do Bolho, o volume das perdas de água foi reduzindo, assim como os valores do IPD nos meses em estudo (Quadro 4.8). A ZMC evoluiu da classificação de sistema mal gerido, no mês de fevereiro, para sistema bem gerido, no mês de março, realçando o sucesso das intervenções.

Mesmo assim, a média dos valores do IPD continuam a ser superiores a 40%, mantendo a classificação de sistema mal gerido, valor justificado pelo mês de janeiro com um valor do IPD muito elevado (76%).

Quadro 4.8 – Índice de Perdas na Distribuição nos primeiros meses de 2013

<i>Mês</i>	<i>Água entrada na ZMC [m³]</i>	<i>Consumos autorizados [m³]</i>	<i>IPD</i>	<i>Interpretação dos valores IPD</i>
<i>Janeiro</i>	6.640	1.618	76%	Sistema mal gerido
<i>Fevereiro</i>	4.224	2.109	50%	Sistema mal gerido
<i>Março</i>	2.399	1.936	19%	Sistema bem gerido
Somatório	13.263	5.663		
Média			48%	Sistema mal gerido

O Fator de Pesquisa relaciona o valor do caudal mínimo noturno com o caudal médio diário.

$$FP = \frac{\text{Caudal mínimo noturno}}{\text{Caudal médio diário}}$$

Quanto maior for este valor, maior será a probabilidade de estarem a ocorrer perdas reais de água no sistema em estudo. Segundo Gonçalves *et al.*, 2007, este parâmetro poderá indicar ainda possíveis problemas operacionais no abastecimento de água.

Fávero e Dib (1981) observaram o seguinte: se o valor de FP estiver num intervalo de 0 a 0,25, é pouco provável a ocorrência de fugas de água detetáveis (fugas difíceis de detetar e com pouco interesse económico); valores acima de 0,60 representam uma forte probabilidade dessa ocorrência (fugas fáceis de detetar e com elevado interesse económico); valores intercalados entre 0,25 e 0,60 são representativos de possíveis fugas de água detetáveis, sendo aconselhada a vigilância da ZMC com alguma atenção.

O Fator de Pesquisa no mês de janeiro apresentou um valor elevado (Quadro 4.9), em concordância com os dados anteriormente analisados. Este valor de FP foi reduzindo para um valor de 0,28 no mês de março, com uma redução de 0,44, fruto das intervenções realizadas,

Quadro 4.9 – Fator de pesquisa (FP) por mês em 2013

<i>Mês</i>	<i>Caudal [m³/h]</i>	<i>FP</i>	<i>Interpretação dos valores FP</i>
Janeiro	Q mínimo 7,00	0,72	Fugas economicamente detetáveis
	Q médio 9,76		
Fevereiro	Q mínimo 4,00	0,54	Fugas economicamente detetáveis
	Q médio 7,41		
Março	Q mínimo 1,25	0,28	Possíveis fugas economicamente detetáveis
	Q médio 4,50		

Segundo Tardelli Filho (2006), o método dos Caudais Mínimos Noturnos é o principal indicador do nível de perdas reais que acontecem no sistema de abastecimento de água.

Ao analisar os Caudais Mínimos Noturnos é possível deparar com duas situações estranhas distintas:

1. O índice de perdas é baixo mas o caudal noturno é alto - é muito provável a ocorrência de perdas de água nas redes prediais dos clientes (água faturada pela entidade gestora). Este fator pode também estar ligado com atividades que decorrem durante a noite, como fábricas, bares, entre outros;
2. O índice de perdas é alto mas o caudal noturno é baixo - é muito provável que se esteja perante um problema de perdas aparentes (problemas na medição dos volumes aduzidos e consumidos, consumos não autorizados ou fraudes nos contadores).

Segundo Gonçalves *et al.* (2007), o Caudal Mínimo Noturno resulta da soma do Caudal Mínimo Noturno Inerente (CMNI) com as Perdas Noturnas (PN). Por sua vez, o CMNI é a soma das Perdas Inerentes (PI) com o Consumo Noturno (CN).

$$CMN = CMNI + PN$$

$$CMNI = PI + CN$$

As PI referem-se a fugas com pequenos caudais, originadas principalmente em juntas, e, na falta de melhor informação, podem estimar-se com os valores que constam do Quadro 4.10 (Lambert, 1994). O valor assim obtido deve ser multiplicado pelo Fator de Correção de Pressão (FCP), constante do Quadro 4.11 (Lambert, 1994), de modo a efetuar o ajuste às condições do sistema em análise.

Quadro 4.10 – Vazão noturna perdida inerente

<i>Componentes das perdas inerentes</i>	<i>Unidade</i>	<i>Condições da infraestrutura</i>		
		<i>Boa</i>	<i>Média</i>	<i>Ruim</i>
Rede principal	L/km/h	20	40	60
Ramais prediais	L/lig./h	1,5	3,0	4,5

Quadro 4.11 – Fatores de correção de pressão

Pressão média noturna (m c.a.)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
FCP	0,33	0,53	0,75	1,00	1,27	1,57	1,88	2,23	2,59	2,98	3,39

Para infraestruturas que apresentem um estado de conservação médio (condição assumida para a ZMC do Bolho, com base na idade média das condutas), as PI vêm dadas por:

$$PI = \left(\frac{40 * Lm}{1000} + \frac{3,0 * Nc}{1000} \right) * FCP$$

Lm – Comprimento da rede de distribuição (km);

Nc – Número de ramais;

FCP – Fator de correção de pressão.

Para a ZMC do Bolho (11,64 km de condutas de distribuição, 537 ramais e uma pressão média noturna de 30 m c.a.) obtém-se:

<i>Perdas Inerentes (PI) [m³/h]</i>	1.10
-------------------------------------	------

No Quadro 4.12 apresentam-se os resultados obtidos para a ZMC do Bolho em termos de evolução das Perdas Noturnas (PN).

Quadro 4.12 – Perdas noturnas por mês em 2013

<i>Mês</i>	<i>CMN [m³/h]</i>	<i>PI [m³/h]</i>	<i>PN [m³/h]</i>
<i>Janeiro</i>	7,00	1,10	5,90
<i>Fevereiro</i>	4,00	1,10	2,90
<i>Março</i>	1.25	1,10	0,15

4.3.4. Caudais mínimos

Representando graficamente a evolução dos caudais ao longo do tempo (mínimos e médios), e comparando essa evolução com o número de intervenções efetuadas (Figura 4.33), é possível verificar que as intervenções foram eficazes na redução das perdas reais de água, baixando os caudais mínimos noturnos de 7 m³/h para valores próximos de 1 m³/h.

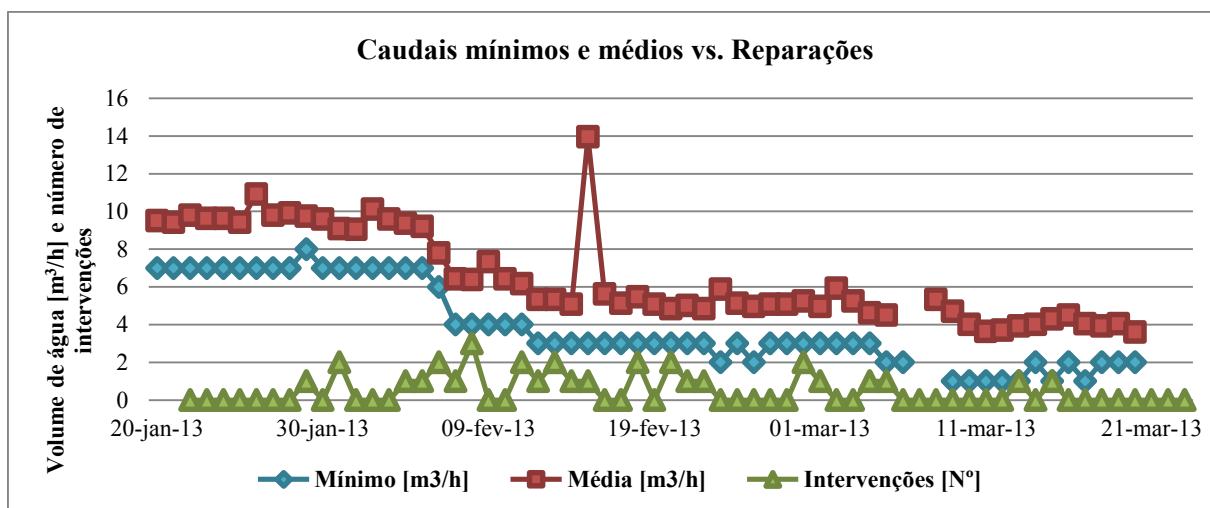


Figura 4.33 – Caudais noturnos e médios com as reparações realizadas

Foram realizadas várias intervenções, sendo de notar que a redução do caudal mínimo noturno dos 7 m³/h para os 4 m³/h foi conseguida com 6 intervenções. Dos 4 m³/h para os 3 m³/h foram realizadas 5 intervenções, mas para baixar para o valor de 1 m³/h foram ainda necessárias 15 intervenções.

Estes valores de intervenções refletem até que ponto é difícil conseguir baixar o caudal mínimo noturno para valores muito baixos. A dificuldade está em conseguir mantê-los constantemente baixos, como se verifica na parte final das intervenções em que o caudal noturno sobe para os 2 m³/h.

O valor máximo do caudal médio registado aconteceu no dia 15 de fevereiro, quando se procedeu à intervenção no conjunto de válvulas da Rua do Serradinho. Este conjunto de válvulas, que fica à saída do reservatório elevado do Bolho, levou a que, com a intervenção realizada, toda a ZMC ficasse privada de água. O corte de água durou sensivelmente 60 minutos. Após a reparação realizada, foi necessária a abertura de algumas bocas de incêndio para retirar o ar contido nas condutas.

Quando foi reposto o fornecimento de água, através da abertura da válvula de seccionamento presente no reservatório, o contador revelou um caudal elevado, que se manteve até restabelecer novamente as condições normais de funcionamento da rede de distribuição.

4.3.5. Relação volume total vs. Volume faturado

Com o desenrolar das reparações, o volume do consumo diário da ZMC, que passa pelo contador do reservatório do Bolho, diminuiu quase linearmente, como representado na Figura 4.34. No mês de março acabou por se observar que o consumo da ZMC se aproximou bastante dos consumos autorizados.

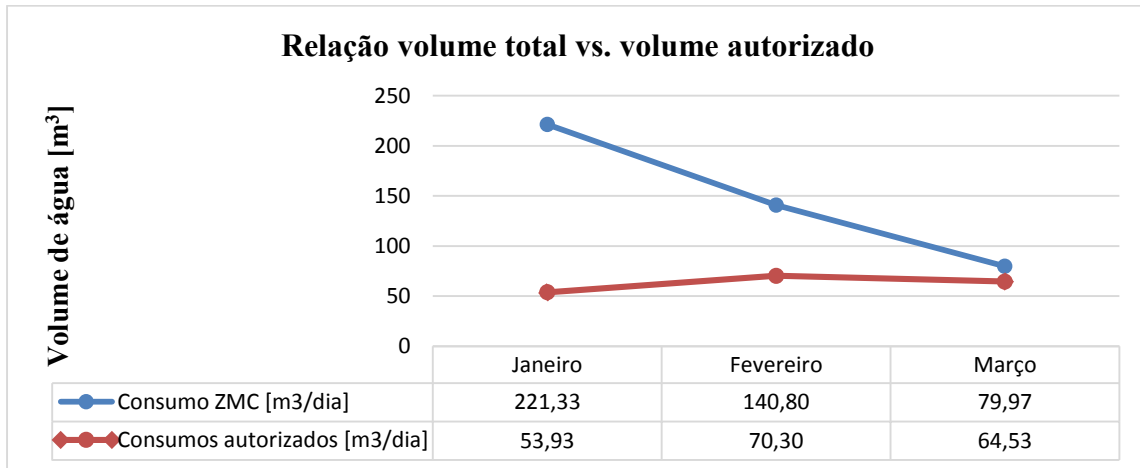


Figura 4.34 – Relação volume total vs. Volume faturado

4.3.6. Volume de água diário que entra na ZMC

Nesta fase do estudo, o volume de água diário que dava entrada na ZMC do Bolho foi baixando, influenciado pelas sucessivas reparações realizadas, seguindo a evolução presente na Figura 4.35. Entre janeiro e março a poupança diária de água rondou os 150 m³.

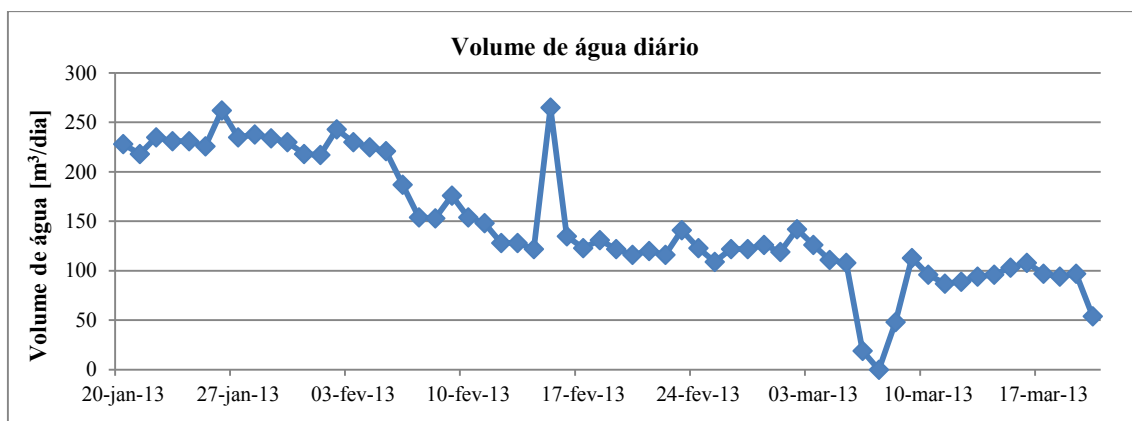


Figura 4.35 – Variação do volume de água diário durante as intervenções

O valor de 15 de fevereiro ocorreu como consequência da reparação realizada no conjunto de válvulas da Rua do Serradinho, referida anteriormente. Os valores mínimos que aparecem no

gráfico são referentes aos dias 6 e 7 de março, datas em que ocorreu o encravamento do contador devido à lasca de calcário.

4.3.7. Média de consumo por dia da semana

Entre janeiro e março, com o recurso à telemetria realizada com o iWater 200 ISA, foi possível obter médias de consumo nos vários dias da semana.

Da análise resultante do Quadro 4.13 e da Figura 4.36 é possível verificar que a água entrada, em termos de volumes médios, é mais baixa durante a semana do que no fim de semana, atingindo o seu valor mais baixo na quinta-feira, com cerca de 133m³ de água. Evidenciam-se os dias de fim de semana, Sábado e Domingo, como os dias, neste período de análise, em que os volumes de água entrada são mais elevados, com cerca de 165m³ de água.

Quadro 4.13 – Média do volume de água entrada por dia da semana

<i>Dia da semana</i>	<i>Média de água entrada [m³/dia]</i>
<i>Domingo</i>	164,38
<i>Segunda-feira</i>	158,38
<i>Terça-feira</i>	157,38
<i>Quarta-feira</i>	140,88
<i>Quinta-feira</i>	133,38
<i>Sexta-feira</i>	155,88
<i>Sábado</i>	165,00

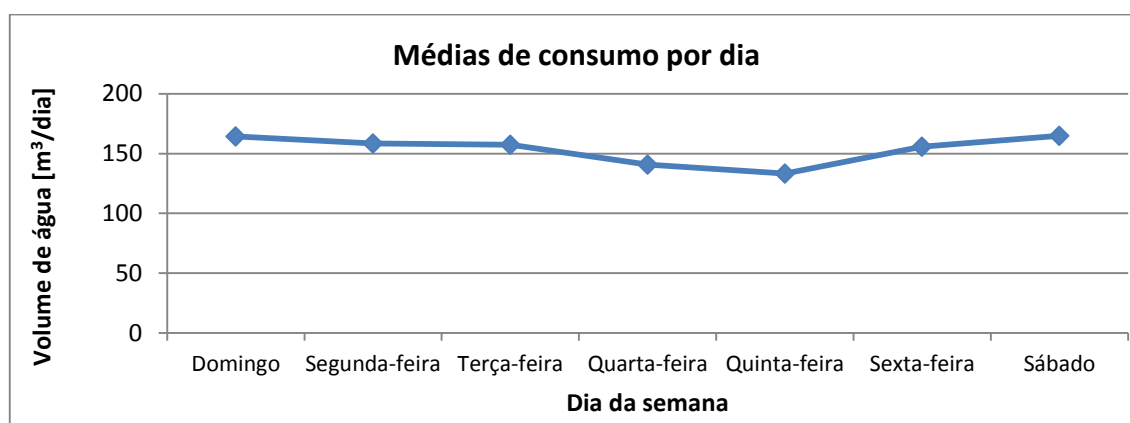


Figura 4.36 – Média de volume de água entrada por dia da semana

Esta análise foi efetuada com base na informação referente ao período de 20 de janeiro de 2013 a 16 de março de 2013, abrangendo assim a fase de deteção/localização de fugas e a fase da reparação das roturas identificadas.

4.3.8. Influência da ZMC no Setor de Lemedede

Com a redução do volume de perdas de água, será de esperar que a influência que esta ZMC exerce no sistema baixe também (Quadro 4.14).

Quadro 4.14 – Impacto da ZMC do Bolho na água entrada no setor de Lemedede, durante o período de intervenção

<i>Mês</i>	<i>Água elevada na captação [m³]</i>	<i>Água entrada na ZMC [m³]</i>	<i>Percentagem de influência da ZMC no setor</i>
<i>Janeiro</i>	206.990	6.640	3,21%
<i>Fevereiro</i>	179.369	4.224	2,35%
<i>Março</i>	201.100	2.399	1,19%

No setor de Lemedede, comparando os valores do Quadro 4.14, referentes ao volume de água elevada na captação nos meses de janeiro e março, observa-se que são semelhantes, verificando-se uma descida reduzida devido, em parte, às intervenções realizadas. Verifica-se ainda, que houve uma redução próxima dos 64% comparativamente ao mês de Janeiro para o volume de água entrada na ZMC. A descida do valor da percentagem de influência neste setor também foi significativa, na medida em que reduziu para cerca de 1,2%, no mesmo período em análise.

Nesta análise ignoraram-se os valores do mês de fevereiro, para o Volume de água elevada na captação, uma vez que estes foram influenciados pela ocorrência da tempestade marcada por ventos fortes, em que Coimbra foi um dos distritos em alerta laranja. Estes ventos estiveram na origem de cortes de energia na central dos Olhos da Fervença, impedindo o normal funcionamento das bombas responsáveis pelo abastecimento de água.

O Quadro 4.15 referencia a situação de consumos totais presentes na ZMC e no setor de Lemedede. Neste quadro são relacionados os valores de consumos autorizados, faturados ou não faturados, e volumes de perdas de água. A evolução da percentagem de influência da ZMC no setor de Lemedede, referente ao volume das perdas de água, refletiu-se na diminuição de mais de 4% entre janeiro e março. No entanto, o volume de perdas no setor aumentou ligeiramente.

Quadro 4.15 – Impacto da ZMC do Bolho nas perdas de água do setor de Lemedede, durante o período de intervenção

<i>Mês</i>	<i>Consumos autorizados no setor [m³]</i>	<i>Volume de perdas no setor [m³]</i>	<i>Volume de perdas na ZMC [m³]</i>	<i>Percentagem de influência da ZMC no setor</i>
<i>Janeiro</i>	104.311	102.679	5.022	4,89%
<i>Fevereiro</i>	91.272	88.097	2.115	2,40%
<i>Março</i>	94.210	106.890	463	0,43%

4.4. Medidas adotadas após a intervenção

Posteriormente às fases de intervenção e de espera, foi realizada uma nova campanha, não tão exaustiva como a anterior, com o intuito de verificação de novas ocorrências de roturas em ramais ou condutas e a verificação das ligações existentes aos contadores domésticos.

Mesmo após todo este processo de intervenção, realizado durante os meses de janeiro, fevereiro e março, foram identificados novos locais com fugas de água, alguns locais mesmo com água já visível à superfície e outros locais já com pequenos abatimentos da camada betuminosa no local da rotura. Algumas destas situações foram mesmo referidas por habitantes e mais tarde confirmada a rotura com o uso da vareta de escuta e do geofone.

Desta segunda campanha resultou a identificação de alguns locais onde na primeira campanha (com o recurso a acelerómetros) e com o uso da vareta de escuta, não foram obtidos resultados que levantassem suspeitas, que justificassem uma intervenção de substituição ou reparação. No entanto, muito provavelmente os fechos e aberturas de água acabaram por danificar ou agravar as pequenas roturas já existentes. Isto, mesmo garantindo uma abertura lenta e progressiva das válvulas, com o devido cuidado, e mesmo precavendo situações de alterações de pressão abruptas e perturbações na rede.

Finalizado todo o processo de intervenção, procede-se à análise da evolução dos caudais e dos volumes de perdas na ZMC. Depois de identificados os locais e procedendo às devidas reparações, os caudais mínimos noturnos subiram e foram reportadas por habitantes roturas em que a água aparecia à superfície.

Atendendo às características desta ZMC é mais fácil usar a vareta de escuta ou o geofone, uma vez que o ruído ambiente é reduzido, apenas nos arredores da serração, na Venda Nova, é que o ruído mais intenso devido ao funcionamento das máquinas. Neste caso, não será necessário o uso de acelerómetros, permitindo a sua utilização para realização de deteção/localização de roturas noutra ZMC.

O uso de acelerómetros será ideal quando há o impedimento da realização de deteções/localizações de fugas durante o dia. A grande desvantagem dos acelerómetros é o eventual roubo, além do tempo que demora a realizar o processo de deteção/localização de fugas em toda a ZMC, conseguindo apenas 10 ramais por dia (número de equipamentos funcionais disponíveis).

4.4.1. Caudais mínimos

A telemetria continuou a ser usada no contador do reservatório, registando os caudais. Na Figura 4.37 é possível verificar-se a tendência do aumento do caudal mínimo noturno e do

caudal médio diário, evidenciando que mais roturas estariam a aparecer, provocando assim um aumento do volume de perdas de água. Neste intervalo de tempo, entre abril e início de julho, foram realizadas apenas 4 intervenções em locais em que a água se encontrava visível.

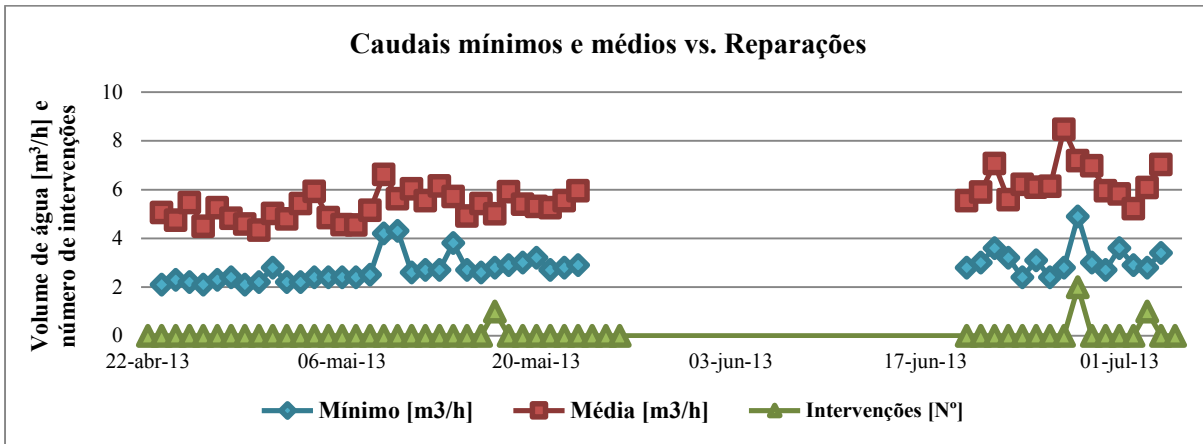


Figura 4.37 – Caudais mínimos e médios vs. Reparações depois da fase de reparações

No fim destas 4 reparações foi visível a descida dos caudais mínimo noturno e médio diário. Porém, esta tendência não se conservou por muito tempo. Passados alguns dias voltou a assumir um novo desenvolvimento de crescimento, demonstrando que os problemas de perdas de água têm de ser controlados e vigiados de forma atenta e continuada.

4.4.2. Verificação do volume de perdas

Com as intervenções realizadas, o valor do volume de perdas reduziu, demonstrando a eficácia do trabalho realizado até março (Quadro 4.16). Abandonadas as reparações nesta ZMC, foi mantida a sua monitorização, por forma a verificar qual seria a sua evolução.

Quadro 4.16 – Volume de perdas

Mês	Água entrada na ZMC [m³]	Consumos autorizados [m³]	Volume de perdas aparentes [m³]	Volume de perdas reais [m³]	Percentage m de perdas	Perdas reais de água por ramal [l/ramal/dia]
Janeiro	6.640	1.618	162	4.860	76%	301,7
Fevereiro	4.224	2.109	211	1.904	50%	118,2
Março	2.399	1.936	194	269	19%	16,7
Abril	2.906	1.947	195	764	33%	47,4
Mai	4.437	1.938	194	2.306	56%	143,1
Junho	3.271	2.833	283	155	13%	9,6
Somatório	23.877	12.381	1.238	10.258		
Média					48,1%	106,1

Em abril houve um acréscimo do volume de perdas para os 959 m³, aumentando para quase o dobro a percentagem de perdas de água, comparativamente com o mês anterior. Situação que se repete novamente no mês de maio, com um novo aumento, desta vez para uma percentagem de perdas na ordem dos 56% e o volume de perdas sobe de forma dramática para os 2.499 m³, valores mais elevados do que os obtidos no mês de fevereiro. Estes valores explicitam bem a importância do estudo e controlo de perdas de água. Se for mantida a monitorização mas sem intervenção, os volumes de perdas de água tenderão a aumentar com o passar do tempo.

No fim do mês de maio e início de junho, não foi realizada qualquer campanha de deteção/localização de fugas, acabando por se atingir em junho o valor de 13% de volume de água perdida com apenas quatro intervenções.

A água entrada na ZMC do Bolho desceu com as intervenções realizadas, até ao mês de março, conseguindo-se mesmo um valor próximo do volume de consumo autorizado para o mês de março (Figura 4.38).

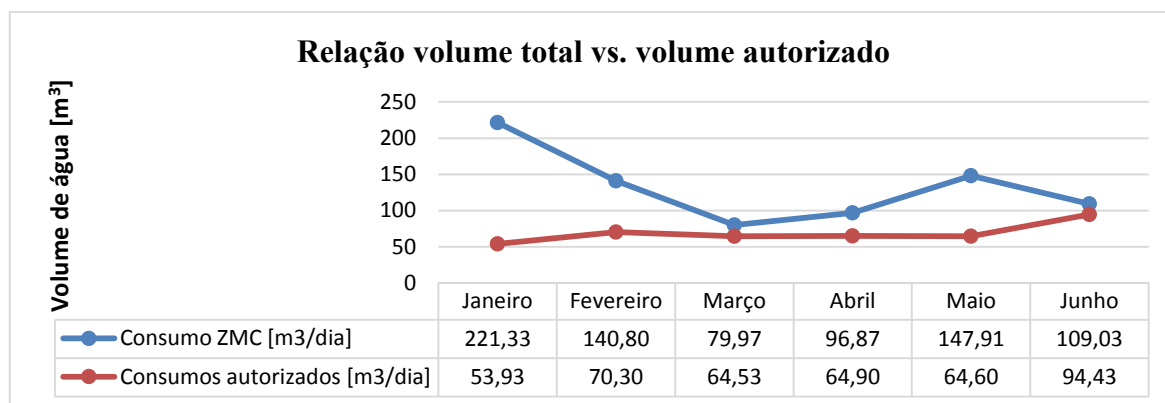


Figura 4.38 – Relação volume total vs. Volume faturado

Abandonadas as intervenções, houve um incremento do consumo da ZMC, enquanto o valor dos consumos autorizados permaneceu quase constante até ao mês de maio, evidenciando o aumento do volume de perdas de água.

Os valores dos volumes em análise voltam novamente a aproximar-se no mês de junho, depois de realizadas mais algumas intervenções.

4.4.3. Poupança em volume de água diário

Durante o intervalo em estudo surgiu o aumento do caudal mínimo noturno, evidenciando um aumento do volume de perdas de água. O volume de água entrada diariamente também subiu, influenciado pelo aumento das perdas.

Na Figura 4.39 pode observar-se que o volume de água diário em abril e meados de maio rondou os 130 m³, valor que ascendeu aos 150 m³ no mês de junho. A 26 de junho, o volume diário atingiu o máximo, com um valor 203,20 m³, e o mínimo registado ocorreu no início do mês de julho, com 125,10 m³.

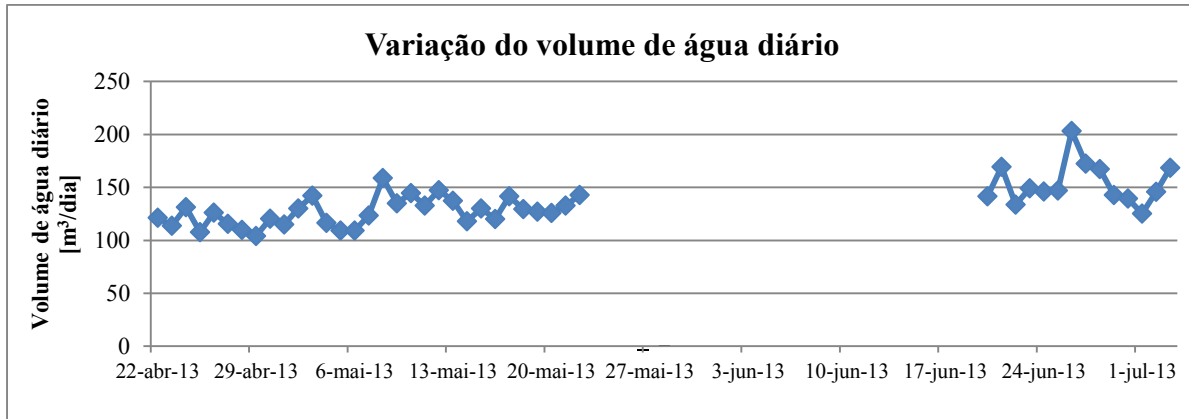


Figura 4.39 – Variação do volume de água entrada diário pós-intervenções

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusão

Este estágio envolveu um trabalho exaustivo de combate a perdas de água, tendo como principal foco as perdas reais de água. Geralmente, todos os sistemas de adução e distribuição apresentam perdas de água, dividindo-se estas em perdas reais e em perdas aparentes.

No que concerne ao processo de intervenção, este deve ser constante, dada a facilidade com que as perdas se podem intensificar, e, como tal, acarretar maiores dificuldades financeiras para a entidade gestora em questão.

Esta linha de pensamento é seguida pela entidade gestora INOVA-EM-S.A., que pretende tornar a redução das perdas totais de água um dos objetivos da empresa.

A rede do concelho de Cantanhede é bastante extensa. Alguns locais mais específicos requerem um maior nível de compreensão para efetuar um estudo mais aprofundado. No entanto, esta prática é algo incompatível com o tempo disponível para a realização deste relatório de estágio. Neste campo, a ZMC do Bolho revelou-se interessante do ponto de vista de redução das perdas de água. Os indicadores de perdas estudados revelaram que esta zona de medição carecia de intervenções relativamente urgentes. O recurso a telemetria teve um papel importante de validação para a decisão final da concentração de esforços nesta zona de medição. Verificou-se que, para uma ZMC tão reduzida como esta, os valores de perdas de água eram elevados.

Nas metodologias adotadas, foram usados acelerómetros em ramais, válvulas e bocas de incêndio, para obter dados relativos ao ruído provocado pela água com pressão que sai pelas fugas e roturas. Estes locais, depois de corretamente assinalados, eram confirmados com recurso a vareta de escuta e geofone.

Em alguns locais não foi necessário o uso dos acelerómetros, por apresentarem água à superfície, nestes casos apenas foi confirmada a origem dessa água.

Durante este processo foram verificados os contadores dos clientes relativamente ao seu estado de conservação e, caso se justificasse, procedia-se à sua substituição. Os registos históricos dos clientes são dados importantes quer para a entidade gestora, quer para os próprios clientes. Na sua análise podem ser detetadas situações anormais de consumo, indiciando, caso não houvesse justificação, possíveis roturas na rede predial.

As válvulas de seccionamento, como acessórios de corte e seccionamento da rede são essenciais para o sucesso das operações na rede. Estas válvulas devem funcionar corretamente por forma a garantirem a estanquidade caso seja necessário. Nesta ZMC não havia registo de intervenções nas válvulas que seccionavam os locais assinalados com roturas, desde a sua colocação em obra há cerca de 15 anos, pelo que foi necessário proceder à substituição de algumas que não davam garantias de bom funcionamento.

De uma forma geral, os habitantes mostraram-se compreensivos para com a questão do desperdício de água, mostrando-se mesmo colaborativos e preventivos para futuras situações de alerta. Situação que se foi deteriorando com as excessivas intervenções e cortes de água.

Com um total de 35 locais assinalados com roturas, quatro delas reparadas antes do início programado da intervenção, foram o espelho do sucesso das campanhas de deteção e localização de fugas na ZMC do Bolho. Todas as roturas ocorreram em ramais e grande parte destas localizavam-se em acessórios de ligação. Entre as várias causas possíveis, destaca-se a qualidade dos materiais, bem como a sua colocação em obra.

Os indicadores de perdas desceram para valores razoáveis, conseguindo mesmo a designação de sistema bem gerido pelo indicador de Índice de Perdas na Distribuição. Os caudais mínimos noturnos desceram para valores próximos de $1\text{m}^3/\text{h}$.

Abandonadas as campanhas e as intervenções nesta zona de medição, garantiu-se apenas que as intervenções fossem realizadas caso surgissem reclamações ou o aparecimento de água à superfície. Consequentemente, ocorreu um acréscimo dos valores dos caudais mínimos. Os indicadores de perdas tomaram valores mais elevados, mesmo mantendo esta política de atuação quando necessário. Posteriormente, iniciou-se uma nova campanha de deteção de fugas mas, desta vez, unicamente com recurso a vareta de escuta e geofone, resultando em novos locais assinalados. Este surgimento de novas roturas pode ter tido origem nas variações de pressão aquando da abertura e fecho de válvulas, para a realização das intervenções anteriores.

Neste estudo foram contempladas várias fases, desde a análise de dados, as campanhas de deteção e localização de fugas, até às intervenções nos locais assinalados. Este ciclo deve ser contínuo, requerendo um grande esforço para conseguir bons resultados, e um esforço ainda maior para conseguir manter esses resultados.

5.2. Recomendações

Recomenda-se que, à semelhança do que ocorreu na ZMC do Bolho, não se deva concentrar todos os esforços numa só área de análise. Muitas intervenções na mesma zona de medição irão importunar os habitantes com os inúmeros cortes de água, cortes das vias de trânsito, ruído, etc. Dever-se-ão realizar intervenções espaçadas com algum tempo entre si para que não se tornem tão exaustivas. Quanto menor for a área em questão, maiores serão as perturbações sentidas.

Na busca de alcançar um valor reduzido de perdas de água não se deverá desprezar a importância das perdas aparentes. Estas perdas são mais complexas de contabilizar que as perdas reais de água. Agrupar todos os esforços apenas nas perdas reais e não proceder a verificações de rotina a contadores, ligações, ações de sensibilização à população, formação aos operários e ação de fiscalização das obras realizadas, resultará na resolução de apenas parte do problema das perdas de água.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSS (2011). *Guia para procedimentos de inventariação de materiais com amianto e acções de controlo em unidades de saúde*. Administração Central do sistema de Saúde, IP, Unidade Operacional Normalização de Instalações e Equipamentos, Lisboa.
- Aguas ICS (2002). http://www.aguas.ics.ul.pt/coimbra_fervenca.html. Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa (visto no dia 16-04-2013).
- ALEGRE, H., Baptista, J. M., Cabrera, E. Jr., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W., e Parena, R. (2000). *Performance indicators for water supply service*. IWA Publishing.
- Alegre, H., Coelho, S. T., Almeida, M. do C., e Viera, P. (2005). *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Alegre, H., e Covas, D. (2010). *Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Almeida, M., do C., Vieira, P., e Ribeiro, R. (2006). *Uso eficiente da água no sector urbano*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Armstrong Plumbing (2012). <http://armstrongplumbing.wordpress.com/tag/galvanized-pipe/>. (visto no dia 28-06-2013).
- Arregui, F. J., Soriano, J., Cabrera, E., e Cobacho, R. (2012). *Nine steps towards a better water management*. Water Science & Technology, IWA Publishing 2012, pp. 1273-1280 (em inglês).
- Boulos, P F., e Aboujaoude, A. S. (2011). *Managing leaks using flow step-testing, network modeling, and field measurement*. American Water Works Association, Jornal AWWA, pp. 90-97 (em inglês).
- Cortes, F. I. A., e Alejo, L. H. O. (1997). *Evolution of water losses in distribution networks*. Journal of water resources planning and management, pp. 284-291 (em inglês).
- Da Costa, A. M. L. (2007). *Controlo de perdas de água no sistema público de distribuição do concelho de vila real*. Tese de mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Trás-os-Montes e Alto Douro, 1 vol.
- De Sousa, E. R. (2003). *Saneamento ambiental I - telegestão em sistemas de abastecimento de água*. Departamento de engenharia civil e arquitetura no instituto superior técnico, Lisboa, 1 vol.
- Dinheiro Vivo (2013). <http://www.dinheirovivo.pt/Mercados/Artigo/CIECO163213.html>. (visto no dia 04-06-2013).

- DRE (2013). <http://www.dre.pt/cgi/dr1s.exe?t=dr&cap=1-1200&doc=20070048%20&v02=&v01=2&v03=1900-01-01&v04=3000-12-21&v05=&v06=&v07=&v08=&v09=&v10=&v11=Portaria&v12=&v13=&v14=&v15=&sort=0&submit=Pesquisar>. Diário da República Eletrónico (visto no dia 25-09-2013).
- Drumond, J. F. N. (2013). *Avaliação de Perdas nos Sistemas de Distribuição de Água: Análise e aplicação aos sistemas da EPAL em Lisboa e da IGA na ilha de Porto Santo*. Tese de mestrado, Universidade da Madeira, Madeira.
- EDP (2012). <http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx>. Eletricidade De Portugal Serviço Universal. (visto no dia 05-07-2013).
- ERSAR (2013). <http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?GenericContentId=0&SubFolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cConsumidores%5cServicos%5cGrandesNumeros&Section=Consumidores&FolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cConsumidores%5cServicos>. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (visto no dia 04-06-2013).
- ERSAR (2013). http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?SubFolderPath=&Section=Consumidores&FolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cConsumidores%5cPerguntasFrequentes%5cConsumidor_Qualidade&GenericContentId=604. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (visto no dia 10-10-2013).
- Farley, M. (2001). *Leakage management and control*. Geneva, Suíça (em inglês).
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z. B., Istandar, A., e Singh, S. (2008). *The manager's non-revenue water handbook. A guide to understanding water losses*. Ranhill Utilities Berhad and the United States Agency for International Development (USAID) (em inglês).
- Fávero, J. A., e Dib, M. E. M. (1981). M. E. M. *Pesquisa e controle de perdas em sistemas de abastecimento de água*. Revista DAE, edição nº 126.
- Ferreira, C. S. de J. (2010). *Indicadores de desempenho das redes de abastecimento de água – aplicação prática ao município de Santiago do Cacém*. Tese de mestrado, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 1 vol.
- Ferreira, J.P. (2009). *Protecção das Origens Superficiais e Subterrâneas nos Sistemas de Abastecimento de Água*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Gonçalves, E., e Alvim, P. R. A. (2007). *Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água. Pesquisa e combate a vazamentos não visíveis*. Programa de Modernização do Setor Saneamento Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Brasília.
- Gonçalves, R. F. (2009). *Uso racional de água e energia. Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB). Rio de Janeiro.
-

- Henriques, J. D., da Palma, J. C. P., e Ribeiro, Á. S. (2006). *Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- INOVA-EM-S.A. (2013). <http://www.inova-em.pt/sistema-de-abastecimento-de-agua>. Inova – Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, E.M.-S.A (visto no dia 08-07-2013).
- Instituto Nacional de Estatística, I.P. (INE), (2011). *O uso da água na agricultura 2011*. INE, Lisboa.
- IPMA (2012). http://www.ipma.pt/pt/produtoseservicos/index.jsp?page=map_prec_7100.xml. Instituto Português do Mar e da Atmosfera (visto no dia 03-06-2013).
- ISA (2013). <http://www.isasensing.com/pt/areas-de-negocio/53/isa-energy/>. Intelligent Sensing Anywhere (visto em 24-10-2013).
- JANZ (2013). http://www.cgf.janz.pt/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=62. Janz – Contagem e Gestão de Fluidos, S.A. (visto no dia 30-05-2013).
- Jornal i (2013). <http://www.ionline.pt/artigos/portugal/agua-distribuida-nao-faturada-terco-total-vale-170-milhoes> (visto no dia 10-11-2013)
- JPN (2007). http://jpn.c2com.up.pt/2007/03/22/escassez_da_agua_e_um_problema_para_a_humanida_de.html. Jornalismo Porto Net (visto no dia 20-09-2013).
- Lakewood Water District (2011). <http://www.lakewood-water-dist.org/blog/our-water-our-community-our-future>. (visto no dia 28-06-2013).
- Lambert, (1994). *Managing Leakage – REPORT E – Interpreting measured night flows*. Water Research Centre / Water Services Association / Water Companies Association (em inglês).
- Lambert, A. O., e McKenzie, R.D. (2002). *Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index*. International Water Association Conference ‘Leakage Management: A Practical Approach’ in Lemesos, Cyprus (em inglês).
- Lambert, A. O., e Takizawa, M et al. (1999). *A review of performance indicators for real losses from water supply systems*. IWA/AQUA, Dec 1999 (em inglês).
- LNEG (2010). http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/texto. Laboratório Nacional de Energia e Geologia (visto no dia 03-06-2013).
- Martins, C. P. F. (2009). *Balanço hídrico e indicadores de desempenho no subsistema de abastecimento de água de são João de Lobrigos - santa marta de Penaguião*, Tese de mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

- Mello, E. J. II-037 - *As perdas não físicas e o posicionamento do medidor de água*. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Mesquita, A., Santos, C., Aleixo, C., Andrade, I., Rosário, L., Igreja, M., e Ribeiro, P. (2012). *Relação das entidades gestoras com os utilizadores dos serviços de águas e resíduos*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Midões, Dra. C., e Fernandes, Dra. J. (). *Hidrogeologia. Água Subterrânea conhecer para Proteger e Preservar*. Publicação sob projecto N.º P-IV-1052 do Programa Ciência Viva.
- Mugeiro, J., e Medeiros, N. (2008). *Novos desafios e soluções para a gestão de perdas em sistemas de abastecimento*. EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A.
- Mutikanga, H e Sharma, S. et al (2010). *Using performance indicators as a water loss management tool in developing countries*. Journal of water supply: Research and Technology, IWA Publishing 2010, pp. 471 – 481 (em inglês).
- Office of Water (2010). *Control and mitigation of drinking water losses in distribution systems*. United States Environmental Protection Agency (em inglês).
- PMA (2011). <http://www.pma.es.gov.br/noticia/1268/>. Prefeitura Municipal de Aracruz (visto no dia 01/12/2013)
- Primayer (2012). <http://www.primayer.co.uk/index.htm>. Primayer – Technology for network management and leakage control. (visto no dia 16-07-2013).
- PÚBLICO (2013). <http://www.publico.pt/ecosfera/noticia/portugal-gasta-220-litros-de-agua-por-pessoa-por-dia-1588798>. (visto no dia 10-07-2013).
- PÚBLICO (2013). <http://www.publico.pt/sociedade/noticia/um-terco-da-agua-distribuida-aos-consumidores-nao-e-facturada-1611146> (visto no dia 10-11-2013)
- Reis, I. B. (2008). *Eficiência hídrica ao nível da redução de perdas*. Tese de mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, 1 vol.
- RESOPRE (2013). http://www.resopre.pt/conteudo.php?pag=AGUA_RESOPRE.PT&fam=servicos. Sociedade Revendedora de Aparelhos de Precisão S.A. – Gestão de água. (visto no dia 08-07-2013).
- Rodrigo, C., Lopes, J. L., Saúde, M., Mendes, R., e Casimiro, R. (2007). *Controlo operacional em sistemas públicos de abastecimento de água*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- RTP (2013). <http://www.rtp.pt/noticias/index.php?article=65487&tm=&layout=121&visual=49>. Rádio e Televisão de Portugal (visto no dia 20-09-2013).

- SafeSol (2013). <http://www.safesol.co.uk/Huwa-San%20Continuous%20Dosing.htm>. (visto no dia 08-10-2013).
- SENSUS (2013). http://sensus.com/web/int/product?division_id=water-management-solutions&product_line_id=commercial-industrial-meters&product_id=meistream. (visto no dia 08-07-2013).
- SNIRH (2013). <http://snirh.pt/index.php?idMain=6&idItem=6.3&idSubtem=trie19961998>. Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (visto no dia 03-06-2013).
- SNIRH (2013). <http://snirh.pt/index.php?idMain=6&idItem=6.3>. Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (visto no dia 06-06-2013).
- Tardelli filho, J. *Controle e redução de perdas*. In: TSUTIYA, M. T. (Ed.). *Abastecimento de água*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. cap. 10, p.457-525.
- Temido, J.L.S.S., Sousa, J.J.O. e Malheiro, R.M.G. (2012). *Telegestão e telecontagem no setor das águas: uma perspetiva baseada na análise da criação de valor*, in Actas do 15º ENaSB/SILUBESA, Évora, Portugal.
- Vivax Metrotech (2013). <http://www.vivax-metrotech.com/productshow.asp?id=3>. (visto no dia 12-10-2013).
- Wikipédia (2013) <http://pt.wikipedia.org/wiki/Geofone> (visto no dia 17/09/2013)
- WRc (2013) <http://www.wrcplc.co.uk/sahara-leak-location-system.aspx>. Water Research Centre (visto no dia 18.09.2013)

