

2015

Instituto Politécnico de Coimbra

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA

Controlo de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água - Câmara Municipal de Miranda do Corvo

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL,
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO URBANA

AUTOR | João Carlos Guilherme António

ORIENTADOR |

Prof. Doutor Joaquim José de Oliveira Sousa

Coimbra, maio, 2015

“Controlo de perdas em sistemas de abastecimento de água – Câmara Municipal de Miranda do Corvo”

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

Autor

João Carlos António

Orientador

Prof. Doutor Joaquim José de Oliveira Sousa

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, Maio, 2015

AGRADECIMENTOS

A realização deste estágio de mestrado contou com importantes apoios e incentivos sem os quais não se teria tornado uma realidade e aos quais estarei eternamente grato.

Ao professor Doutor Joaquim José de Oliveira Sousa, pela sua orientação, total apoio, disponibilidade, pelo saber que transmitiu, pelas opiniões e críticas, e total colaboração no solucionar de dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo da realização deste trabalho.

Ao Presidente da Câmara Municipal de Miranda do Corvo, por me ter concedido a oportunidade deste estágio, e pela sua incansável energia acompanhando todo o processo.

À Engenheira Luísa Rodrigues, por ter criado as condições necessárias a este estágio, pela sua inteira disponibilidade e pela transmissão de conhecimentos. Foram uma mais-valia para este estágio.

A todos os Engenheiros, técnicos e auxiliares do Município de Miranda do Corvo, que diretamente ou indiretamente contribuíram com ideias, conhecimento e boa disposição, um sincero muito obrigado.

Um agradecimento muito especial a toda a minha família, especialmente aos meus pais e irmãs, por todo o apoio incondicional que prestaram durante o meu percurso académico e em especial nesta fase da minha vida.

A todos os meus amigos, pelas frases de motivação e todo o contributo que me foi proporcionado, obrigado por tudo.

João Carlos Guilherme António

Coimbra, Maio de 2015

RESUMO

O presente estágio tem como objetivo a redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água, particularmente no município de Miranda do Corvo, no distrito de Coimbra.

As perdas em sistemas de abastecimento de água é um tema que tem vindo a merecer cada vez maior atenção por parte das Entidades Gestoras. Uma vez que a água é um bem essencial e um recurso limitado, deve ser combatido com todos os meios ao alcance. Por outro lado, as perdas de água contribuem para o aumento do volume de água escoado, e, neste caso, comprado à empresa Águas do Mondego, aumentando as despesas do município mensalmente. Numa primeira fase, com base em faturação aos munícipes e de água comprada, foi possível adquirir um valor teórico das perdas nos vários subsistemas de abastecimento de água do município de Miranda do Corvo, através do qual se tomou por opção iniciar o estudo nos sub-sistemas com valores mais críticos, nomeadamente os subsistemas do Alto de Miranda e do Ribeiro (zona central de Miranda do Corvo).

Na próxima fase, foi necessário fazer a atualização do cadastro das redes de distribuição água dos subsistemas mencionados. Conhecendo os vários trajetos da rede, materiais constituintes e os seus diâmetros foi possível passar à fase seguinte.

Para um melhor controlo das perdas de água, foram instalados caudalímetros à saída dos reservatórios principais de cada subsistema, monitorizados através de um sistema de telemetria, permitindo aceder a dados de caudais mínimos noturnos e consumos médios diários.

Durante todo esse processo, realizaram-se campanhas ao longo das redes dos dois subsistemas, com recurso a geofone e vareta de escuta, onde foram detetadas várias roturas que posteriormente foram reparadas.

Finalmente, realizou-se um estudo do estado atual dos dois subsistemas, comparando-o com o historial do ano anterior, que revelaram resultados positivos.

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

ABSTRACT

This report aims at the reduction of real losses in water supply systems, particularly in the municipality of Miranda do Corvo, in the district of Coimbra.

Losses in water supply systems is a topic that has observed an increasing attention by the water utilities. Since water is an essential commodity and a limited resource, it must be fought with all the means at hand. On the other hand, water losses contribute to increase the volume of water bought from Águas do Mondego, increasing the monthly costs to the Miranda do Corvo municipality.

Initially, based on billed water (customers) and purchased water (Águas do Mondego) data, it was possible to obtain a theoretical value of water losses in the various water supply systems of the Miranda do Corvo municipality, which helped in identifying the most critical subsystems, namely Alto de Miranda and Ribeiro (Miranda do Corvo central area).

In the next phase, it was necessary to update the records of the infrastructures belonging to the water distribution networks. Knowing the pipe alignments in the network, materials and their diameters, the study moved to the next phase.

For better control of water losses, flowmeters with a telemetry system were installed in the main reservoirs of each subsystem, providing useful data, like minimum night flows and daily average demand.

Throughout this process, several campaigns were carried out over the two subsystems, using geophone and listening stick, where several leaks were detected and repaired.

Finally, a study was made comparing the current state of the two subsystems with the last year, which revealed positive results.

Keywords: water losses, real losses, leak location

Índice

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABELAS	XII
SIMBOLOGIA	XIII
ACRÓNIMOS E SIGLAS	XIV
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO	1
1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO	2
2 PANORAMA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PORTUGAL	3
2.1 - INTRODUÇÃO	3
2.2 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO	4
2.3 - MODELOS DE GESTÃO	5
2.4 - COMPONENTE EM “ALTA”	6
2.5 - COMPONENTE EM “BAIXA”	7
2.5.1 - <i>Armazenamento da água tratada</i>	8
2.5.2 - <i>Transporte e Distribuição de água</i>	9
2.6 - PRINCIPAIS PROBLEMAS DO SETOR	12
2.7 - DESAFIOS DO SETOR	13
3 PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	15
3.1 - INTRODUÇÃO	15
3.2 - BALANÇO HÍDRICO	16
3.2.1 - <i>Indicadores de desempenho</i>	18
3.3 - PERDAS APARENTES	22
3.3.1 - <i>Erros de medição</i>	22
3.3.2 - <i>Usos não autorizados</i>	25
3.4 - PERDAS REAIS	27
3.4.1 - <i>Fatores que influenciam as perdas de água reais</i>	27
3.4.2 - <i>Perdas reais em condutas</i>	28
3.4.3 - <i>Perdas reais em ramais</i>	29
3.4.4 - <i>Perdas reais em reservatórios</i>	29
3.5 - MEDIDAS DE COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA	31
3.5.1 - <i>Introdução</i>	31
3.5.2 - <i>Atualização do cadastro</i>	31
3.5.3 - <i>Setorização das redes – Zonas de Medição e Controlo</i>	32
3.5.4 - <i>Localização de fugas</i>	36
4 ÂMBITO DO ESTÁGIO	43
4.1 INTRODUÇÃO	43
4.2 ABASTECIMENTO EM “ALTA”	43
4.3 ABASTECIMENTO EM “BAIXA”	44
4.4 ATUALIZAÇÃO DO CADASTRO	46
4.5 - CUSTOS INICIAIS	48

4.5.1	<i>Dataloggers</i>	48
4.5.2	<i>Contadores</i>	48
4.5.3	<i>Acessórios</i>	49
4.5.4	<i>Custo Inicial Total</i>	50
4.6	SUBSISTEMA DO ALTO DE MIRANDA	50
4.6.1	<i>Reservatórios</i>	51
4.6.2	<i>Métodos de controlo</i>	53
4.6.3	<i>Análise e interpretação de resultados</i>	56
4.7	SUBSISTEMA DO RIBEIRO	59
4.7.1	<i>Reservatórios</i>	60
4.7.2	<i>Métodos de controlo</i>	61
4.7.3	<i>Análise e interpretação de resultados</i>	64
5	CONCLUSÕES	68
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1-Torneira de água a verter (CM,2013)	1
Figura 2.1-Processo de abastecimento de água	4
Figura 2.2- Sistema em "alta"	7
Figura 2.3-Sistema em "baixa"	8
Figura 2.4- Reservatórios quanto à sua implantação (apontamentos da disciplina de saneamento UFCG,2011)	9
Figura 2.5- Esquema de cisterna (C) com bombeamento (B) direto da rede pública (RP) (esquerda) e de cisterna com bombeamento privado (direita).....	11
Figura 3.2-Perdas Reais de água em "alta" e em "baixa" (ERSAR,2011)	15
Figura 3.3 - Balanço Hídrico (ISA,2012)	16
Figura 3.4 - Curva de erros característica de um contador volumétrico Qn 1,5 m ³ /h (DN15mm), Classe C (JANZ, 2013).....	23
Figura 3.5 - Inclinação do contador (Arregui et al., 2005).....	23
Figura 3.6 - Contador em Miranda do Corvo inacessível (fechado a cadeado)	24
Figura 3.7 - Contador avariado por temperaturas negativas (CITY OF RIPLEY, 2013)	25
Figura 3.8 - Ligação direta (Divulgação, 2012)	25
Figura 3.9 - Hidrante de coluna simples corpo e tampas em ferro fundido dúctil NBR 6916 classe 42012 (Saint Gobain, 2011)	26
Figura 3.10 - Rotura em conduta (All Pro Plumbing PDX,2010).....	27
Figura 3.11 - Diferentes tipos de rotura por localização (pwpts HU)	28
Figura 3.12 - Tipos de fugas em condutas.....	28
Figura 3.13 - Diferentes tipos de fugas em ramais.....	29
Figura 3.14 - Fissuração em Reservatório Alporcinhos (Sotecnisol, 2014).....	30
Figura 3.15 - Restauro do reservatório fissurado de S. Pedro (Vimagua,2014).....	30
Figura 3.16 - Extravasamento do reservatório do Carapinhal Velho (Miranda do Corvo, 2014)	31
Figura 3.17 - Exemplo de Zonas de Medição e Controlo.....	32
Figura 3.18 - Procura do nível base de perdas (Alegre et al, 2010)	33
Figura 3.19 - Datalogger portátil HWM (HWM-Water Ltd, 2014)	34
Figura 3.20 - Sistema de telemetria municipal da empresa alfacomp de estações de água e esgoto (Brasil, 2012).....	35
Figura 3.21 - Exemplo de teste de fecho progressivo de válvulas (AWWA, 2011)	36
Figura 3.22 - Exemplo de resultado de um teste de fecho progressivo de válvulas (Columbia Basin Trust,2014)	36
Figura 3.23 - Acelerómetros primayer Phocos 2 (primayer,2013).....	37
Figura 3.24 - Geofone Mikron da Primayer (Perta,2013)	38
Figura 3.25 - Vareta de escuta Mikron da Primayer (Perta,2013).....	38
Figura 3.26 - Correlador acústico Eureka digital (Perta,2013)	39
Figura 3.27 - Correladores acústicos multiponto ENIGMA hyQ (perta,2012).....	40
Figura 3.28 - Colocação de um hidrofone numa boca-de-incêndio (Vivax metrotech,2009) ..	40
Figura 3.29 - SmartBall (Pure technologies,2013)	41
Figura 3.30 - Sahara (WRc,2013).....	41
Figura 4.1 - Freguesias do concelho de Miranda do Corvo após a reorganização administrativa de 2013 (DGterritorio,2013).....	44

Figura 4.2 - Total de água entrada no sistema de abastecimento de 2011 até 2014.....	45
Figura 4.3 - Faturação total do sistema de abastecimento de 2011 até 2014	45
Figura 4.4 - Rede de distribuição de água do município de Miranda do Corvo.....	46
Figura 4.5 - Parte da rede de distribuição de água atualizada	47
Figura 4.6 - Datalogger iWater WTR200 (ISA, 2014).....	48
Figura 4.7 - Contador tipo Woltmann da RESOPRE (RESOPRE,2014).....	48
Figura 4.8-Junta flangeada DN125/150 (aguasistemas, 2014).....	49
Figura 4.9 - Cone de redução PN10/16/25 (Fucoli,2014)	49
Figura 4.10 - Tubo de pontas lisas PN 10/16/25 (Fucoli, 2014)	49
Figura 4.11 - Rede de distribuição de água do subsistema do Alto de Miranda (Carapinhal e Lameiro de Basco).....	50
Figura 4.12 - Reservatório do Carapinhal	51
Figura 4.13 - Reservatório do Carapinhal Velho.....	52
Figura 4.14 - Reservatório de Lameiro de Basco	52
Figura 4.15 - Instalação de caudalímetro a jusante do Reservatório do Carapinhal	53
Figura 4.16 - Sinalização das válvulas utilizadas no teste de fecho progressivo na rede do Carapinhal.....	54
Figura 4.17 - Resultados do teste de fecho progressivo na rede do Carapinhal do dia 2 de Julho de 2014	54
Figura 4.18 - Roturas identificadas no subsistema do Alto de Miranda	55
Figura 4.19 -Total de água entrada no subsistema do Alto de Miranda em 2013 e 2014	56
Figura 4.20 - Total de água faturada no subsistema do Alto de Miranda de 2013 e 2014	57
Figura 4.21 - Água não faturada no subsistema de Alto de Miranda em 2013 e 2014	57
Figura 4.22 - Água entrada e Caudal mínimo Noturno do subsistema do Alto de Miranda	58
Figura 4.23 - Rede de distribuição de água do subsistema do Ribeiro.....	60
Figura 4.24 - Reservatório do Ribeiro	61
Figura 4.25 - Contador instalado a jusante do reservatório do Ribeiro.....	61
Figura 4.26 - Válvulas utilizadas no teste de fecho progressivo de válvulas no subsistema do Ribeiro	62
Figura 4.27 - Resultados do teste de fecho progressivo de válvulas realizado no subsistema do Ribeiro no dia 2 de Julho de 2014	63
Figura 4.28 - Roturas identificadas no subsistema do Ribeiro	64
Figura 4.29 - Total de água entrada no subsistema do Ribeiro em 2013 e 2014.....	64
Figura 4.30 - Total de água faturada no subsistema do Ribeiro em 2013 e 2014	65
Figura 4.31 - Água não faturada no subsistema do Ribeiro em 2013 e 2014.....	65
Figura 4.32 - Água entrada e Caudal mínimo Noturno do subsistema do Ribeiro.....	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1-Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade estatal.....	5
Tabela 2.2 - Modelos de Gestão utilizados em sistemas de titularidade municipal ou intermunicipal.....	6
Tabela 4.1 - Volumes de água entrada em 2013 e 2014 no subsistema do Alto de Miranda...	59
Tabela 4.2 - Volumes de água entrada em 2013 e 2014 no subsistema do Ribeiro	67

SIMBOLOGIA

AA13 – Perdas reais de água

B – Bombeamento

C – Cisterna

D – Deteção

IIEP (Op29) – Índice infraestrutural de Perdas

L – Localização

Lm – Comprimento da rede de distribuição (km);

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

Nc – Número de ramais;

Ø – Diâmetro

P – Pressão média de operação (kPa).

P – Pressão média do período de 24 horas

P – Medidor de Pressão

Q médio – Caudal médio

Q mínimo – Caudal mínimo

Qn – Caudal nominal

R – Reparação

R – Reservatório de montante

un – Unidade

V. anual – Volume anual

ACRÓNIMOS E SIGLAS

AC – Aço

AC – Autoridade da Concorrência

AdP – Águas de Portugal, SA

AES – Água Entrada no Sistema

AF – Água Faturada

ANF – Água Não Faturada

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

APDA – Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas

CAP – Controlo Ativo de Perdas

CESUR – Centro de Sistemas Urbanos e Regionais

CMNI – Caudal Mínimo Noturno Inerente

CMMC – Câmara Municipal do Miranda do Corvo

CN – Consumo Noturno

DGC – Direção Geral do Consumidor

DN – Diâmetro Nominal

EE – Estação Elevatória

EG – Entidade Gestora

EM – Empresa Municipal

EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, SA

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

ETA – Estação de Tratamento de Água

FC – Fibrocimento

FCP – Fator de Correção de Pressão

FF – Ferro Fundido

FFD – Ferro Fundido Dúctil

FG – Ferro Galvanizado

FP – Fator de Pesquisa

INAG – Instituto da Água

INSAAR – Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais

IPD – Índice de Perdas na Distribuição

IST – Instituto Superior Técnico

IWA – *International Water Association*

LE – Linha de Energia

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MAMAOT – Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território

MC – Medidor de Consumo

NC – (Material) Não Conhecido

NT – Nível do Terreno

PC – Ponto(s) Crítico(s) da rede

PDD – (Função) *Pressure Dependent Demand*

PE – Ponto de Entrega da água na rede de distribuição

PEAASAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PI – Perdas Inerentes

PN – Perdas Noturnas

PPP – Parceria Público-Privada

PR – Perdas Reais

PRM – Perdas Reais Mínimas

PVC – Policloreto de Vinilo

RASARP – Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal

RP – Rede Pública de abastecimento de água

SA – Sociedade Anónima

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SAS – Serviços de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

SIG (*GIS*) – Sistema de Informação Geográfica (*Geographic Information System*)

SMAS – Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento

SWOT – *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*

SZMC – Subzona(s) de Medição e Controlo

UV – Ultra Violeta

VRP – Válvula(s) Redutora(s) de Pressão

WG – *WaterGEMS* (programa informático)

ZMC – Zona(s) de Medição e Controlo

1 Introdução

1.1 Enquadramento

A água é uma substância mineral indispensável à vida no planeta Terra. É fundamental devido ao facto de ser um recurso natural único, escasso e essencial à vida de todos os seres vivos. As primeiras formas de vida surgiram nos oceanos há cerca de 4 milhões de anos. A água passou a ser utilizada pelos seres vivos como recurso, seja para o próprio consumo ou fonte de alimentos, o que levou a um maior desenvolvimento de cidades nas margens de rios e oceanos.

Embora este recurso exista em grande quantidade no nosso planeta, cerca de 97% está nos oceanos e é água salgada. Dos 3% de água doce, cerca de 2% está concentrada em regiões polares, no estado sólido, e menos de 0,1% está na atmosfera sob a forma de vapor. A restante parte, próxima de 1%, é água doce no estado líquido, e a maior parte encontra-se no subsolo a elevadas profundidades, pelo que dificulta o acesso, e apenas 0,01% se encontra disponível em rios superficiais e lagos.

Durante o desenvolvimento da humanidade, o uso de água foi crescendo paralelamente, pelo que era considerado que era um recurso inesgotável. Somente nas últimas décadas a humanidade caiu na realidade, e começou a reconhecer que os recursos naturais estão a tornar-se escassos, sendo que é necessário geri-los de forma racional e sustentável.

Tendo em conta essa necessidade, é essencial intervir imediatamente, fazendo uma melhor gestão da água nos sistemas de abastecimento e evitar desperdícios como na figura 1.1.

Segundo uma nota da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos à imprensa, a 2 de Novembro de 2013, a água não faturada nos sistemas de abastecimento corresponde a 167 milhões de Euros anuais, e que, em média, 35% da água captada, tratada e distribuída pelos sistemas de abastecimento não é faturada, cenário que é absolutamente insustentável.



Figura 1.1-Torneira de água a verter (CM,2013)

Em resultado de uma simples comparação entre água comprada e água faturada o município de Miranda do Corvo concluiu que o seu sistema de abastecimento de água (SAA) apresentava um nível elevado de água não faturada, que se traduzia em significativos encargos financeiros, possivelmente devido à existência de perdas reais e aparentes ao longo do sistema. Criou-se, assim, nesta Entidade Gestora (EG), a necessidade de fazer algo no sentido de minimizar este problema, reduzindo os encargos financeiros e os impactes ambientais dele decorrentes.

Para fazer face a este problema, surgiu a oportunidade de desenvolver este estágio para, no seu desenrolar, tentar diagnosticar a razão de ser da água não faturada e implementar medidas para o seu combate.

1.2 Estrutura do Relatório

O presente relatório, referente ao estágio no município de Miranda do Corvo, é subordinado ao tema do controlo de perdas de água. Descreve um sistema de abastecimento de água, destacando o abastecimento em “baixa”, que é da responsabilidade do município em questão, bem como as diversas metodologias e técnicas de combate a perdas reais, das quais foram utilizadas as disponíveis.

No Capítulo 1 evidencia-se uma introdução que refere a importância da água para o consumo humano e como o seu uso racional é essencial, discriminando também a necessidade de combater as perdas reais dos sistemas de abastecimento de água.

O Capítulo 2 refere o panorama do abastecimento de água em Portugal, descrevendo brevemente a caracterização geral de um sistema de abastecimento desde a captação da água até à casa do consumidor. É dado um destaque a pontos a favor do setor, bem como os principais problemas, os seus modelos de gestão, o armazenamento, transporte e distribuição de água.

O capítulo 3 é dedicado a perdas de água, nomeadamente os diferentes tipos de perdas aparentes, bem como perdas reais em condutas, ramais e reservatórios. Apresenta-se o estudo do balanço hídrico e alguns indicadores de desempenho. Além disso, este capítulo refere várias metodologias e equipamentos usados no combate às perdas de água.

O capítulo 4 contém um breve resumo do sistema de abastecimento de água ao concelho de Miranda do Corvo, concentrando-se essencialmente nos subsistemas do Alto de Miranda e do Ribeiro. São referidos os métodos de controlo utilizados, bem como a análise do estado atual destes subsistemas relativamente ao ano anterior, destacando a sua economia e sustentabilidade.

2 Panorama do abastecimento de água em Portugal

2.1 - Introdução

Os serviços de abastecimento público de água aos consumidores domésticos e às atividades económicas, bem como de saneamento de águas residuais urbanas, são ambos estruturais no desenvolvimento das sociedades modernas.

Estes serviços partilham algumas características comuns – são essenciais ao bem-estar dos utilizadores, à saúde pública, às atividades económicas e à proteção do meio ambiente. Por esta razão, um conjunto de princípios deve ser aplicado à sua provisão, nomeadamente a universalidade, continuidade e qualidade do serviço, eficiência e equidade de preços.

A garantia do cumprimento destes princípios é a principal missão da ERSAR, como entidade reguladora destes serviços.

Os mecanismos regulatórios têm por objetivo atuar como substitutos dos típicos incentivos de mercado, reduzindo o poder dos monopólios e protegendo os interesses dos utilizadores dos serviços. Estes objetivos são conseguidos através de procedimentos de supervisão da qualidade de serviço e dos preços cobrados, e através de esquemas de *benchmarking* (“*yardstick competition*” ou “*sunshine regulation*”), encorajando, deste modo, as entidades a melhorarem a sua performance na provisão dos serviços, independentemente de a sua propriedade ser pública ou privada. (MARQUES,2011)

Na última década, os serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, em Portugal, demonstraram uma notável evolução, acompanhada por uma permanente busca de um modelo de regulação mais adequado, que assegurasse o cumprimento dos objetivos nacionais para estes serviços.

2.2 - Caracterização Geral de um Sistema de Abastecimento

Um sistema de abastecimento é o conjunto de equipamentos e instalações responsáveis pela captação, tratamento, transporte, armazenamento e distribuição de água potável para que possa ser assegurado o abastecimento de água às populações (Figura 2.1).

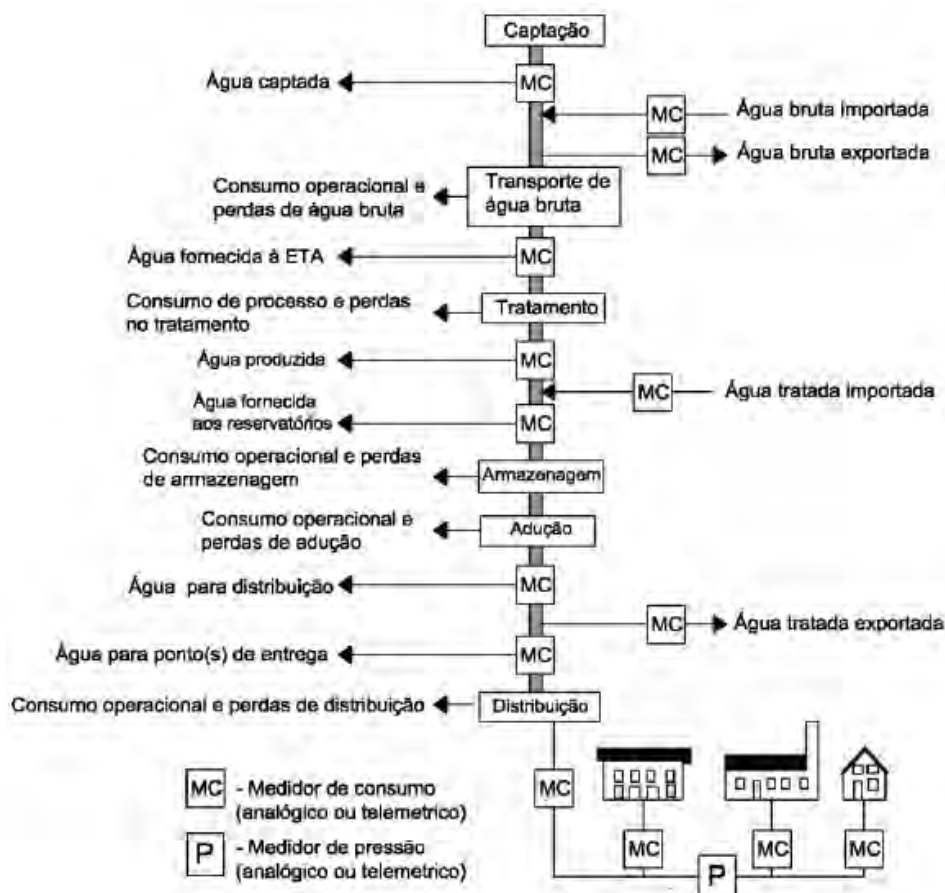


Figura 2.1-Processo de abastecimento de água

Dele faz

parte:

- Captação – instalação onde a água é retirada da sua origem natural.
- Posto de Cloragem (PC) e/ou Estação de Tratamento de Água (ETA) – instalações onde a água é tratada de modo a tornar-se potável.
- Reservatório – instalação onde a água é armazenada.
- Estação Elevatória (EE) - instalação onde a água é bombeada (ou elevada) para zonas situadas a altitudes superiores.
- Conduta adutora – tubagem que transporta a água desde a captação até à rede de distribuição, ligando os vários equipamentos e instalações.
- Rede de distribuição – condutas, em regra instaladas na via pública, que transportam a água desde os reservatórios de distribuição até aos ramais de ligação, os quais asseguram o abastecimento de água às habitações.

No âmbito do abastecimento de água, os sistemas são divididos em duas categorias distintas, sistemas em “alta” e em “baixa” (nos casos em que ambas as componentes são geridas pela mesma entidade recebem a designação de sistemas verticalizados).

São considerados sistemas em “alta” os componentes responsáveis pela captação, pelo tratamento, adução e pontualmente de armazenamento da água em reservatórios de entrega. Os sistemas em “baixa” integram as componentes relacionadas com a distribuição de água à população, os respetivos ramais de ligação e os reservatórios não incluídos nos sistemas em “alta”.

Os serviços de abastecimento público de água foram durante muitos anos geridos exclusivamente pela Administração Local, estando vedados a empresas privadas. Em 1993, com a entrada em vigor do Decreto-lei nº 372/93 de 29 de Outubro, a gestão e exploração destes sistemas passou a ser possível “diretamente pelo Estado ou atribuída, em regime de concessão, a uma entidade pública de natureza empresarial ou a empresa resultante da associação de empresas públicas em posição obrigatoriamente maioritária no capital social com outras entidades”.

2.3 - Modelos de gestão

O setor de serviços de águas é bastante complexo. Este é constituído pelas atividades de abastecimento de água às populações urbanas e rurais e às atividades associadas, como serviços, comércio e pequenas indústrias inseridas na malha urbana. Abrange também a drenagem e tratamento de águas residuais urbanas. O setor de serviços de resíduos compreende as atividades de recolha, tratamento e destino final dos resíduos urbanos.

Estes serviços são prestados por cerca de quinhentas entidades gestoras, podendo ser de titularidade estatal ou municipal, como podemos verificar na tabela 2.1 e tabela 2.2 (ERSAR, 2011).

Tabela 2.1-Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade estatal

Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade estatal	
Modelo	Entidade Gestora
Gestão direta	Estado (não existe atualmente qualquer caso)
Delegação	Empresa pública (existe apenas o caso da EPAL)
Concessão	Entidade concessionária multimunicipal

Tabela 2.2 - Modelos de Gestão utilizados em sistemas de titularidade municipal ou intermunicipal

Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade municipal ou intermunicipal	
Modelo	Entidade Gestora
Gestão direta	Serviços municipais
	Serviços municipalizados
	Associação de municípios
Delegação	Empresa municipal, intermunicipal ou metropolitana constituída nos termos da lei comercial
	Entidades empresariais locais (municipais, intermunicipais ou metropolitanas)
	Junta de freguesia e associação de utilizadores
Concessão	Entidade concessionária municipal

Para que o abastecimento de água às populações e suas atividades económicas possa ser realizado existem vários tipos de agentes, nomeadamente: municípios, empresas municipais e intermunicipais, empresas públicas ou privadas concessionárias e empresas privadas prestadoras de serviços.

A exploração e gestão dos sistemas multimunicipais pode ser efetuada diretamente pelo Estado ou concessionada a entidade pública de natureza empresarial ou a empresa que resulte da associação de entidades públicas, em posição obrigatoriamente maioritária no capital social, com entidades privadas.

No que concerne aos sistemas municipais, o Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto prevê a possibilidade da gestão dos serviços de abastecimento de água serem facultados pelo sector privado. Assim, os modelos de gestão podem integrar um dos seguintes regimes: prestação direta dos serviços (através de serviços municipais ou municipalizados); delegação do serviço em empresa constituída em parceria com o Estado; delegação do serviço em empresa do sector empresarial local ou concessão do serviço.

2.4 - Componente em “alta”

A componente em “alta” de um SAA engloba todas as etapas desde a captação e transporte da água bruta, o seu tratamento até ao fornecimento da água tratada à componente em “baixa”, para futura distribuição aos consumidores (Figura 2.2). Assim, esta componente é constituída pelos pontos de captação de água, pelas Estações de Tratamento de Água (ETA), pelas Estações Elevatórias (EE) e pelas condutas adutoras.

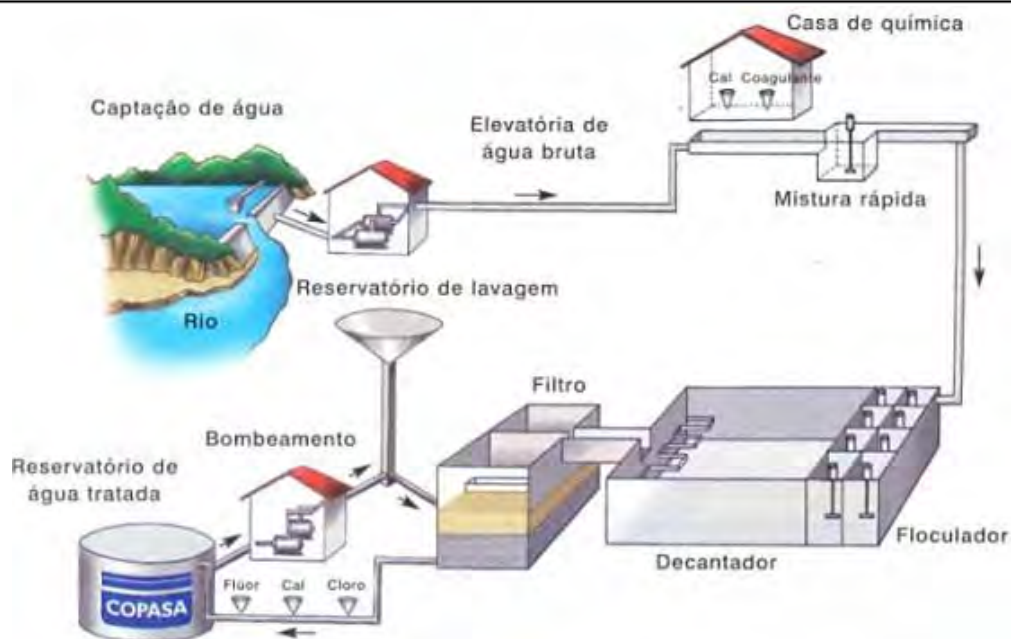


Figura 2.2- Sistema em "alta"

No caso de Miranda do Corvo, a componente em “alta” não é da responsabilidade do município, pois a água necessária para o abastecimento é fornecida pela empresa Águas do Mondego, S.A. em condições próprias para consumo, isto é, já devidamente tratada na sua ETA. A água comprada é armazenada nos reservatórios do município de Miranda do Corvo, onde posteriormente, e consoante as necessidades, é fornecida aos consumidores (componente em “baixa”).

2.5 - Componente em “baixa”

A componente em “baixa” de um SAA encontra-se a jusante da componente em “alta” e pode ser definida desde que a água tratada é fornecida da componente em “alta” através da adutora principal até ao momento em que esta é fornecida aos consumidores finais através da rede de distribuição. Esta componente é assim constituída pelos reservatórios de distribuição, pelas condutas adutoras gravíticas ou elevatórias e respetivas EE (caso existam), pela rede de distribuição e, por fim, pelos ramais de entrega domiciliários (Figura 2.3).

O fornecimento da água vinda da componente em “alta” pode ser feito de duas formas. A primeira consiste no fornecimento direto através de pontos de entrega (PE) específicos da adutora principal na rede de distribuição. A segunda consiste no abastecimento dos reservatórios de distribuição através de pontos de entrega da adutora nestes elementos. No caso de Miranda do Corvo, ambas as formas são utilizadas, tirando o máximo proveito da topografia local e da rede de distribuição implantada.

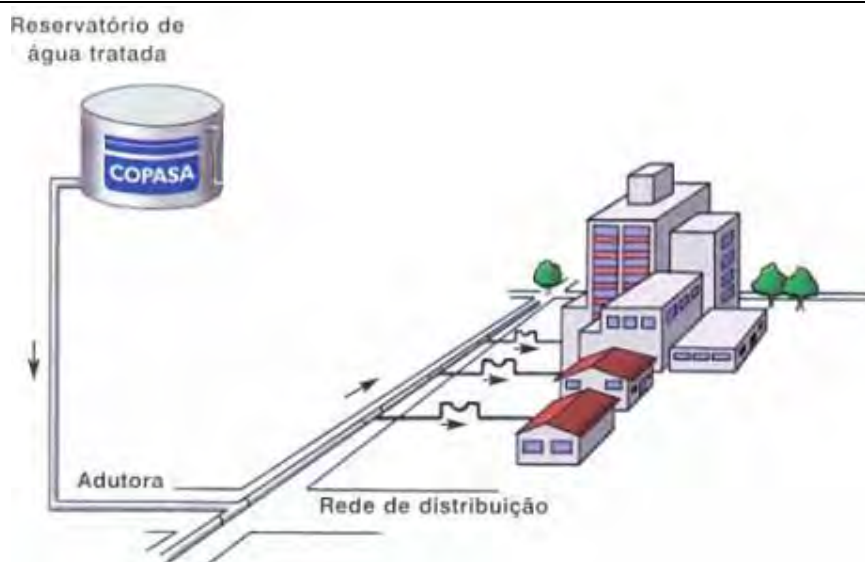


Figura 2.3-Sistema em "baixa"

Uma nota para o facto de, devido à topografia irregular do terreno, alguns SAA terem de contemplar EE para vencer certos desníveis topográficos. Esta situação não é muito habitual nem desejável, visto que as despesas globais das EE são muito elevadas (custos de projeto e conceção, exploração e manutenção da EE e dos seus equipamentos) e podem ser ultrapassadas beneficiando da elevação da água da componente em “alta” para o abastecimento por gravidade às populações. Assim, após um estudo aprofundado da topografia do terreno e das pressões exigidas, a adoção de sistemas de adução e distribuição do tipo gravítico permite um abastecimento *low cost* sem comprometer a fiabilidade do processo.

Segundo o Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto, para garantir um serviço adequado aos utilizadores dos serviços de abastecimento de água, as pressões na rede de distribuição estão limitadas a um intervalo compreendido entre um mínimo e um máximo, bem como a velocidade do escoamento tem de ser acautelada de modo a não ocorrerem velocidades elevadas e a minimizar zonas de baixa velocidade. Quer recorrendo a um SAA do tipo gravítico, quer recorrendo a EE para elevar a água e vencer desníveis, estas especificações têm de ser devidamente prevenidas.

Uma vez que este relatório de estágio incide sobre as perdas reais de água no SAA de Miranda do Corvo, e este apenas contempla a componente em “baixa” do sistema, pormenoriza-se de seguida esta componente, analisando o armazenamento da água tratada, bem como o seu transporte e distribuição à população.

2.5.1 - Armazenamento da água tratada

O armazenamento de água é uma solução de ordem hidráulica que resulta da impossibilidade económica do dimensionamento de condutas suficientemente grandes de forma a garantir o fornecimento em qualquer momento.

Os reservatórios de distribuição estão instalados a jusante da adutora principal e imediatamente a montante da rede de distribuição de água, onde é feito o armazenamento da água, para ser mais tarde distribuída pelos consumidores. As funções destes reservatórios são:

- Servir de volante de regularização, regularizando os caudais aduzidos e os caudais cedidos à rede de distribuição, havendo armazenamento quando os primeiros são superiores aos segundos e assim o armazenamento fazer face à situação contrária, servindo de volante de regularização, compensando as flutuações de consumo face à adução;
- Assegurar uma reserva de água garantindo o abastecimento em situações de carácter extraordinário, como a ocorrência de avarias no sistema de alimentação ou incêndios, em que se torna necessário haver uma capacidade suplementar para fazer face a estas emergências;
- Equilibrar as pressões na rede de distribuição;
- Regularizar o funcionamento das bombagens.

Relativamente à sua localização, os reservatórios devem situar-se o mais próximo possível do centro de gravidade dos locais de consumo, a uma cota que garanta as pressões mínimas exigidas em toda a rede. Quanto à sua implantação, podem ser enterrados, semienterrados, apoiados ou elevados, tal como se representa na Figura 2.4 (Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto).

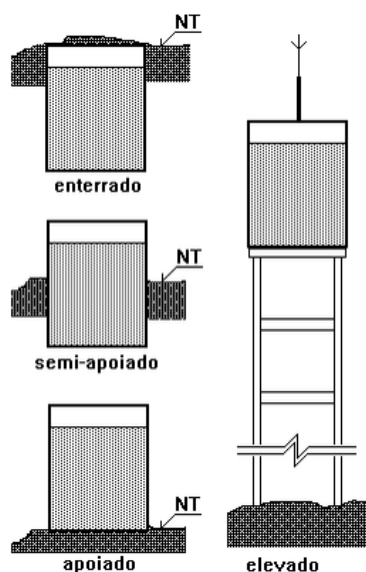


Figura 2.4- Reservatórios quanto à sua implantação (apontamentos da disciplina de saneamento UFCG,2011)

2.5.2 - Transporte e Distribuição de água

A rede de distribuição de água é um sistema de tubagens e elementos acessórios instalados na via pública, em terrenos da entidade distribuidora ou em outros sob concessão especial, cuja utilização interessa ao serviço público de abastecimento de água potável.

Ramal domiciliário é uma tubagem que assegura o abastecimento predial de água, desde a rede geral pública até ao limite da propriedade a servir.

A rede de distribuição alimenta, por meio de ramais domiciliários, os diversos edifícios ou instalações a servir.

O transporte e distribuição de água aos consumidores são realizados pela rede de distribuição, constituída pelo conjunto de condutas, ramais domiciliários e elementos especiais, que asseguram o transporte e a distribuição da água desde o(s) reservatório(s) de distribuição até aos utilizadores, em quantidade e pressão adequada.

As condutas realizam o transporte de água sob pressão entre um ou mais pontos de alimentação e os diversos pontos de consumo, podendo apresentar diferentes materiais constituintes e seções.

Os elementos especiais são diversos dispositivos que permitem condicionar o escoamento nas condutas, seja por aumento ou diminuição de pressão, seja por regulação do caudal, nomeadamente, reservatórios, estações elevatórias, válvulas redutoras de pressão, válvulas de retenção e válvulas de secionamento.

O estudo de sistemas de distribuição de água é legalmente enquadrado pelo Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR) - Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto de 1995. Este regulamento indica, no seu Art.21º, que os valores de pressão máxima e mínima para as condutas de distribuição são, respetivamente, 600 kPa e 100 kPa. Refere ainda não ser aceitável grande flutuação de pressões em cada nó do sistema, impondo uma variação máxima de 300 kPa ao longo do dia.

“A pressão de serviço em qualquer dispositivo de utilização predial para o caudal de ponta não deve ser, em regra, inferior a 100 kPa, o que, na rede pública e ao nível do arruamento, corresponde aproximadamente a $H=100+40n$, onde H é a pressão mínima (kPa) e n o número de pisos acima do solo, incluindo o piso térreo...” - art. 21º.

“As pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre os 50 kPa e 600 kPa, sendo recomendável, por questões de conforto e durabilidade dos materiais, que se mantenha entre 150 kPa e 300 kPa.”- art. 87º.

A pressão máxima na rede de distribuição, salvo raras exceções, é referente às condições quase estáticas que se fazem sentir durante a noite (ocorrência de caudais escoados muito diminutos), isto é, quando o consumo doméstico e industrial é reduzido, elevando-se portanto a pressão na rede. Esta é calculada através da diferença entre o nível da superfície livre da água no reservatório de distribuição e o nível do terreno onde se pretende avaliar a pressão (ou altura piezométrica), descontadas todas as perdas de carga localizadas e contínuas existentes (que serão reduzidas).

Contrariamente à pressão máxima, a pressão mínima refere-se aos períodos de maior consumo para os quais são dimensionadas as condutas da rede, isto é, para o caudal de ponta horário, considerando que o reservatório de distribuição está no seu nível mínimo (cota da soleira do reservatório). A pressão mínima necessária na rede de distribuição deve ser determinada tendo em conta uma análise económica contemplando os diâmetros das condutas, a energia consumida na elevação no interior dos prédios, a topografia do terreno, etc.

Nos casos de edifícios com elevado número de pisos elevados, é corrente serem providos de cisternas ou reservatórios para o abastecimento interno. Existem dois grandes tipos de cisternas: cisternas com bombeamento direto da rede pública e cisternas com bombeamento privado (Figura 2.5).

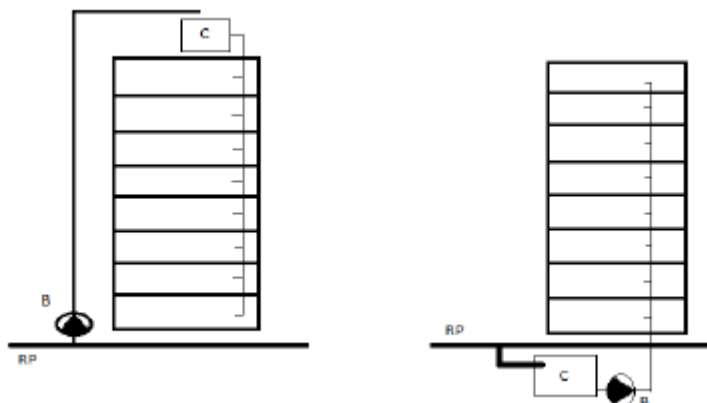


Figura 2.5- Esquema de cisterna (C) com bombeamento (B) direto da rede pública (RP) (esquerda) e de cisterna com bombeamento privado (direita)

Em ambos os casos, a rede pública, no ponto de saída de caudal para o abastecimento do edifício, tem de garantir apenas o valor de pressão mínima regulamentar (100 kPa). Contudo, o esquema da esquerda não é tanto usual devido aos problemas que o bombeamento a cargo da EG acarreta, daí que geralmente o esquema da direita seja o mais usual. O caudal saído da rede pública abastece uma cisterna, normalmente na cave do edifício, e desta é elevado (por bombeamento privado) o caudal necessário para fazer face aos respetivos consumos.

Mas, se os edifícios da Figura 2.5 fossem desprovidos da cisterna/reservatório, a respetiva conduta da rede pública teria de garantir os valores de pressão mínima regulamentar, segundo a equação 1, para garantir o abastecimento em boas condições em todos os pisos do edifício a qualquer momento do dia.

Relativamente aos materiais das condutas adutoras e distribuidoras das infraestruturas de abastecimento de água, destacam-se:

- Polietileno de alta densidade (PEAD);
- Policloreto de vinilo (PVC);
- Ferro fundido (FF);
- Ferro fundido dúctil (FFD);
- Aço (AC);
- Fibrocimento (FC);
- Ferro galvanizado (FG).

De entre estes materiais listados, atualmente encontra-se uniformizada a utilização maioritária do PVC, do PEAD e do FFD, visto estes serem os mais vantajosos do ponto de vista custo-benefício.

2.6 - Principais problemas do setor

Segundo a Comissão do Ambiente, Ordenamento do Território e Poder Local, ao longo do tempo, foram destacados alguns inconvenientes no setor de abastecimento de água, problemas esses que caso sejam resolvidos iram constituir oportunidades da melhoria deste serviço. Sendo que os principais são:

a) Ausência de dimensão de escala

A abundância e pulverização de entidades gestoras, quer em “alta”, quer em “baixa”, criam um panorama caracterizado pela insuficiente dimensão dos sistemas e pelo desperdício de potenciais economias de escala, gama e processo. Tais fatores traduzem um desperdício significativo de recursos e de ganhos de eficiência.

b) Disparidade tarifária litoral /interior

Existe uma grande discrepância entre os valores das tarifas praticadas no litoral em relação ao interior, causando um problema de coesão territorial e de justiça social.

Essa diferença traduz-se não só nos custos dos serviços bem como na diferença das opções tarifária entre entidades gestoras.

A imposição de uma cobertura integral de custos implicará por si grandes diferenças tarifárias, uma vez que os custos de prestação de serviços de água são significativamente maiores no interior do país em relação ao litoral. Traduz-se assim num custo de serviço agravado pela extensão territorial e pelas características geomorfológicas, quer pela muito menor densidade populacional.

Esta disparidade afeta essencialmente os sistemas do interior e, assim, aumentando ainda mais os custos relativos de viver e trabalhar no interior do país, afetando não só as populações, mas, também, as empresas que registam níveis de rendimento e capacidade económica historicamente mais baixos.

c) A ausência de recuperação integral dos custos pelas tarifas

Grande parte das entidades gestoras, em particular as entidades municipais, responsáveis por redes em “baixa”, não recuperam através das tarifas a totalidade dos custos incididos na prestação dos serviços.

A não recuperação integral dos custos obriga à subsidiação dos serviços pelos contribuintes, induzindo irracionalidade no sistema. Por outro lado, a recuperação integral de custos através das tarifas é uma orientação da Diretiva-Quadro da Água.

Num cenário mais atual, a baixa dos orçamentos de Estado e municipais, traduziu nas entidades gestoras uma procura de sustentabilidade dos sistemas. No entanto, as reduções das

transferências do Orçamento de Estado e a imposição da diminuição do seu endividamento contribuíram para que essas entidades não pagassem as tarifas da “alta”.

Outra preocupação é, de facto, a indisponibilidade de fundos para aplicar na manutenção e renovação de redes mais antiga. A ausência de manutenção e renovação, a curto prazo, aumenta as perdas de água e desperdícios, e, a longo prazo, aumenta os custos de reparação e a necessidade de outros investimentos de raiz.

d) Ineficiências e perdas na operação dos sistemas

São frequentemente diagnosticadas situações de ineficiência e perdas nos sistemas de abastecimento de água referentes a: sobredimensionamento de redes, desarticulação entre sistemas em “alta” e em “baixa”, elevados níveis de perdas de água em vários sistemas e desaproveitamento dos potenciais ganhos com eficiência energética.

Em particular no que se refere ao controlo de perdas, a situação tem evoluído positivamente. De acordo com os dados estimados pela DECO, derivado de denúncias relativamente ao desperdício de água nos últimos 2 anos, existem cerca de 25 por cento de perdas de água nos sistemas de abastecimento público, havendo municípios onde estes valores triplicam.

e) Problemas de natureza ambiental

Abundância no desajuste das infraestruturas às exigências legais, uma vez que não cumprem a legislação ambiental em vigor, devido à falta de investimentos em infraestruturas e problemas na exploração das existentes. Além disso existe a necessidade de adaptar as infraestruturas construídas às exigências futuras.

2.7 - Desafios do setor

Tendo em conta o Diagnóstico da situação atual, o PENSAAR 2020, destaca os seguintes constrangimentos mais importantes, que devem ser resolvidos através da estratégia setorial para 2014-20:

- a) O desconhecimento das infraestruturas de AA e de SAR por parte de um grande número de EG, nomeadamente para a distribuição de água e drenagem de águas residuais (sistemas «em baixa»);
- b) O grau de utilização de algumas infraestruturas, a adesão dos utilizadores ao serviço «em baixa» e a ligação dos sistemas municipais aos multimunicipais, com valores abaixo do que seria desejável;
- c) O ritmo de reabilitação dos ativos, claramente insuficiente e estimado em cerca de 50% do recomendado pelas boas práticas, com riscos para a qualidade dos ativos e repercussões negativas no desempenho do setor, nomeadamente nas perdas físicas de água distribuída e nas afluências indevidas às redes de coletores de SAR através de infiltrações;

- d) A existência de volumes de água não faturada ainda bastante elevados;
- e) O desconhecimento dos gastos na prestação dos serviços de AA e de SAR por parte de um grande número de EG, sobretudo nos sistemas «em baixa»;
- f) A recuperação de gastos aquém de níveis que garantam a sustentabilidade económica e financeira das EG e do setor em geral;
- g) As tarifas atualmente praticadas são suficientemente baixas para permitir uma acessibilidade económica da quase totalidade dos utilizadores ao serviço, mas com repercussões negativas na sustentabilidade económico-financeira de algumas EG e existindo grandes assimetrias;
- h) Os problemas atuais de disponibilidade de recursos financeiros, nomeadamente o acesso ao endividamento das EG.

O diagnóstico, bem como o balanço do PEAASAR II, foram feitos a partir de dados obtidos pela ERSAR, nomeadamente no RASARP 2012 que reporta os dados auditados relativos ao ano de 2011 e complementados por dados fornecidos pela APA e pela AdP. A informação está disponibilizada por EG e foi agregada por região, tipologia da área de intervenção, modelo de gestão e dimensão da EG (PENSAR 2020,2014).

3 Perdas em sistemas de abastecimento de água

3.1 - Introdução

Mais de um terço da água distribuída em Portugal não é faturada, correspondendo a uma perda anual de 160 milhões de euros, revela a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).

O tema “Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água” não é recente, no entanto, tem cada vez mais uma importância acrescida na sociedade em que vivemos.

Segundo o presidente da ERSAR, os valores de água não faturada aceitáveis internacionalmente rondam os 15% do total distribuído. Em Portugal, regista-se mais do dobro. Mas apesar da média nacional, as perdas não são homogêneas geograficamente.

Os casos mais graves em termos de água não faturada podem atingir cerca de 70% e surgem nas áreas rurais, com especial relevância para a região Norte, enquanto os casos de melhor desempenho podem atingir menos de 10% e localizam-se nas áreas urbanas da região Centro e Lisboa, tal como podemos observar na Figura 3.2.

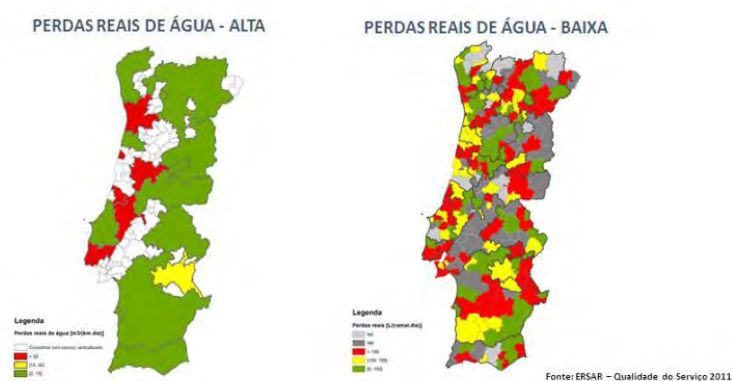


Figura 3.1-Perdas Reais de água em "alta" e em "baixa" (ERSAR,2011)

Se a média nacional de água não faturada se situa nos 35%, "há operadores com valores perfeitamente aceitáveis, na ordem dos 10%, ou eventualmente menos, mas no outro extremo estão operadores que chegam aos 70 ou 80%, o que é não aceitável", alertou Jaime Melo Baptista, Presidente do Conselho Diretivo da ERSAR.

Para Melo Baptista, esta situação “mostra bem a necessidade de se investir no aumento de eficiência e na manutenção dos sistemas, na redução de avarias e, conseqüentemente, de perdas”. Segundo este responsável, o sistema de distribuição de água tem cerca de 50 ruturas por cada 100 quilómetros, levando a desperdícios de um quarto do total captado. Ou seja, dos cerca de 850 milhões de metros cúbicos de água captada, tratada, transportada, armazenada e distribuída, cerca de 300 milhões não chegam sequer a ser vendidos aos utilizadores.

Melo Baptista salientou que os problemas devem ser analisados de forma integrada, pois “a questão das perdas é um dos vários aspetos da ineficiência e a sua resolução passa por

monitorizar a situação, o que já se faz, mas é preciso acompanhar as razões que levam às perdas físicas, através da avaliação das ruturas que existem no sistema”.

3.2 - Balanço Hídrico

Para que seja possível definir estratégias de controlo de perdas, é necessário primeiro conhecer a dimensão do problema de perdas. Para tal, é recorrente o uso do Balanço Hídrico padrão da IWA. Através da constituição do Balanço Hídrico é possível avaliar os seus diferentes componentes, avaliar as suas implicações financeiras, avaliar os indicadores de desempenho e identificar componentes críticos.

Para o preenchimento do quadro do balanço hídrico, presente na Figura 3.2, 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 defasamentos 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.

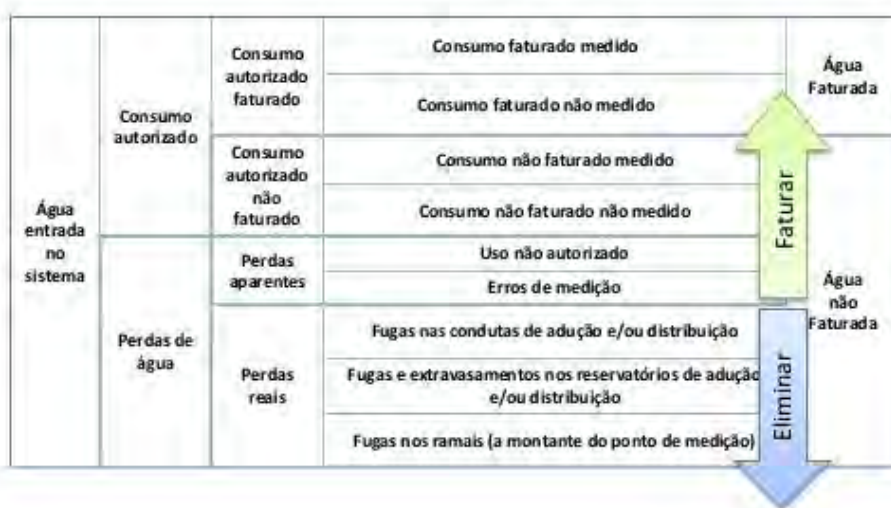


Figura 3.2 - Balanço Hídrico (ISA, 2012)

Água captada: volume anual de água obtida a partir de captações de água bruta para entrada em estações de tratamento de água (ou diretamente em sistemas de adução e de distribuição).

Água bruta, importada ou exportada: volume anual de água bruta transferido de ou para outros sistemas de adução e distribuição (as transferências podem ocorrer em qualquer ponto entre a captação e a estação de tratamento).

Água fornecida ao tratamento: volume anual de água bruta que aflui às instalações de tratamento.

Água produzida: volume anual de água tratada que é fornecida às condutas de adução ou diretamente ao sistema de distribuição (o volume anual de água sem tratamento prévio que é distribuído aos consumidores também deve ser contabilizado como água produzida).

Água tratada, importada ou exportada: volume anual de água tratada transferido de ou para o sistema (o volume anual de água sem tratamento prévio que é distribuído aos consumidores também deve ser contabilizado como água tratada).

Água fornecida à adução: volume anual de água tratada que aflui ao sistema de adução.

Água fornecida para distribuição: volume anual de água tratada que aflui ao sistema de distribuição.

Água fornecida para distribuição direta: volume de água correspondente à diferença entre a água fornecida para distribuição e a água tratada exportada (sempre que não seja possível separar a adução da distribuição, a água fornecida para distribuição direta corresponde à diferença entre a água fornecida à adução e a água tratada exportada).

Água entrada no sistema: volume anual introduzido na parte do sistema de abastecimento de água que é objeto do cálculo do balanço hídrico.

Consumo autorizado: volume anual de água, medido ou não medido, faturado ou não, fornecido a consumidores registados, a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo para usos domésticos, comerciais ou industriais e à própria EG (inclui a água exportada).

Nota: O consumo autorizado pode incluir água para combate a incêndio, lavagem de condutas e coletores, lavagem de ruas, rega de espaços verdes municipais, alimentação de fontes e fontanários, proteção contra congelação, fornecimento de água para obras, etc..

O consumo autorizado inclui as fugas e o desperdício, por parte de clientes registados, que não são medidos.

Perdas de água: volume de água correspondente à diferença entre a *água entrada no sistema* e o *consumo autorizado*. As *perdas de água* podem ser calculadas para todo o sistema ou para subsistemas, como sejam a rede de água não tratada, o sistema de adução, o sistema de distribuição ou zonas do sistema de distribuição. Em cada caso as componentes do cálculo devem ser consideradas em conformidade com a situação. As *perdas de água* dividem-se em *perdas reais* e *perdas aparentes*.

Perdas reais: volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado. O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos depende da frequência, do caudal e da duração média de cada fuga.

Perdas aparentes: esta parcela das perdas contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito). As perdas físicas a jusante do contador do cliente podem contribuir significativamente para o aumento das *perdas aparentes*.

Água não faturada: volume de água correspondente à diferença entre os totais anuais da *água entrada no sistema* e do *consumo autorizado faturado*. A *água não faturada* inclui não só as *perdas reais* e as *perdas aparentes*, mas também o *consumo autorizado não faturado*.

3.2.1 - Indicadores de desempenho

3.2.1.1 - Ineficiência de utilização dos recursos hídricos

WR1 – Ineficiência de utilização dos recursos hídricos (%): Perdas reais durante o período de referência / água entrada no sistema durante o período de referência x 100

$$Wr1 = \frac{A19}{A3} \times 100$$

A3 - Água entrada no sistema (m^3);

A19 - Perdas reais (m^3).

Não se recomenda a utilização deste indicador para avaliar a eficiência da gestão dos sistemas de adução e distribuição.

3.2.1.2 - Perdas de água por ramal

Op23 – Perdas de água por ramal (m^3 /ramal/ano): (Perdas de água durante o período de referência x 365 / duração do período de referência) / número de ramais

$$Op23 = \frac{A15 \times 365}{C24 \cdot H1}$$

A15 - Perdas de água (m^3);

C24 - Número de ramais (n.º);

H1 - Duração do período de referência (dia).

3.2.1.3 - Perdas de água por comprimento de conduta

Op24 - Perdas de água por comprimento de conduta (m^3 /km/dia): (Perdas de água durante o período de referência / duração do período de referência) / comprimento de condutas

$$Op24 = \frac{A15}{\frac{H1}{C8}}$$

A15 - Perdas de água (m^3);

C8 - Comprimento de condutas (km);

H1 - Duração do período de referência (dia).

3.2.1.4 - Perdas aparentes

Op25 – Perdas aparentes (%): Perdas aparentes / (água entrada no sistema – água exportada), durante o período de referência x 100

$$Op25 = \frac{A18}{A3 - A5 - A7} \times 100$$

A3 - Água entrada no sistema (m^3);

A5 - Água bruta exportada (m^3);

A7 - Água tratada exportada (m^3);

A18 - Perdas aparentes (m^3).

3.2.1.5 - Perdas aparentes por volume de água entrada no sistema

Op26 - Perdas aparentes por volume de água entrada no sistema (%): Perdas aparentes / água entrada no sistema, durante o período de referência x 100

$$Op26 = \frac{A18}{A3} \times 100$$

A3 - Água entrada no sistema (m^3);

A18 - Perdas aparentes (m^3);

3.2.1.6 - Perdas reais por ramal

Op27 - Perdas reais por ramal (l/ramal/dia com sistema em pressão):

Perdas reais durante o período de referência x 1000 / (número de ramais x número de horas em que o sistema está em pressão durante o período de referência / 24)

$$Op27 = \frac{A19 \times 1000}{\frac{C24 \times H2}{24}}$$

A19 - Perdas reais (m^3);

C24 - Número de ramais (n.º);

H2 - Tempo de pressurização do sistema (horas).

3.2.1.7 - Perdas reais por comprimento de conduta

Op28 - Perdas reais por comprimento de conduta (l/km /dia com sistema em pressão): Perdas reais durante o período de referência x 1000 / (comprimento de condutas x número de horas em que o sistema está em pressão durante o período de referência / 24)

$$Op28 = \frac{A19 \times 1000}{\frac{C8 \times H2}{24}}$$

A19 - Perdas reais (m^3);

C8 - Comprimento de condutas (km);

H2 - Tempo de pressurização do sistema (horas);

Nota: Deve ser utilizado apenas o indicador Op27 ou o Op28, em alternativa. O Op28 aplica-se se a densidade de ramais for inferior a 20/km de rede (por exemplo, no caso de sistemas de produção e adução).

3.2.1.8 - Perdas Reais Mínimas

As perdas reais mínimas, entendidas como o valor mínimo tecnicamente atingível, correspondem à melhor estimativa das chamadas Perdas Reais Mínimas, PRM:

$$PRM \left(\frac{\text{Litros}}{\text{Ramal}} \right) = \left(\frac{18 \times Lm}{Nc} + 0,025 \times Lp \right) \times \frac{P}{10}$$

Esta equação é baseada em resultados de observações em casos de estudo internacionais

Lm - Comprimento da rede – C8 (km);

Nc - Número de ramais – C24 (nº);

Lp - Comprimento médio dos ramais – C25 (m);

P - Pressão média de operação – D34 (kPa).

3.2.1.9- Índice infraestrutural de fugas

Op29 - Índice infraestrutural de fugas: Perdas reais (Op27) / perdas reais mínimas (quando o sistema está em pressão)

$$Op29 = \frac{Op27}{\left(\frac{18 \times C8}{C24} + 0,8 + 0,025 \times C25\right) \times \frac{D34}{10}}$$

C8 - Comprimento de condutas (km);

C24 - Número de ramais (n.º);

C25 - Comprimento médio dos ramais (m);

D34 - Pressão média de operação (kPa).

Em geral, sistemas com boa manutenção tendem a apresentar valores deste índice próximos de 1.0, enquanto sistemas com deficiente manutenção apresentarão valores mais elevados.

3.2.1.9 - Água não faturada em termos de volume

Fi46 – Água não faturada em termos de volume (%): Água não faturada / água entrada no sistema x 100, durante o período de referência

$$Fi46 = \frac{A21}{A3} \times 100$$

A3 - Água entrada no sistema (m^3);

A21 - Água não faturada (m^3).

3.2.1.10 - Água não faturada em termos de custo

Fi47 – Água não faturada em termos de custo (%): Valor dos componentes de água sem proveito / custos correntes anuais x 100, durante o período de referência

$$Fi47 = \frac{(A13 + A18) \times G57 + A19 \times G58}{G5} \times 100$$

A13 - Consumo autorizado não faturado (m^3);

A18 – Perdas aparentes (m^3);

A19 - Perdas reais (m^3);

G57 - Tarifa média para consumidores diretos ($€/m^3$);

G58 - Custo unitário assumido das perdas reais ($€/m^3$);

G5 - Custos correntes (€).

3.3 - 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.

3.3.1 - Erros de medição

3.3.1.1 - Erros de medição em condições normais

Os erros de incrementação de leituras dos contadores constituem perdas de rigor no controlo de volumes de água. É natural que os equipamentos possam perder o rigor da medição, na sequência do desgaste das peças móveis do equipamento ao longo do tempo. De uma forma simplista, o erro é o resultado da diferença entre o volume que é indicado pelo contador e o valor real - 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 real é lido num recipiente de volume padrão, ou obtido por processos de pesagem da água.

Ao quociente entre o erro absoluto e o valor real dá-se o nome de erro relativo – Figura 3.3.

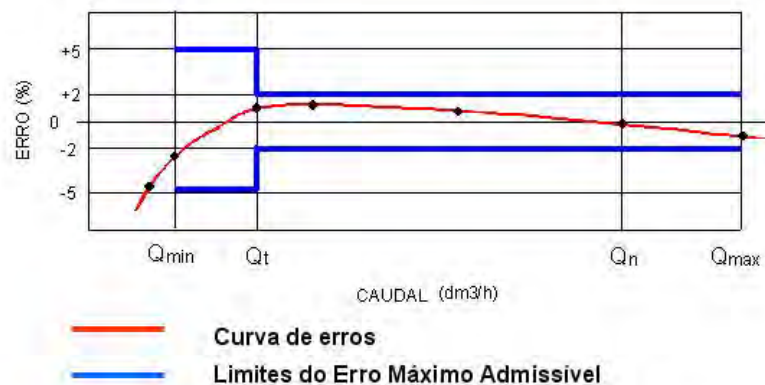


Figura 3.3 - Curva de erros característica de um contador volumétrico Q_n 1,5 m³/h (DN15mm), Classe C (JANZ, 2013)

3.3.1.2 - 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 ser os mais apropriados 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, com atenção à inclinação, caso contrário poderá provocar a perda de precisão no processo de contagem (Figura 3.4).

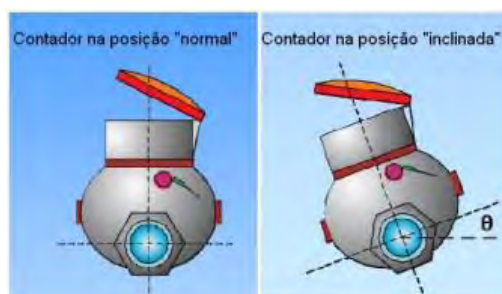


Figura 3.4 - Inclinação do contador (Arregui et al., 2005)

3.3.1.3 - 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) para efetuar o registo das leituras dos contadores é uma prática corrente. Os leitores que executam a leitura dos contadores, e conseqüente registo, podem cometer erros de leitura ou registo. Além disso, também quem trata os dados poderá estar sujeito a cometer erros.

3.3.1.4 - Leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores

Atualmente nem todos os contadores estão acessíveis no exterior da habitação, existem casos de contadores no interior da habitação, outros em divisões do condomínio, etc., dificultando a leitura dos contadores (Figura 3.5). Na ausência de dados sobre o consumo daquele contador, é necessário o recurso a estimativa com base em consumos padrão para efeitos de faturação. Neste caso, o recurso a sistemas de telemedição domiciliária é um campo importante a ser explorado (Temido *et al.*, 2012).



Figura 3.5 - Contador em Miranda do Corvo inacessível (fechado a cadeado)

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.

3.3.1.5 - Erros de medição por avaria

Por vezes, devido à ausência de manutenção, os contadores encravam, deixando de medir o volume de água que passa (Figura 3.6). Por outro lado, a prática de adulteração de contadores não é situação invulgar, principalmente na atual situação económica do país.

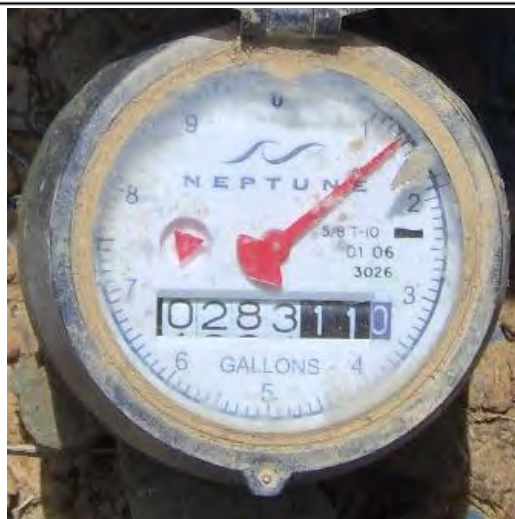


Figura 3.6 - Contador avariado por temperaturas negativas (CITY OF RIPLEY, 2013)

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

Para que estas situações possam ser combatidas, os leitores devem estar devidamente alarmados e fazer as leituras dos contadores mensalmente, e, em caso de avaria, reportar assim que possível de forma a resolver a situação.

3.3.2 - Usos não autorizados

3.3.2.1 - By-pass e ligações diretas

As ligações clandestinas (Figura 3.7), ligações diretas ou mesmo ligações a bocas-de-incêndio são também uma causa de perdas aparentes, pela falta de controlo no consumo que representam.



Figura 3.7 - Ligação direta (Divulgação, 2012)

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 detetadas pela entidade gestora no âmbito de inspeções ao mesmo;”.

3.3.2.2 - Utilização indevida de água dos hidrantes

O recurso aos hidrantes (Figura 3.8), 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 3.8 - Hidrante de coluna simples corpo e tampas em ferro fundido dúctil NBR 6916 classe 42012 (Saint Gobain, 2011)

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 deteção de fraudes.” (Alegre *et al.*, 2005).

3.4 - Perdas reais

De toda a água que é introduzida no sistema de abastecimento, aquela que não chega às instalações dos clientes pode ser definida como perdas reais, também chamadas de perdas físicas. Estas perdas são consequentes de roturas/fugas em condutas, ramais e de fissuras ou extravasamentos em reservatórios – Figura 3.9 (Gonçalves *et al.*, 2007).



Figura 3.9 - Rotura em conduta (All Pro Plumbing PDX,2010)

3.4.1 - Fatores que influenciam as perdas de água reais

As perdas de água reais dependem de um conjunto de fatores locais que são determinantes em termos dos resultados que poderão vir a ser obtidos pela aplicação de estratégias alternativas para controlo das perdas de água reais. Estes fatores deverão ser claramente caracterizados. A sua identificação é determinante para a escolha dos indicadores de desempenho técnico. Segue-se uma lista de possíveis fatores que influenciam as perdas reais (Guia Técnico, ERSAR):

- O estado das condutas e outros componentes, o seu material, a frequência de fugas e de roturas;
- A pressão de serviço média, quando 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
- Vibrações provocadas pelo tráfego viário;
- Uso de mão-de-obra não especializada;
- Má execução da implantação das condutas;
- Ausência de manutenção periódica;
- Condições climatéricas adversas (p. ex. temperaturas negativas).

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

De um modo geral, as roturas podem ser classificadas como Perdas de base (inerentes), Roturas reportadas (visíveis) e Roturas não reportadas (não visíveis), tal como demonstra a Figura 3.10.



Figura 3.10 - Diferentes tipos de rotura por localização (pwpts HU)

3.4.2 - Perdas reais em condutas

As perdas de água em condutas e acessórios podem ter varias causas, como a falta de estanquidade nas juntas e uniões, nas válvulas e nos hidrantes e fissuração da tubagem. A falta de estanquidade dos constituintes da rede pode ter como origem a má qualidade dos materiais, a má colocação em obra, a longa idade dos materiais e também a pressão muito elevada no sistema potencia esta situação, originando vários tipos de fugas em condutas (Figura 3.11)

A camada granular que envolve a tubagem também pode ser fulcral para a ocorrência de roturas, fissuras e orifícios, pelo que deve ser devidamente escolhida. Esta camada pode conter pequenas rochas de arestas vivas que, quando comprimidas contra a tubagem, originarão o corte do material.

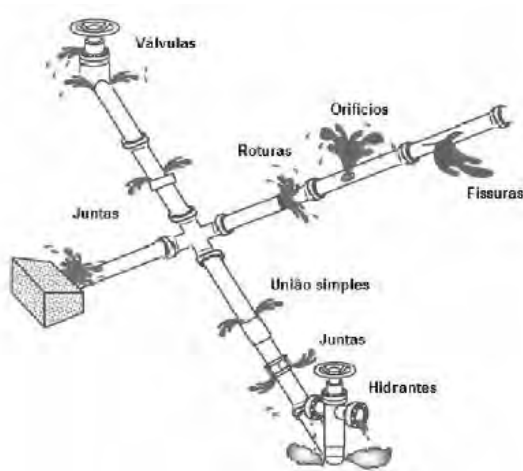


Figura 3.11 - Tipos de fugas em condutas

3.4.3 - Perdas reais em ramais

Nos ramais de ligação, as perdas reais de água encontram-se na tubagem e nos acessórios de ligação da conduta, nomeadamente nos joelhos e nos tês. Os acessórios por regra podem apresentar falta de estanquidade ou mesmo problemas de fissuração. Estes acessórios são, em geral, mais fracos, apresentando problemas com o passar dos anos. Outros elementos que também apresentam tendência a fugas são as válvulas junto ao contador, podendo também originar problemas de estanquidade. Na imagem 3.12 podemos observar vários tipos de fugas em ramais.

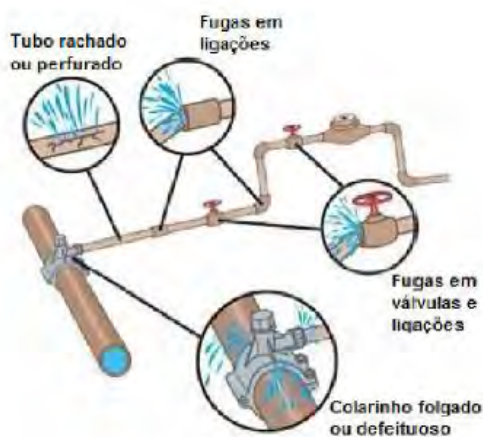


Figura 3.12 - Diferentes tipos de fugas em ramais

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.

3.4.4 - Perdas reais em reservatórios

3.4.4.1 - 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 3.13 e 3.14, 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 3.13 - Fissuração em Reservatório Alporcinhos (Sotecnisol, 2014)



Figura 3.14 - Restauro do reservatório fissurado de S. Pedro (Vimagua, 2014)

A fissuração tem como consequência a perda de estanquidade, permitindo assim a passagem de água e agravando a fissuração 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 superfícies, 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.

3.4.4.2 - 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 3.15).

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 EG.



Figura 3.15 - Extravasamento do reservatório do Carapinhal Velho (Miranda do Corvo, 2014)

3.5 - Medidas de combate às perdas de água

3.5.1 - Introdução

Os sistemas de abastecimento de água são constituídos por infraestruturas de produção e distribuição de um bem económico de elevado valor - a água para o consumo humano.

Do ponto de vista da gestão, deve ser procurado um elevado grau de eficiência e eficácia. Inicialmente é necessário definir os objetivos de qualidade de serviço a atingir e, posteriormente, adotar continuamente medidas conducentes à minimização do consumo dos recursos naturais, financeiros, técnicos e humanos disponíveis para atingir esses mesmos objetivos. Para que seja possível é cada vez mais importante recorrer a ações de controlo de perdas de água, procurando atingir uma melhoria de eficiência global, através da adaptação de infraestruturas existentes, dos recursos disponíveis e geri-los de forma racional, com eficácia e sustentabilidade.

3.5.2 - Atualização do cadastro

Com o progressivo aumento de níveis de cobertura da população portuguesa, desenvolveu-se a necessidade de expandir a rede de abastecimento de água em todo o País. No entanto, as tecnologias presentes na atualidade são díspares em relação a toda a fase do seu desenvolvimento, pelo que a transformação de dados adquiridos nem sempre foram registados digitalmente. Essa falta de informação poderá conduzir a dificuldades a respeito do conhecimento do sistema na atualidade. No entanto, não é impossível de contornar ou ajustar à realidade.

Com base numa perspetiva de melhoria continua, é sem dúvida necessário adquirir em primeiro lugar o cadastro da rede de distribuição de água devidamente atualizado e caracterizado com material e diâmetro das condutas/ramais, só assim fará sentido prosseguir para medidas de controlo de perdas de água.

3.5.3 - Setorização das redes – Zonas de Medição e Controle

A medição zonada é uma técnica de controlo de caudais, e de apoio ao controlo de perdas, que envolve a divisão criteriosa da rede de distribuição num conjunto de zonas discretas, de contornos fixos e rigorosamente identificados, cujas entradas e saídas de água são controladas, em campanhas temporárias periódicas ou permanentes de medição de caudais, de forma a obter-se informação detalhada sobre o balanço de caudais e o comportamento dos consumos. Designam-se tais subdivisões da rede por Zonas de Medição e Controle, ou abreviadamente ZMC. A Figura 3.16 exemplifica um sistema de medição zonada. (alegre *et al.*, 2010)

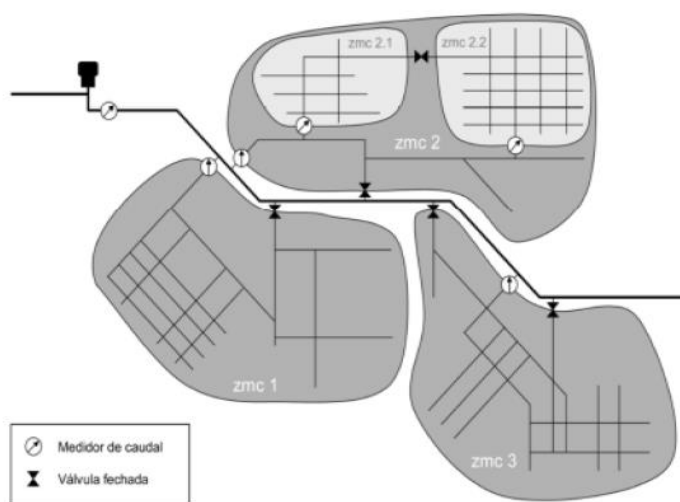


Figura 3.16 - Exemplo de Zonas de Medição e Controlo

Uma ZMC está totalmente condicionada por condicionalismos locais. A topografia da rede, a densidade populacional e a densidade de ramais determinam a sua dimensão. Além disso, condicionam também o número de pontos de entrada de caudal, embora por razões de economia e simplicidade de operação se procure uma disposição de válvulas que permita reduzir este número ao mínimo possível.

Esta metodologia foi evoluindo ao longo das duas últimas décadas, em simultâneo com a evolução da tecnologia, pelo que se tornou frequente o uso de simuladores hidráulicos e uma progressão nos objetivos orientados para a otimização da eficiência operacional, face à ideia inicial de minimização simples de perdas (Farley e Martin, 1994).

3.5.3.1 - Primeira fase da gestão de ZMC

Numa fase inicial, o trabalho preliminar visa definir as técnicas de monitorização a utilizar, sendo as principais opções a medição de caudais totais e a medição de caudais noturnos. O método dos caudais totais é baseado no cálculo do balanço hídrico dentro de cada zona de medição, utilizando volumes de caudal medidos durante um intervalo de tempo, e subtraindo dos caudais entrados todos os caudais saídos conhecidos. Este método é importante para ZMC permanentes, permitindo acompanhar a evolução ao longo do tempo e estabelecer comparações

entre ZMC. No método dos caudais noturnos utilizam-se apenas medições durante as horas noturnas de menor consumo, uma vez que o consumo é reduzido, facilmente é possível detetar qualquer alteração, permitindo atuar rapidamente no caso de uma nova fuga. Para recorrer a qualquer um dos métodos é necessário reunir a informação básica a compilar, incluindo informação cadastral, a utilização do registo dos consumidores, de ocorrência de roturas e da sua reparação. Além disso, devem ser analisadas as metodologias para análise das ZMC e dos padrões típicos de consumo, deve-se obter o nível-base de perdas e finalmente gerir de forma correta os recursos humanos envolvidos na gestão de um esquema de medição zonada (Figura 3.17).

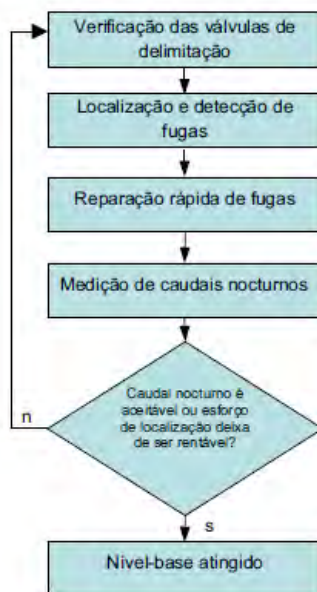


Figura 3.17 - Procura do nível base de perdas (Alegre et al, 2010)

3.5.3.2 - Segunda fase da gestão de ZMC

A segunda fase de gestão de uma ZMC é essencialmente a operação de rotina. A operação de rotina inclui tarefas da exploração e manutenção das ZMC, destacando-se a monitorização de rotina, a organização de recursos, a interpretação dos resultados e a manutenção propriamente dita.

3.5.3.2.1 Monitorização de rotina

Posteriormente aos resultados de níveis-base e níveis económicos de perdas, a monitorização de rotina é crucial para uma boa gestão de controlo de perdas de água. A monitorização de rotina nas ZMC permite visualizar quaisquer alterações ao regime de caudais noturnos, fornecendo informação necessária para a ocorrência de níveis de perdas inaceitáveis.

A monitorização de rotina num sistema de medição zonada pode efetuar-se por leitura direta (manual), ou de modo automático, tanto em armazenamento local dos dados em *datalogger*, seja por transmissão a uma central via um sistema de telemetria.

- **Leitura manual do medidor** – A leitura manual do medidor como monitorização de rotina foi a técnica que melhores resultados atingiu antes da evolução dos meios de registo eletrónicos. No entanto, esse tipo de leitura não é prático relativamente ao armazenamento em *dataloggers* ou em central através de um sistema de telemetria. A leitura manual do medidor requer a disponibilidade do inspetor no local do medidor, por vezes durante algumas horas (em caso de teste de fecho de válvulas).
- **Utilização de *dataloggers*** – A utilização de *dataloggers* (Figura 3.18) pode fazer-se de vários modos no sentido de otimizar a quantidade e qualidade dos dados obtidos, tanto em leitura temporária como contínua. O uso de *dataloggers* durante uma campanha de vários dias permite obter informações que conseguem distinguir um real aumento de perdas de uma variação localizada na procura. Caso os recursos o permitam, a monitorização contínua com *dataloggers* fornece uma caracterização mais exaustiva dos comportamentos de caudais. A monitorização contínua com *dataloggers* fornece idealmente o registo contínuo dos caudais, com as vantagens que daí advêm, mas não permite como a telemetria uma reação rápida aos eventos uma vez que há sempre diferimento temporal no processamento da informação. Deste ponto de vista, o método anteriormente referido de leitura direta complementada por campanhas intensivas de monitorização automática permite melhores resultados, com um investimento nitidamente menor.

Existem dois tipos de *dataloggers*, são eles:

- Aqueles que permitem uma ligação direta ao *datalogger* (e por vezes mesmo ao medidor), ou fazem parte do próprio *datalogger*, fornecendo imediatamente uma série de valores e estatísticas predefinidas;

- Os computadores portáteis ou *palmtops*, com ligações dedicadas aos *dataloggers*, permitindo toda a gama de análise de dados e programação disponível.

Em ambos os casos existe a possibilidade de programação automatizada do *datalogger*, em que o papel do inspetor é reduzido quase unicamente ao ligar e desligar das duas máquinas e eventual mudança ou recarregamento das baterias.



Figura 3.18 - Datalogger portátil HWM (HWM-Water Ltd, 2014)

- **Telemetria** - A telemetria é o sistema mais sofisticado para recolha de dados de uma rede de medidores e transmissão a uma estação central (Figura 3.19). Embora seja uma tecnologia mais dispendiosa, é a mais eficiente.

Com o desenvolvimento da tecnologia, surgiram soluções para configurar alternativas financeiramente mais acessíveis, para o caso da medição zonada, são as soluções de telemetria sem fios, via GSM.

A gestão do sistema de abastecimento e distribuição de água é beneficiada através dos sistemas de telemetria em:

- Facilidade de acionar mecanismos de alarme e de informação imediata, com a inerente rapidez de resposta e maior poupança de água;
- O processo de recolha é automatizado, necessitando de pouca manutenção e poucos gastos com pessoal de campo;
- A informação é manuseada e processada com mais facilidade, permitindo a redução de gastos de pessoal técnico;
- A qualidade e quantidade da informação recolhida é elevada, permitindo tomadas de decisão mais fundamentadas e um melhor controlo, especialmente no combate às perdas.



Figura 3.19 - Sistema de telemetria municipal da empresa alfacom de estações de água e esgoto (Brasil, 2012)

Atualmente as potenciais economias serão, todavia, na maior parte dos casos de medição zonada, suficientes para contrabalançar o custo de instalação e operação de equipamento desse tipo, pois neste momento, já se encontram a preços mais acessíveis. Entre os custos de operação contam-se não só os gastos de energia e uma manutenção mais especializada, mas principalmente o custo das comunicações via GSM/GPRS, quando não existir uma instalação de cabos ou fibra ótica exclusiva para o efeito.

Numa opinião geral de inspetores, a utilização correta de *dataloggers*, especialmente em combinação com leituras diretas, pode fornecer uma eficiência muito aproximada da telemetria para efeitos de recolha da informação relevante.

3.5.4 - Localização de fugas

De um modo geral, não é possível quantificar com rigor as fugas existentes, podendo variar entre 10 e 50% da água total distribuída. O que é certo, é que existem vários métodos e equipamentos que nos ajudam a localizar aproximadamente essas fugas ou até mesmo a localizar o local exato.

Através da localização aproximada, é possível inspecionar indícios de fugas num determinado troço de rede, delimitado por válvulas de secionamento.

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

3.5.4.1 - Localização aproximada

3.5.4.1.1 Fecho progressivo de válvulas

O fecho progressivo de válvulas (Figura 3.20), tal como o nome indica consiste no fecho progressivo de válvulas de secionamento, caminhando no sentido de um medidor de caudal existente e posteriormente a abertura das mesmas, pela mesma ordem no sentido inverso.

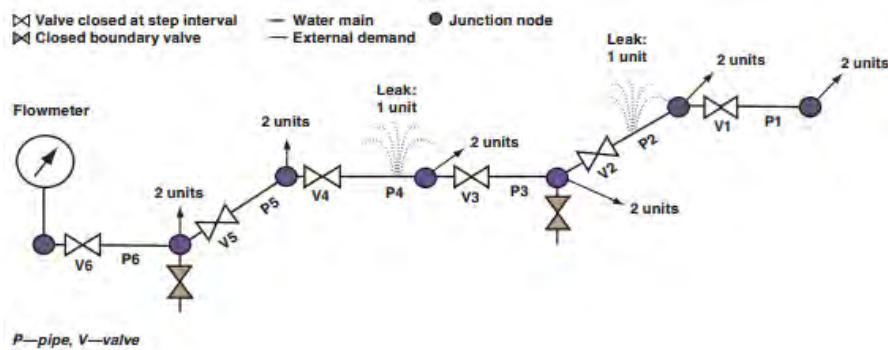


Figura 3.20 - Exemplo de teste de fecho progressivo de válvulas (AWWA, 2011)

À medida que as válvulas são fechadas, o valor registado pelo caudalímetro tem tendência a manter ou diminuir, e com base nos valores registados obtém-se resultados com padrões como na figura 3.21 :

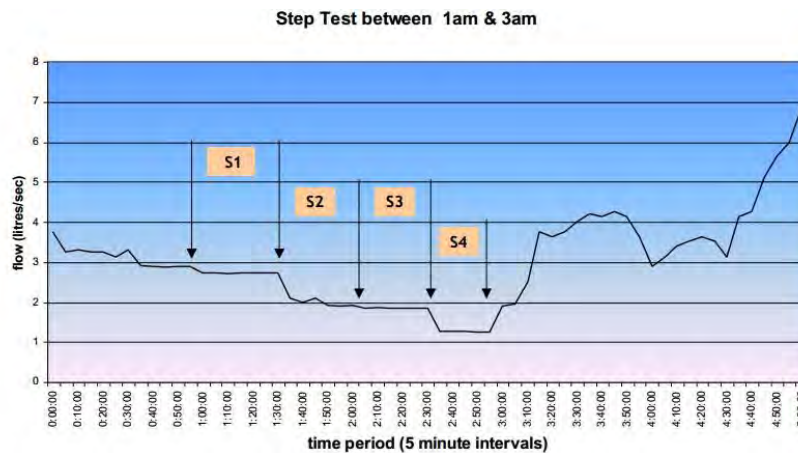


Figura 3.21 - Exemplo de resultado de um teste de fecho progressivo de válvulas (Columbia Basin Trust, 2014)

Este teste torna-se mais eficiente em horas de baixo consumo, para que seja possível tirar melhores conclusões. Os troços que registarem uma maior diferença de caudal, serão aqueles que terão maior indício de roturas, pelo que devem ser analisados rigorosamente.

3.5.4.1.2 Acelerómetros

Os acelerómetros são sistemas de aquisição de dados acústicos concebido para uso generalizado na deteção e localização de fugas nos sistemas de distribuição de água, mantendo a eficiência em grandes áreas com rápidos resultados (Figura 3.22).



Figura 3.22 - Acelerómetros primayer Phocos 2 (primayer,2013)

Normalmente registam os dados acústicos durante a noite, pois o ruído ambiente é menor e a pressão é mais elevada.

Na presença de fuga de água, os dados acústicos revelam um ruído característico que nos permite concluir o troço para a sua localização, dando uma ideia também da sua gravidade e aproximação.

3.5.4.2 - Localização exata

3.5.4.2.1 Geofone

O geofone (Figura 3.23) é um equipamento de análise 100% digital do ruído da fuga. É um sensor de alto desempenho, com indicações da intensidade do nível de ruído da fuga, sem interferência do som ambiente e com amplificadores de desempenho ergonómicos, permitindo assim um trabalho confortável e versátil, visto que inclui um tripé adaptável ao tipo de terreno (Tecnilab, 2010).

Este aparelho é normalmente utilizado sobre as condutas e ramais de água, em superfícies planas, sobre qualquer tipo de pavimento.



Figura 3.23 - Geofone Mikron da Primayer (Perta,2013)

Para facilitar a localização de fugas de água, o geofone contém um nível de ruído mínimo, ou seja, deteta o ruído característico de fugas mas ignora os ruídos ambientes tal como o tráfego rodoviário. Quanto mais perto se está da rotura maior será o ruído, sendo possível prever a aproximação da mesma ou um distanciamento. O nível de som atual, a posição de volume e a carga da bateria também são exibidos.

3.5.4.2.2 Vareta de escuta

A vareta de escuta (Figura 3.24), tal como o geofone, é um equipamento acústico para determinar a localização de roturas.



Figura 3.24 - 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). A sua eficiência traduz-

se com a justificação científica que diferentes materiais possuem diferentes características de propagação do ruído, sendo os materiais metálicos os melhores condutores das vibrações.

3.5.4.2.3 Correladores

Os correladores (Figura 3.25) 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.



Figura 3.25 - Correlador acústico Eureka digital (Perta,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.

3.5.4.2.4 Correladores multiponto

Os correladores multiponto (Figura 3.26) funcionam de forma semelhante aos correladores anteriormente referidos, divergindo no maior número de aparelhos que são utilizados, conferindo assim uma maior abrangência da área em estudo. Os correladores multiponto permitem explorar maiores dimensões de rede e conferem uma melhor aproximação do local da rotura.



Figura 3.26 - Correladores acústicos multiponto ENIGMA hyQ (perta,2012)

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.

3.5.4.2.5 Hidrofones

Os hidrofones (Figura 3.27) são instrumentos elétricos que captam vibrações sonoras transmitidas através da água ou outros líquidos, permitindo a escuta de sons em ambientes aquáticos. Os hidrofones podem ser colocados em bocas de rega, bocas-de-incêndio, marcos de incêndio e também em torneiras, caso seja necessário. Esse dispositivo transforma um tipo de energia em outra, no caso reconhece um som ou ruído de baixo da água na forma de uma frequência. O equipamento regista esse dado que é transformado em sinal para eletricidade e permite visualizar um valor.



Figura 3.27 - Colocação de um hidrofone numa boca-de-incêndio (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).

3.5.4.2.6 Smartball

A SmartBall (Figura 3.28) é uma tecnologia de detecção e localização de fugas de água inovadora, em que o aparelho é colocado nas condutas por onde se desloca. É uma bola de espuma com um núcleo de alumínio capaz de detetar e localizar fugas muito pequenas e roturas em condutas.

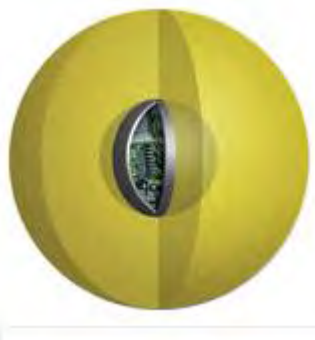


Figura 3.28 - SmartBall (Pure technologies,2013)

A SmartBall pode ser inserida e recuperada a partir de uma conduta durante a operação normal. A bola viaja na água até 12 horas, recolhendo informações sobre fugas e roturas ao longo de muitos quilómetros.

O diâmetro da SmartBall selecionada baseia-se em vários critérios, incluindo o diâmetro da conduta, localização das válvulas e do próprio desenho da rede de recuperação (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.

3.5.4.2.7 Sahara

À semelhança de todos os equipamentos já analisados, o Sahara (Figura 3.29) utiliza o ruído como forma de localização de fugas ou roturas em condutas de grande diâmetro (segundo o WRc, condutas com mais de 100mm de diâmetro).



Figura 3.29 - Sahara (WRc,2013)

O Sahara usa um sensor acústico para localizar o ruído gerado pela água em pressão que sai pela tubagem através das fugas ou roturas. Este sensor, após ser introduzido na conduta, desloca-se com a corrente devido ao pequeno para-quedas que o impulsiona. À superfície o operador transporta um recetor GPS que permite saber a posição exata do sensor no interior da conduta. Caso seja escutada uma rotura é possível conhecer a localização exata da mesma, bem como ter acesso à gravação do ruído detetado pela tecnologia à superfície (WRc, 2013).

4 Âmbito do estágio

4.1 Introdução

As perdas em sistemas de abastecimento de água são um tema que tem vindo a merecer uma cada vez maior atenção por parte das Entidades Gestoras. Sendo a água um bem essencial e um recurso escasso, o seu desperdício deve ser combatido com todos os meios ao alcance. Por outro lado, as perdas de água, ao fazerem aumentar o volume de água escoado, traduzem-se em perdas de eficiência dos sistemas (aumento dos custos operacionais) e podem, inclusivamente, conduzir à necessidade prematura de reforço da capacidade disponível (de tratamento, armazenamento, transporte e distribuição).

A Câmara Municipal de Miranda do Corvo, EG do sistema de abastecimento de água ao município de Miranda do Corvo, consciente desta problemática, decidiu dar início a um Programa de Controlo de Perdas de Água e a realização do presente relatório insere-se, precisamente, nesse projeto.

4.2 Abastecimento em “alta”

O município de Miranda do Corvo celebrou um contrato de concessão no dia trinta de Dezembro de 2004 com a concessionária Águas do Mondego, Sistema Multimunicipal de Abastecimento de água e Saneamento do Baixo Mondego-Bairrada, S.A., em que o objeto da concessão compreende:

- A conceção e construção, de todas as instalações e órgãos necessários à captação, tratamento e distribuição de água para o consumo público e à recolha, tratamento e rejeição de efluentes canalizados pelos utilizadores, incluindo a instalação de condutas e coletores, a conceção e construção de estações elevatórias, estações de tratamento de águas residuais, a respetiva reparação e renovação de acordo com as exigências técnicas e com os parâmetros sanitários exigíveis;
- A aquisição, manutenção e renovação de todos os equipamentos necessários à captação, ao tratamento e distribuição de água para o consumo público e à recolha, tratamento e rejeição de efluentes dos utilizadores;
- O controlo dos parâmetros sanitários da água distribuída e dos efluentes tratados e dos meios recetores em que os mesmos sejam descarregados.

Assim sendo, atualmente esta entidade é responsável pela captação, tratamento e transporte de água até aos reservatórios Alto de Miranda e Ribeiro, cumprindo as exigências técnicas e os parâmetros sanitários exigíveis.

4.3 Abastecimento em “baixa”

Miranda do Corvo é uma vila do Distrito de Coimbra, região Centro e sub-região do Pinhal Interior Norte, com cerca de 3 250 habitantes (Figura 4.1). É sede de um município com 126,38 km² de área e 13 098 habitantes (censos 2011), subdividido em 4 freguesias. O município é limitado pelos seguintes municípios: a nordeste por Vila Nova de Poiares, a leste pela Lousã, a sueste por Figueiró dos Vinhos, a sudoeste por Penela, a oeste por Condeixa-a-Nova e a noroeste por Coimbra. O território do concelho de Miranda do Corvo é atravessado pelos rios Ceira, Dueça ou Corvo e Alhedra. O município está dividido em quatro freguesias, sendo elas: Semide e Rio Vide, Miranda do Corvo, Lamas e Vila Nova.

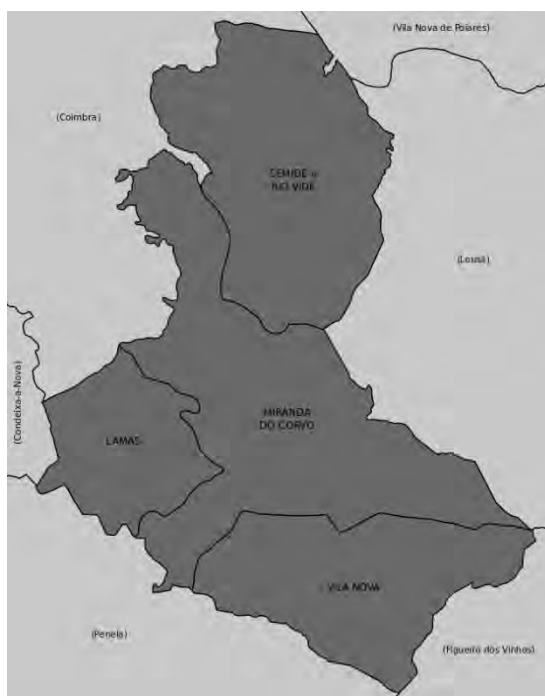


Figura 4.1 - Freguesias do concelho de Miranda do Corvo após a reorganização administrativa de 2013 (DGterritorio,2013)

O abastecimento em “baixa” é gerido pelo município de Miranda do Corvo, através da secção de águas, incluída na Unidade Orgânica de Urbanismo, Obras e Ambiente, local onde foi realizado este estágio.

O sistema de abastecimento de água fornecido em “alta” pela empresa Águas do Mondego é constituído por vários subsistemas independentes, nomeadamente: Foz do Mosteiro, Vale de Colmeias, Lata, Alto de Miranda, Ribeiro, Lamas, Cardeal e, recentemente, Souravas.

Antes do início do estágio foram analisados os registos de água comprada à entidade Águas do Mondego e os registos de faturação aos munícipes. A discrepância observada entre estes valores era bastante elevada, o que evidenciava a necessidade de implementar medidas de combate à água não faturada. Como se pode observar nos gráficos das Figuras 4.2 e 4.3 nalguns meses a

água entrada no sistema é praticamente o dobro da água faturada, aumentando a margem para consumos autorizados não faturados, perdas aparentes e perdas reais.

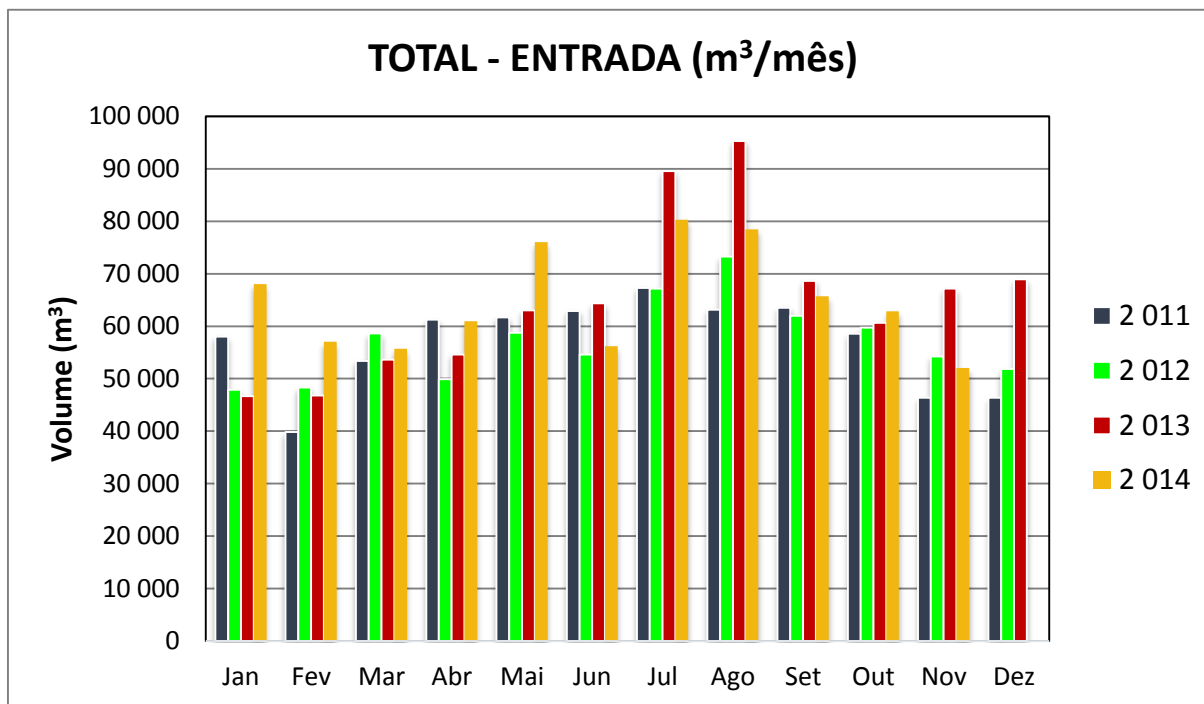


Figura 4.2 - Total de água entrada no sistema de abastecimento de 2011 até 2014

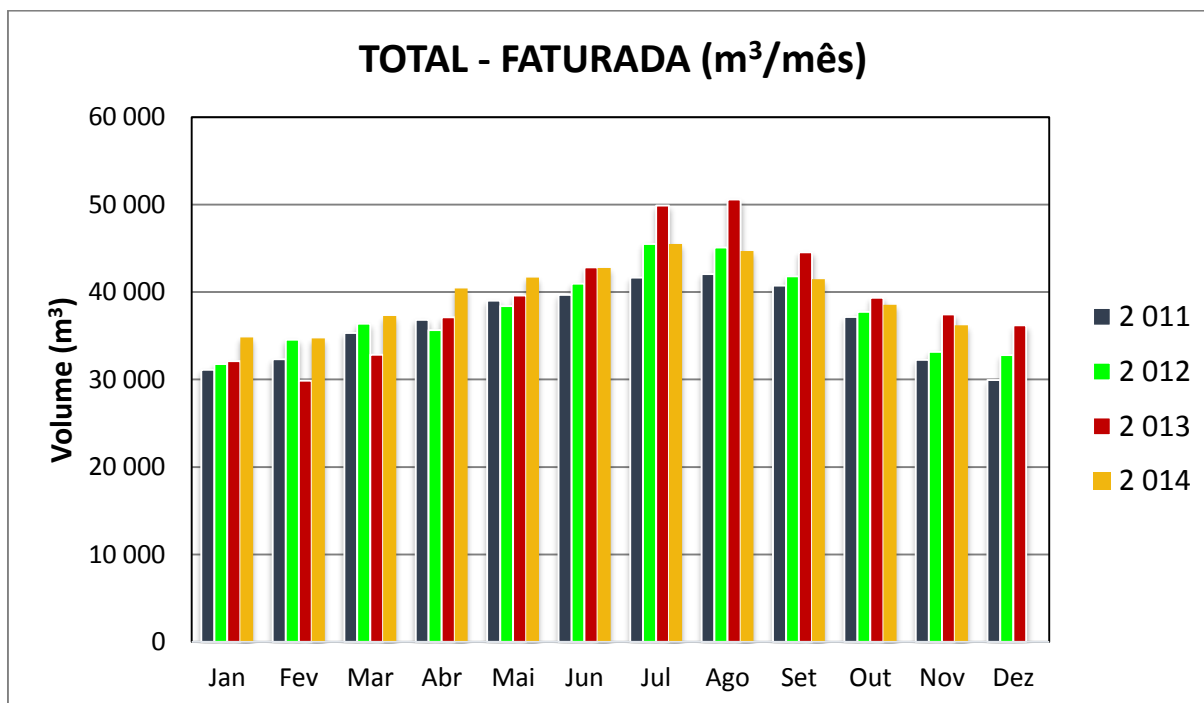


Figura 4.3 - Faturação total do sistema de abastecimento de 2011 até 2014

No presente relatório apenas vão ser analisados os subsistemas Alto de Miranda e Ribeiro, uma vez que foram aqueles que apresentaram valores mais críticos na diferença entre a água entrada nos sistemas e a água faturada, carecendo de uma maior urgência para tornar o abastecimento mais eficiente.

4.4 Atualização do Cadastro

O cadastro da rede de distribuição de água do município de Miranda do Corvo continha informações desatualizadas, pelo que foi feito um levantamento do atual estado da rede, atualizando o diâmetro das condutas, os materiais e a localização dos acessórios da rede, nomeadamente bocas-de-incêndio, válvulas de secionamento e descargas de fundo (este trabalho incidiu apenas na parte da rede abastecimento de água que faz parte do âmbito do estágio, assinalada na Figura 4.4).

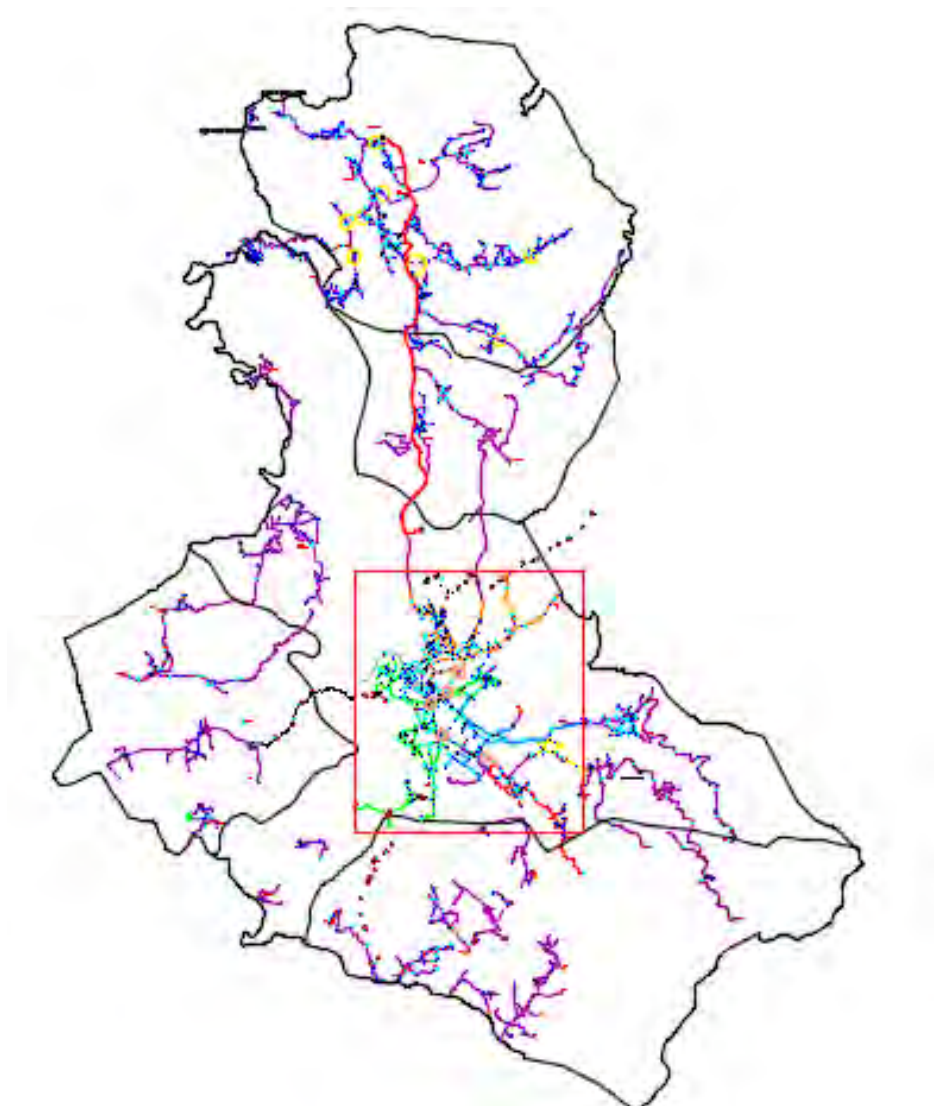


Figura 4.4 - Rede de distribuição de água do município de Miranda do Corvo

A atualização do cadastro recaiu apenas nas redes de distribuição de água dos subsistemas do Alto de Miranda, do Ribeiro e da zona industrial (Figura 4.5).



Figura 4.5 - Parte da rede de distribuição de água atualizada

Após atualizar o cadastro, prosseguiu-se com a instalação de contadores à saída dos reservatórios dos dois subsistemas que requeriam uma maior atenção por parte da EG (reservatório do Carapinhal, abastecido pelo reservatório do Alto de Miranda, e reservatório do Ribeiro).

4.5 - Custos Iniciais

Dado que foi necessário adquirir *dataloggers*, contadores e acessórios solicitou-se orçamentos a várias empresas. Optou-se pela melhor relação preço-qualidade em todos os equipamentos.

4.5.1 Dataloggers

Os *dataloggers* foram comprados à empresa ISA (Figura 4.6), que garantiu ainda a instalação dos mesmos de forma correta e adequada, sobrando apenas ao município a responsabilidade de construir a caixa de visita.

- 2 *dataloggers* iWater WTR200 (com modem GSM) com disponibilização de dados em plataforma de SW iWaterweb (acessível através de acesso web).



Figura 4.6 - Datalogger iWater WTR200 (ISA, 2014)

4.5.2 Contadores

- 2 Contadores do tipo Woltman da RESOPRE, DN 100 mm (Carapinhal), DN 80 mm (Ribeiro)- Figura 4.7



Figura 4.7 - Contador tipo Woltmann da RESOPRE (RESOPRE,2014)

4.5.3 Acessórios

Numa correta instalação de dataloggers é necessário respeitar as indicações do fabricante, bem como deixar 10 diâmetros de tubagem livre a montante e 5 a jusante do medidor para não introduzir erros significativos na medição. No mesmo contexto, foi necessário recorrer a juntas flangeadas (Figura 4.8), cones de redução (Figura 4.9) e tubos de pontas lisas (Figura 4.10) para garantir uma vedação extremamente eficaz e adaptação à tubagem existente nos subsistemas de abastecimento de água analisados.



Figura 4.8-Junta flangeada DN125/150 (aguasistemas, 2014)



Figura 4.9 - Cone de redução PN10/16/25 (Fucoli,2014)



Figura 4.10 - Tubo de pontas lisas PN 10/16/25 (Fucoli, 2014)

4.5.4 Custo Inicial Total

Tendo em conta a necessidade de aquisição de equipamentos para um controlo de perdas nos subsistemas do Alto de Miranda e do Ribeiro, procedeu-se à encomenda dos *dataloggers*, contadores e acessórios que totalizou um custo inicial próximo de 2.900 € + IVA.

4.6 Subsistema do Alto de Miranda

O subsistema Alto de Miranda (Figura 4.11) inicia-se no reservatório com o mesmo nome, que tem por objetivo armazenar a água proveniente da empresa Águas do Mondego. Daqui, a água é transportada até ao reservatório do Carapinhal (reservatório apoiado constituído por duas células em aço inoxidável), a partir do qual parte dela é novamente transportada até ao reservatório de Lameiro de Basco (reservatório semienterrado constituído por duas células em pedra emparelhada, com paredes interiores revestidas a argamassa de cimento). A partir do reservatório do Carapinhal a água é distribuída para o reservatório do Carapinhal Velho e para a população residente no Bairro Novo, Bujos, Carapinhal, Vale Simões e Vale Salgueiro. O reservatório de Lameiro de Basco serve para reduzir a pressão na parte mais baixa e abastece a população residente na parte de Miranda do Corvo situada a norte da linha férrea.



Figura 4.11 - Rede de distribuição de água do subsistema do Alto de Miranda (Carapinhal e Lameiro de Basco)

Esta rede é das mais antigas e já foi, na maior parte, reabilitada. Apresenta uma dimensão de 27 km de tubagem e abastece água a 1295 residentes.

4.6.1 Reservatórios

4.6.1.1 Reservatório do Carapinhhal

O reservatório do Carapinhhal (Figura 4.12) é o primeiro reservatório do subsistema de abastecimento do Alto de Miranda. É composto por duas células em aço inoxidável e é visível na estrada nacional N17-1 de Coimbra, pois é um reservatório apoiado.



Figura 4.12 - Reservatório do Carapinhhal

4.6.1.2 Reservatório do Carapinhhal Velho

O reservatório do Carapinhhal Velho (Figura 4.13), tal como o nome indica, localiza-se na povoação do Carapinhhal. Atualmente, este reservatório apenas é utilizado em épocas que normalmente o consumo de água aumenta, nomeadamente no Verão, ou em casos necessários de reparação da rede do subsistema. No início do estágio, este reservatório estava em serviço. Tal como a maior parte dos reservatórios, a entrada da água é controlada por uma válvula de flutuador, que, neste caso em concreto, estava avariada, levando o reservatório a extravasar. Uma vez que o consumo não justificava a sua utilização, o reservatório do Carapinhhal Velho ficou inativo. No entanto a válvula de flutuador foi trocada, para que seja possível ativar este reservatório quando necessário, garantindo um abastecimento eficiente.



Figura 4.13 - Reservatório do Carapinhhal Velho

4.6.1.3 Reservatório de Lameiro de Basco

O reservatório de Lameiro de Basco (Figura 4.14) situa-se um pouco abaixo do reservatório do Carapinhhal e serve para reduzir a pressão, pois a sua ausência conduziria a pressões excessivas na zona histórica de Miranda do Corvo. Durante a realização do estágio percebeu-se que este reservatório apresentava uma fissura numa parede lateral, tendo-se procedido à sua reparação a partir do exterior, o que conduziu à redução das perdas de água, mas não na sua totalidade. Devido à sua antiguidade, não só ao nível da estrutura como também das tubagens, atualmente este reservatório está a ser totalmente reabilitado.



Figura 4.14 - Reservatório de Lameiro de Basco

4.6.2 Métodos de controlo

4.6.2.1 Instalação de contador e *datalogger* a jusante do reservatório do Carapinhal

Depois de instalado o contador a jusante do reservatório do Carapinhal (Figura 4.15), a empresa ISA procedeu à instalação do *datalogger*. Desde então, o caudal deste subsistema está a ser monitorizado em contínuo.



Figura 4.15 - Instalação de caudalímetro a jusante do Reservatório do Carapinhal

4.6.2.2 Fecho progressivo de válvulas

No dia 2 de Julho de 2014 foi realizado um teste de fecho progressivo de válvulas.

As válvulas foram escolhidas com o propósito de isolar partes da rede e identificar os troços onde provavelmente existiriam roturas, numeradas de jusante para montante do contador.

Na Figura 4.16 estão identificadas as válvulas que foram consideradas relevantes para o caso em estudo.

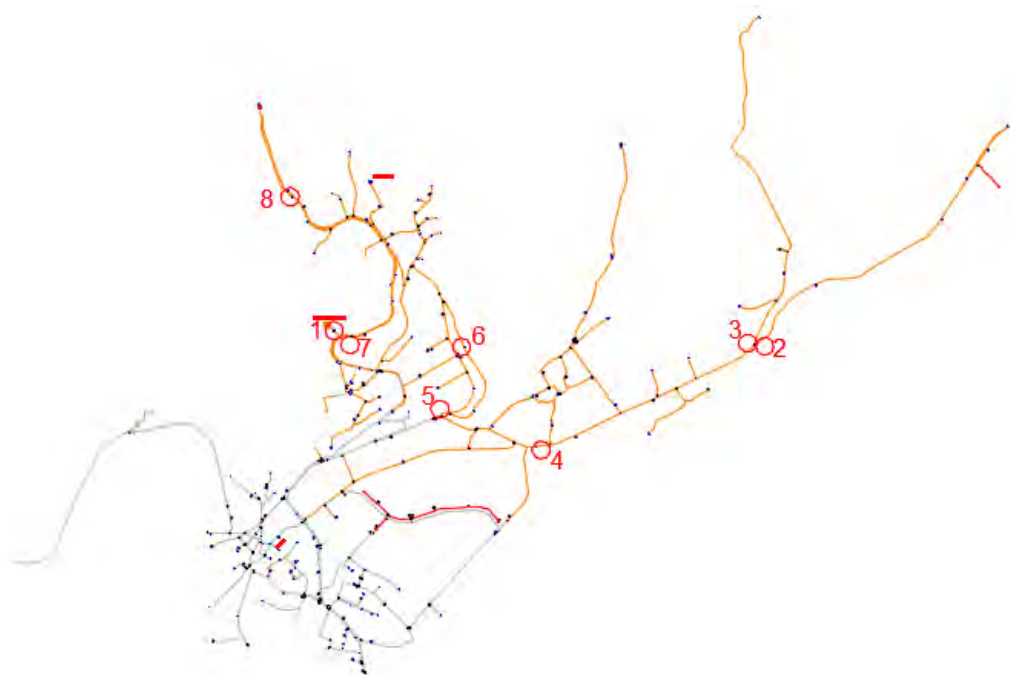


Figura 4.16 - Sinalização das válvulas utilizadas no teste de fecho progressivo na rede do Carapinhal

Após a finalização do teste, foi feita a recolha de dados que pode ser observada na Figura 4.17.

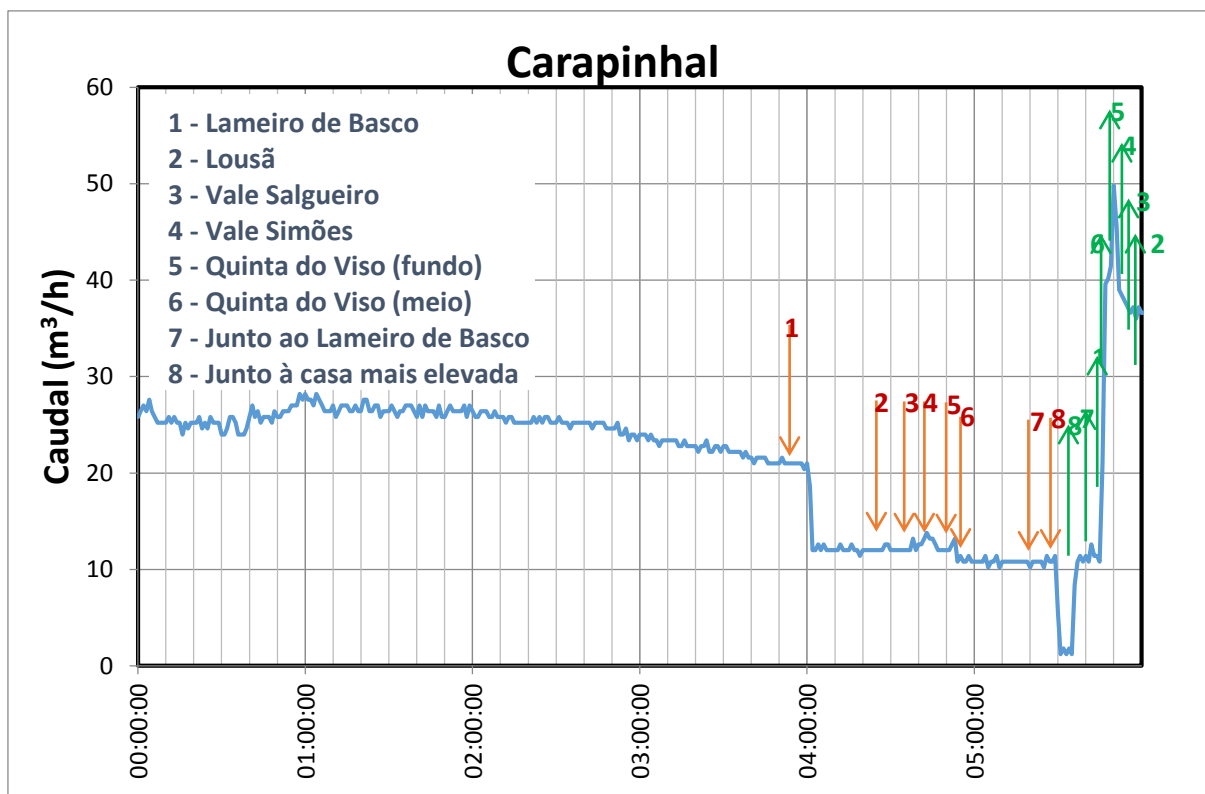


Figura 4.17 - Resultados do teste de fecho progressivo na rede do Carapinhal do dia 2 de Julho de 2014

Ao observar o gráfico concluiu-se que as secções mais críticas seriam as isoladas pelas válvulas 1 (abastecimento ao reservatório de Lameiro de Basco) e 8 (junto à casa mais próxima do reservatório do Carapinhal).

Na inspeção que foi realizada posteriormente acabou por se localizar uma rotura abaixo da válvula 8, responsável pela redução de caudal observada no teste de fecho progressivo de válvulas.

4.6.2.3 Campanha de localização de fugas com recurso a vareta de escuta e geofone

Durante os meses de Maio, Junho e Julho foram feitas várias campanhas para localização de fugas com recurso a vareta de escuta e geofone. As campanhas foram feitas por secções, passando por todo o subsistema, identificando no Google Maps (Figura 4.18) e assinalando no pavimento com tinta de spray as possíveis roturas para posterior reparação.

Na imagem apenas se assinalaram as fugas na rede de distribuição de água, mas além destas foram identificadas outras roturas nos sistemas de rega, responsáveis por grande parte de perdas de água neste subsistema de abastecimento de água.

Todas as roturas assinaladas a verde foram reparadas, incluindo a rotura na conduta da empresa Águas do Mondego (da responsabilidade desta última), tendo-se também procedido à reparação da rede de distribuição de água do campo pelado.

As roturas em ramais prediais foram comunicadas aos respetivos condomínios, solicitando-se a sua reparação.

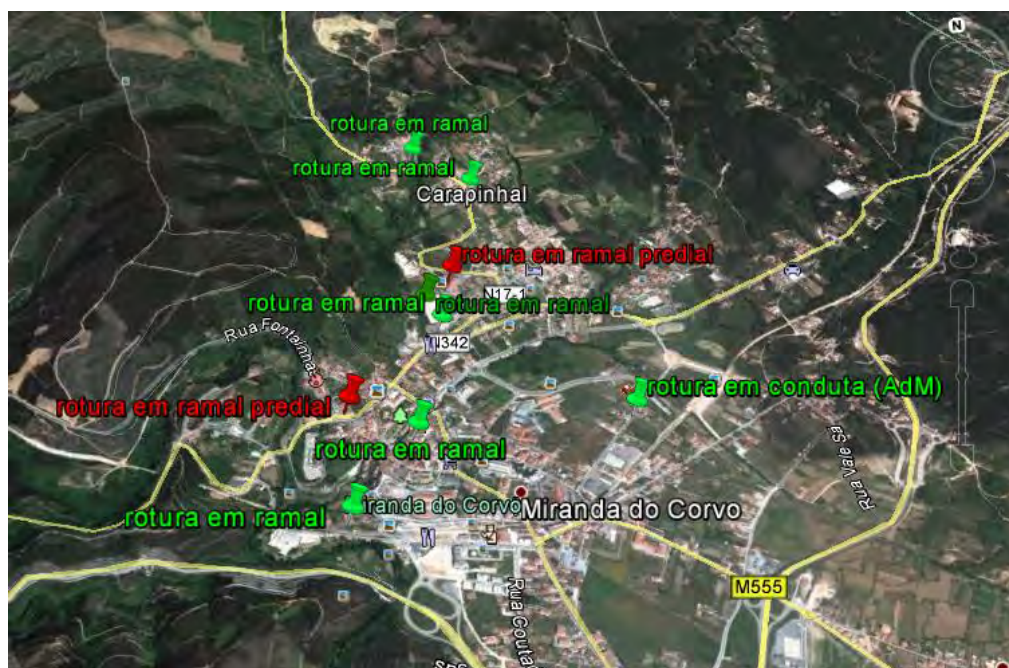


Figura 4.18 - Roturas identificadas no subsistema do Alto de Miranda

4.6.3 Análise e interpretação de resultados

Relativamente ao histórico de água entrada no subsistema do Alto de Miranda, desde 2013, de um modo geral, a água comprada à empresa Águas do Mondego tinha tendência a aumentar, tal como se pode observar na Figura 4.19. No entanto, com o início deste estágio (os primeiros trabalhos no terreno decorreram em Maio de 2014), que tinha por objetivo a redução de perdas de água e, conseqüentemente, a redução de água entrada, a partir de Junho de 2014, altura em que foram reparadas as primeiras roturas, começou a tornar-se evidente essa redução.

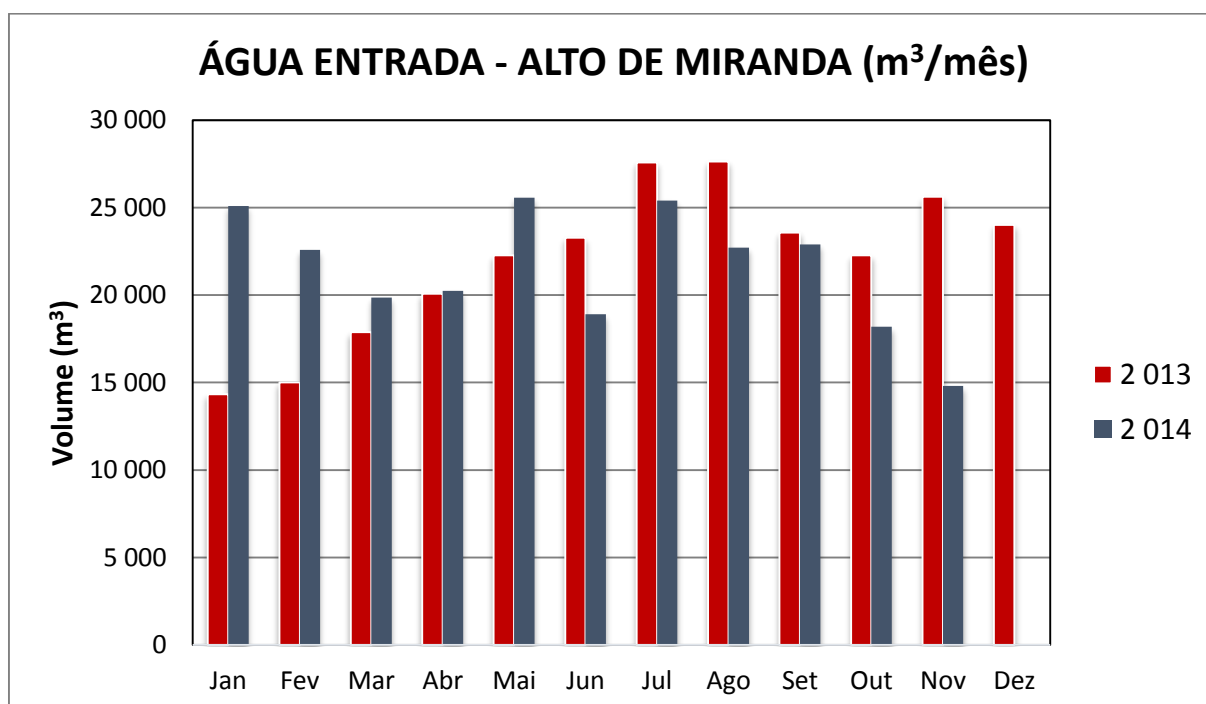


Figura 4.19 - Total de água entrada no subsistema do Alto de Miranda em 2013 e 2014

Ao nível da água faturada, em 2013 os valores registados de faturação foram elevados, relativamente aos anos anteriores. Tendo em conta a faturação até ao fim de Novembro, pode verificar-se que a faturação em 2014 de um modo geral foi superior à do ano 2013 (Figura 4.20).

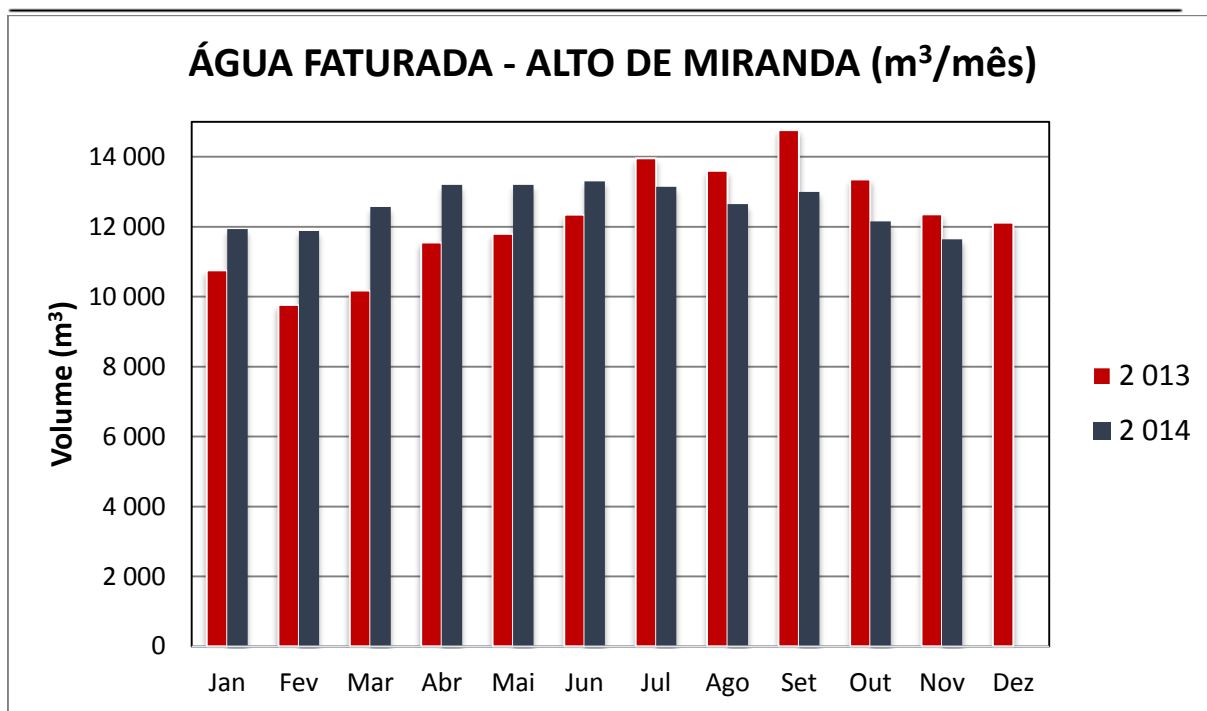


Figura 4.20 - Total de água faturada no subsistema do Alto de Miranda de 2013 e 2014

Na Figura 4.21 é possível observar a variação da água não faturada no subsistema do Alto de Miranda nos últimos dois anos, até Novembro de 2014, data referente à última faturação obtida. Como facilmente se pode constatar, a partir de Junho de 2014, devido ao início da reparação das roturas identificadas e fecho dos sistemas de rega com roturas, os valores de água não faturada reduziram significativamente

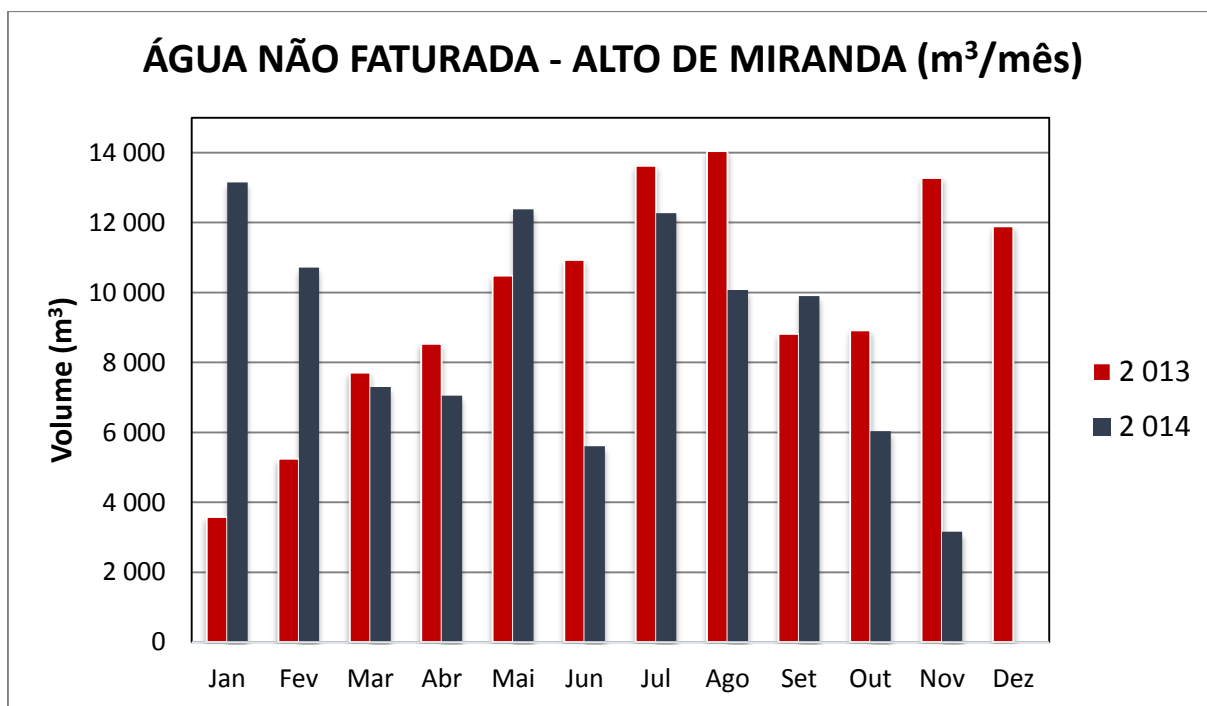


Figura 4.21 - Água não faturada no subsistema de Alto de Miranda em 2013 e 2014

A instalação do contador e *datalogger* à saída do reservatório do Carapinhal permitiu a monitorização em contínuo da água entrada neste subsistema. A informação obtida, que se apresenta na Figura 4.22, permite observar que a tendência tem sido no sentido de reduzir os volumes diários de água entrada. Apesar do Verão, é possível observar uma descida praticamente constante até ao início de Outubro, devido à reparação de várias roturas, mas também uma descida mais acentuada no final de Novembro, devendo-se esta à desativação do reservatório de Lameiro de Basco para proceder à sua reabilitação (parte da rede passou a ser abastecida pelo reservatório do Ribeiro).

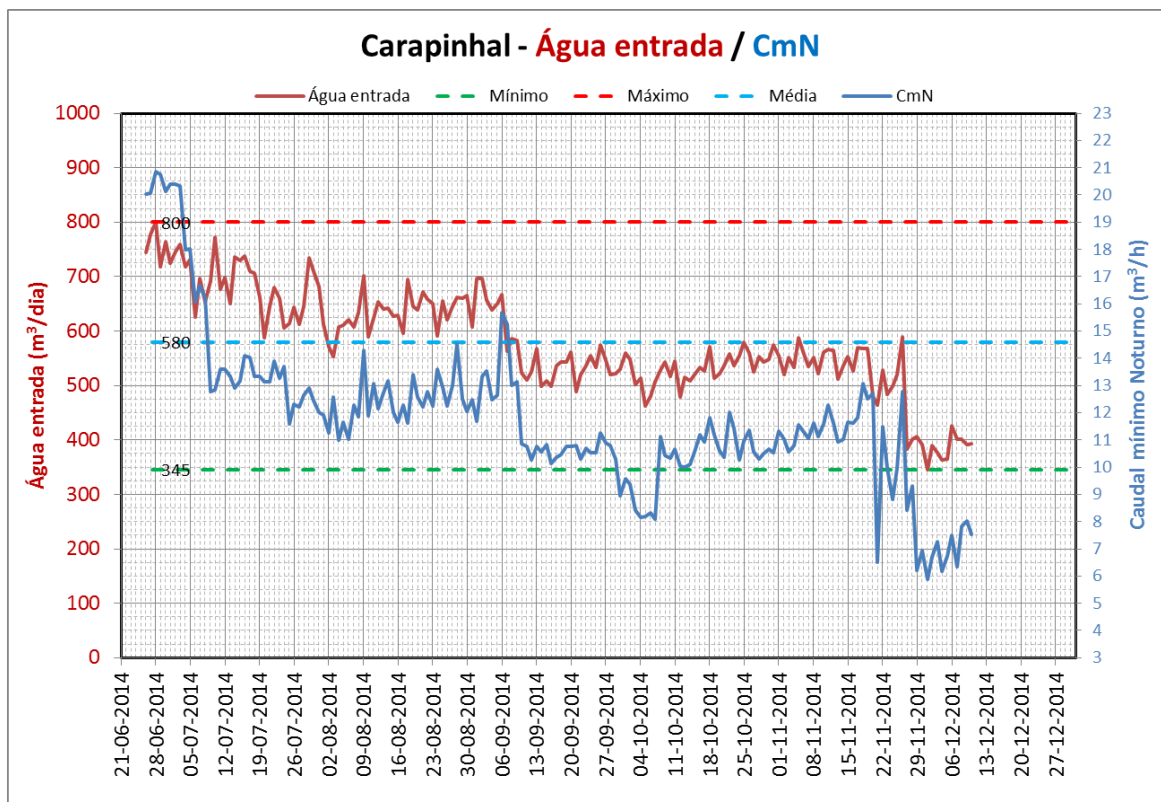


Figura 4.22 - Água entrada e Caudal mínimo Noturno do subsistema do Alto de Miranda

Atendendo a que, a 20 de Novembro, com a colocação do reservatório de Lameiro de Basco fora de serviço, o Caudal mínimo Noturno baixou de aproximadamente $12\text{m}^3/\text{h}$ para cerca de $9\text{m}^3/\text{h}$, pode concluir-se que as perdas de água nesse reservatório deviam representar $3\text{m}^3/\text{h}$. A 27 de Novembro observa-se uma nova redução, mas esta deve-se ao facto de se ter reduzido a rede dependente deste subsistema, alterando as fronteiras dos subsistemas do Alto de Miranda e do Ribeiro.

4.6.3.1 Balanço de custos do subsistema do Alto de Miranda

Para se ter uma ideia dos resultados alcançados com os trabalhos realizados, procedeu-se ao cálculo das diferenças dos volumes de água entrada antes e durante a realização do estágio, podendo os resultados ser consultados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Volumes de água entrada em 2013 e 2014 no subsistema do Alto de Miranda

Mês	Alto de Miranda		
	Consumo (m ³ /mês)		
	2013	2014	Variação
Janeiro	14 334	25 088	10 754
Fevereiro	15 007	22 588	7 581
Março	17 880	19 866	1 986
Abril	20 078	20 246	168
Mai	22 285	25 578	3 293
Junho	23 281	18 908	-4 373
Julho	27 577	25 413	-2 164
Agosto	27 650	22 716	-4 934
Setembro	23 584	22 891	-693
Outubro	22 274	18 188	-4 086
Novembro	25 630	14 802	-10 828
Dezembro	24 011		

Considerando apenas a água entrada após o início da reparação de roturas (Junho de 2014), pode concluir-se que ocorreu uma redução de 27.078 m³ em 2014 relativamente a 2013. Multiplicando este volume pelo custo unitário da água na altura (0,4838€/m³), preço que a Câmara Municipal de Miranda do Corvo pagava à empresa Águas do Mondego, obtém-se uma poupança no valor de 13.100€ até ao final de Novembro de 2014.

Atendendo a que o custo inicialmente suportado para os dois subsistemas foi de aproximadamente 2.900€, admite-se que para o subsistema do Alto de Miranda foi metade deste valor, ou seja, cerca de 1.450€.

Face ao exposto, pode concluir-se que o controlo de perdas de água no subsistema do Alto de Miranda proporcionou uma poupança ao município de aproximadamente 11.650€.

4.7 Subsistema do Ribeiro

O subsistema do Ribeiro inicia-se no reservatório do Ribeiro, onde recebe da entidade Águas do Mondego a água devidamente tratada, distribuindo para a população residente em Albarrol, Vale Simões, Vale Salgueiro, Montoiro, Miranda do Corvo, Meãs, Godinhela, Corvo e Albarrol. Na Figura 4.23 apresenta-se um esquema da rede de distribuição de água desse subsistema. Esta rede é constituída por 20 km de tubagem e abastece água a 4.485 residentes.



Figura 4.23 - Rede de distribuição de água do subsistema do Ribeiro

4.7.1 Reservatórios

4.7.1.1 Reservatório do Ribeiro

O reservatório do Ribeiro (Figura 4.24), além de mais recente, é de momento o único reservatório ativo no subsistema do Ribeiro (existem mais dois pequenos reservatórios mas estão desativados).



Figura 4.24 - Reservatório do Ribeiro

4.7.2 Métodos de controlo

4.7.2.1 Instalação de contador e *datalogger* a jusante do reservatório do Ribeiro

O contador instalado a jusante do reservatório do Ribeiro (Figura 4.25) foi o primeiro a ser instalado.



Figura 4.25 - Contador instalado a jusante do reservatório do Ribeiro

4.7.2.2 Fecho progressivo de válvulas

No dia 2 de Julho de 2014, foi realizado um teste de fecho progressivo de válvulas, tal como no subsistema do Alto de Miranda, mas desta vez, no subsistema do Ribeiro.

As válvulas foram escolhidas com o propósito de isolar a rede troço-a-troço e identificar os troços onde provavelmente poderão existir roturas.

Na Figura 4.26 estão identificadas as válvulas que foram consideradas relevantes para o caso em estudo.



Figura 4.26 - Válvulas utilizadas no teste de fecho progressivo de válvulas no subsistema do Ribeiro

Na Figura 4.27 apresentam-se os resultados obtidos com um teste de fecho progressivo de válvulas realizado a 2 de Julho de 2014.

Interpretando o gráfico, observa-se um grande decréscimo de caudal ao fechar as válvulas 4, na Avenida Mota Pinto, e 8, um pouco a jusante do reservatório do Ribeiro. Os picos de caudal gerados pela abertura de válvulas também motivaram a uma maior atenção na campanha realizada nas secções isoladas pelas válvulas 8, 7, 5 e 1

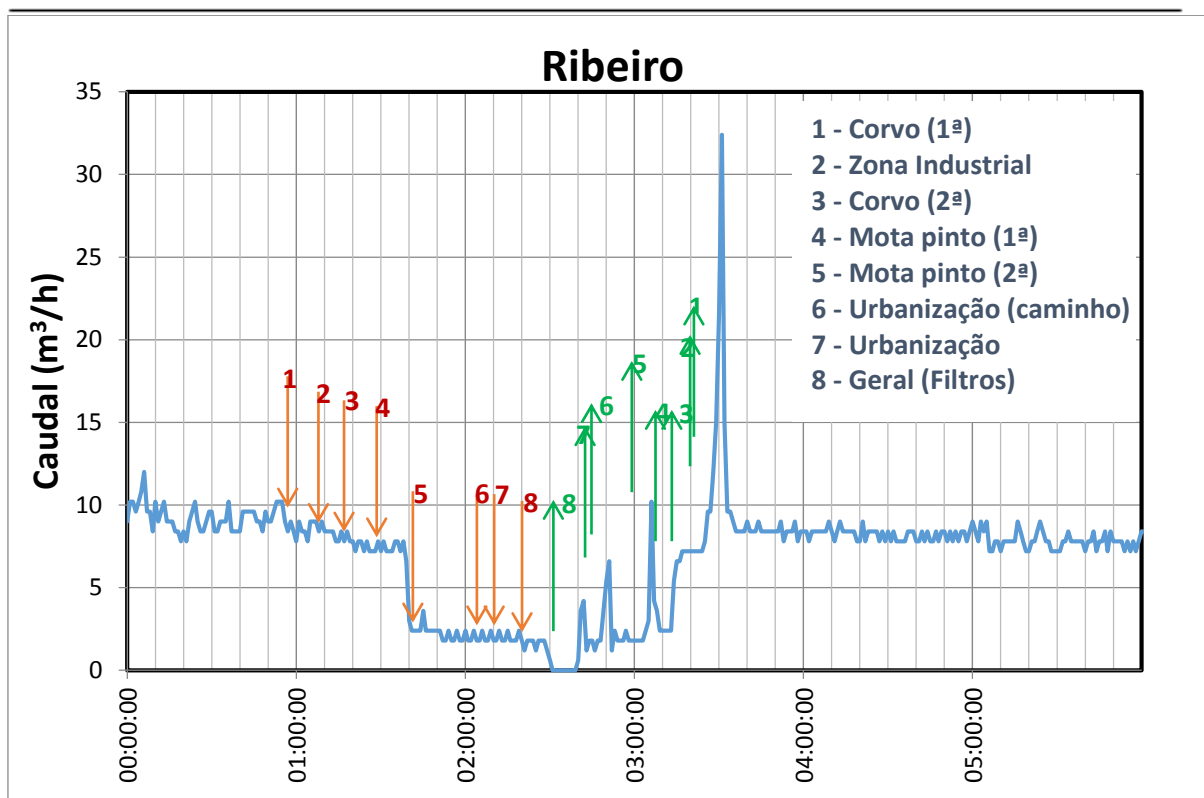


Figura 4.27 - Resultados do teste de fecho progressivo de válvulas realizado no subsistema do Ribeiro no dia 2 de Julho de 2014

4.7.2.3 Campanha de localização de fugas com recurso a vareta de escuta e geofone

Durante os meses de Maio, Junho e Julho foram efetuadas várias campanhas para localizar fugas de água com recurso a vareta de escuta e geofone. As campanhas foram feitas por secções, passando por todo o subsistema, identificando no Google Maps (Figura 4.28) e assinalando no pavimento com tinta de spray as possíveis roturas para posterior reparação.

Na imagem apenas se assinalaram as fugas na rede de distribuição de água, mas além destas foram identificadas outras roturas nos sistemas de rega, responsáveis por grande parte de perdas de água neste subsistema de abastecimento de água.

Todas as roturas assinaladas na imagem, totalizando 14, foram devidamente reparadas, o que contribuiu para reduzir significativamente as perdas de água neste subsistema.

Em relação à água faturada, não há grandes variações a assinalar nos dois últimos anos (Figura 4.30). Porém, no ano 2013 o município faturou mais do que nos restantes anos, e, em 2014, com base na faturação até Novembro, não ocorreram diferenças significativas (exceção feita aos meses de Verão, devido aos consumos próprios da rega de jardins).

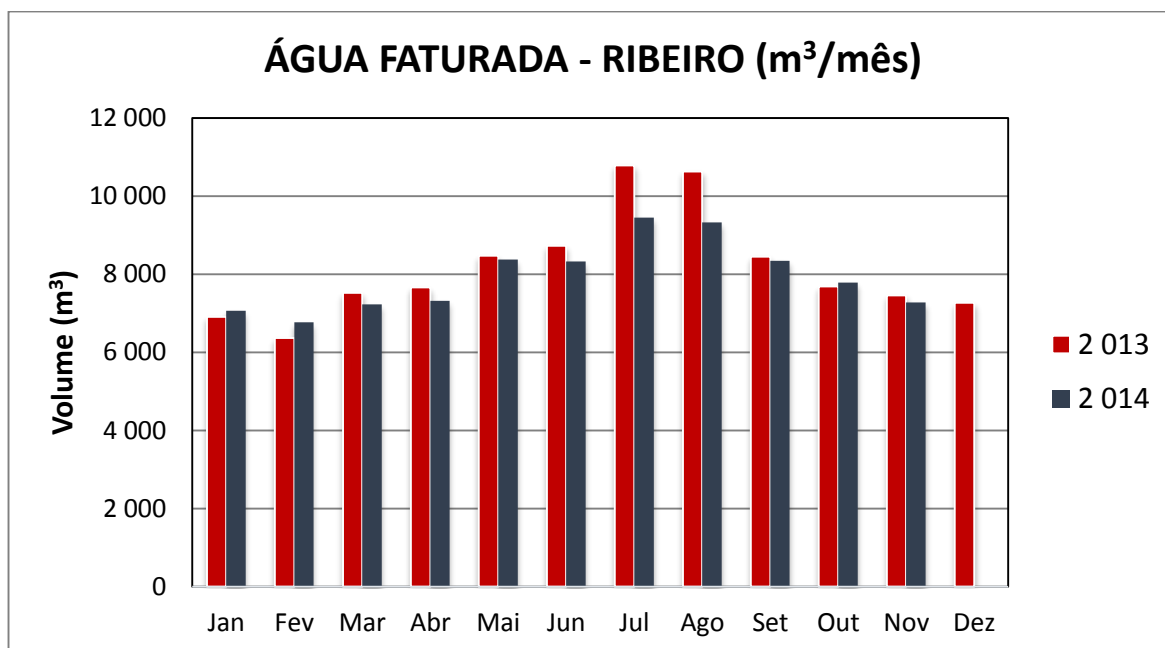


Figura 4.30 - Total de água faturada no subsistema do Ribeiro em 2013 e 2014

Analisando o gráfico de água não faturada no subsistema do Ribeiro (Figura 4.31), à semelhança do referido para a água entrada no subsistema, pelos valores anormalmente elevados, salientam-se os meses de Verão de 2013. Atualmente, os valores de água não faturada são bastante reduzidos, resultado alcançado com o controlo de perdas de água neste subsistema.

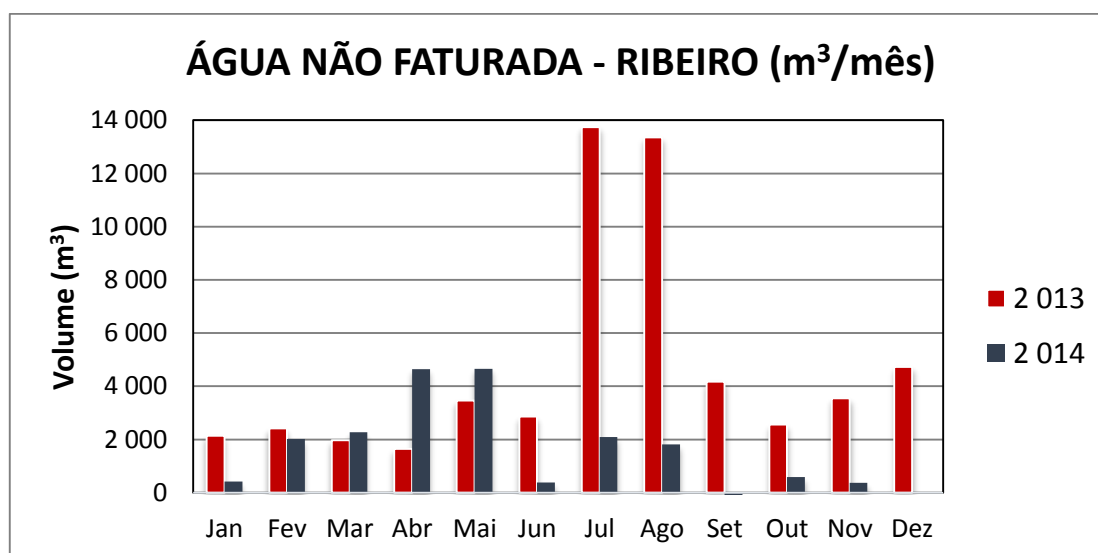


Figura 4.31 - Água não faturada no subsistema do Ribeiro em 2013 e 2014

Este subsistema abastece um elevado número de sistemas de rega, e a campanha de localização de fugas permitiu identificar alguns que continham roturas. Após a reparação dos sistemas de rega e das roturas na rede de distribuição do subsistema do Ribeiro foi possível registar os valores mais baixos de água entrada e de Caudal mínimo Noturno (Figura 4.32).

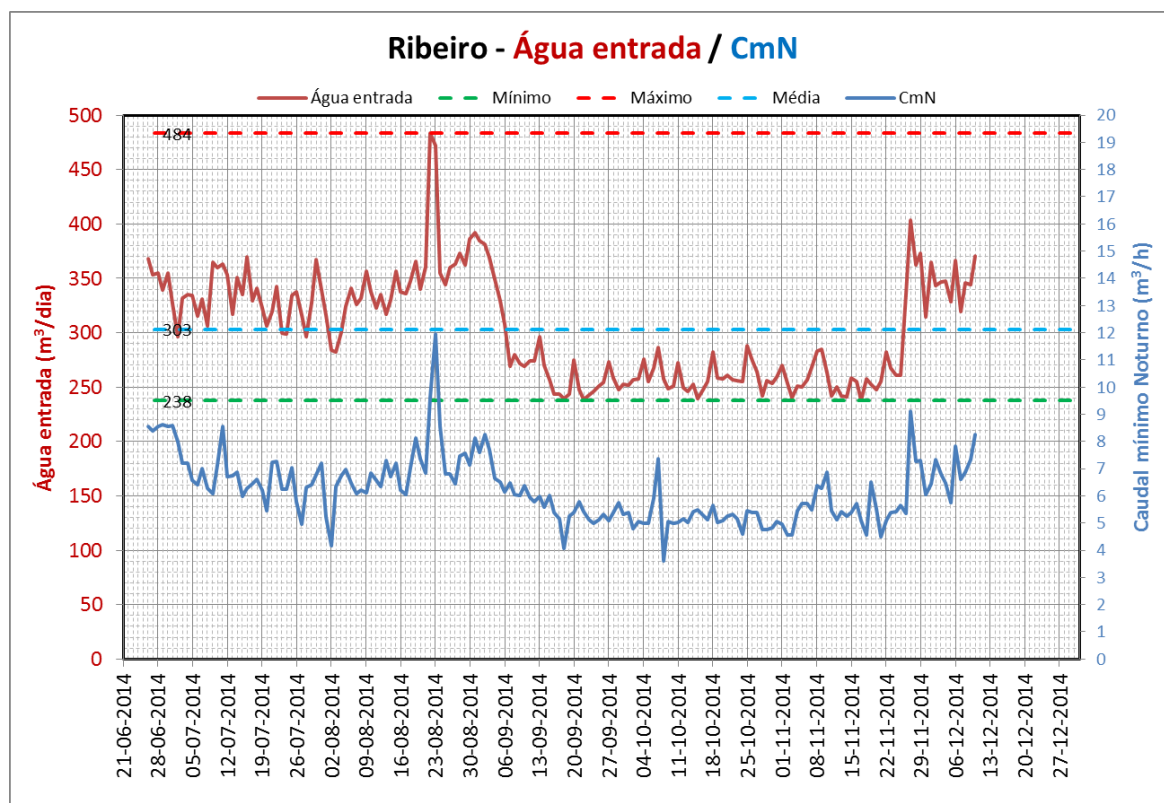


Figura 4.32 - Água entrada e Caudal mínimo Noturno do subsistema do Ribeiro

Após as diversas campanhas de localização de fugas e consequentes reparações de roturas, os valores de água entrada mantiveram-se baixos até meados de Novembro. Posteriormente observou-se uma subida, mas esta deveu-se ao alargamento da rede anteriormente mencionado na secção 4.6.3 (fecho do reservatório de Lameiro de Basco).

Este alargamento também teve como consequência o aumento do Caudal mínimo Noturno, embora os seus valores não sejam preocupantes.

4.7.3.1 - Balanço de custos do subsistema do Ribeiro

Tal como para o subsistema do Alto de Miranda, também foi feito um balanço de custos para o subsistema do Ribeiro, tendo em conta a água entrada de 2013 e 2014 (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 - Volumes de água entrada em 2013 e 2014 no subsistema do Ribeiro

Mês	Ribeiro		
	Água entrada (m ³ /mês)		
	2013	2014	Varição
Janeiro	9.670	---	---
Fevereiro	8.785	---	---
Março	8.925	---	---
Abril	9.313	12.381	2 655
Maio	11.557	12.241	1 101
Junho	11.987	10.885	-2 879
Julho	25.335	10.223	-12 976
Agosto	22.536	10.796	-12 846
Setembro	13.521	8.194	-4 426
Outubro	10.591	8.716	-1 875
Novembro	10.324	6.967	-3 357
Dezembro	12.000		

Considerando apenas a água entrada após o início da reparação de roturas (Junho de 2014), pode concluir-se que ocorreu uma redução de 38.359 m³ em 2014 relativamente a 2013. Multiplicando este volume pelo custo unitário da água na altura (0,4838€/m³), preço que a Câmara Municipal de Miranda do Corvo pagava à empresa Águas do Mondego, obtém-se uma poupança no valor de 18.550€ até ao final de Novembro de 2014.

Atendendo a que o custo inicialmente suportado para os dois subsistemas foi de aproximadamente 2.900€, admite-se que para o subsistema do Ribeiro foi metade deste valor, ou seja, cerca de 1.450€.

Face ao exposto, pode concluir-se que o controlo de perdas de água no subsistema do Ribeiro proporcionou uma poupança ao município de aproximadamente 17.100€.

5 Conclusões

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

As atividades de manutenção (preventiva e curativa) devem ser constantes, dada a facilidade com que as perdas se podem intensificar, incrementando dificuldades financeiras para a EG em questão.

Além das roturas em condutas e ramais, quando a rede de rega está ligada à rede pública de distribuição de água é necessária uma atenção redobrada, pois, neste caso em concreto, os sistemas de rega estavam a contribuir de forma significativa para os volumes diários de água entrada.

Com o controlo de perdas de água no subsistema do Alto de Miranda conseguiu-se baixar a água entrada de $750\text{m}^3/\text{dia}$ para de cerca de $400\text{m}^3/\text{dia}$ e baixar o caudal mínimo noturno de $20\text{m}^3/\text{h}$ para cerca de $6\text{m}^3/\text{h}$. Financeiramente registou-se uma poupança no valor de 11.650€ relativamente ao ano anterior.

Com o controlo de perdas no subsistema do Ribeiro, antes de a sua rede de distribuição ser alargada, o consumo baixou de $350\text{m}^3/\text{dia}$ para de cerca de $250\text{m}^3/\text{dia}$ (subindo novamente para os $350\text{m}^3/\text{dia}$ após o alargamento da rede) e o caudal mínimo noturno reduziu de $8\text{m}^3/\text{h}$ para $5\text{m}^3/\text{h}$ (subindo novamente para os $7\text{m}^3/\text{h}$ após o alargamento da rede). Financeiramente registou-se uma poupança no valor de 17.100€.

De um modo geral, ambos os subsistemas foram melhorados com diferenças significativas, traduzindo-se numa poupança total de 28.750€ relativamente a 2013. Embora os objetivos do estágio tenham sido cumpridos, é necessário continuar com o controlo de perdas de água, desde a análise de dados, às campanhas de deteção/localização de fugas e reparação das roturas identificadas. Só assim se poderão garantir bons resultados, ou pelo menos manter os atuais

6 Referências Bibliográficas

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.

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).

Cityofripley (2013) <http://www.cityofripley.org/wintertips.html>

Cm (2013)

http://www.cmjournal.xl.pt/cm_ao_minuto/detalhe/mais_de_um_terco_da_agua_distribuida_e_m_portugal_nao_e_faturada.html

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

Decreto Regulamentar n°23/95 de Agosto. *Regulamento geral dos sistemas públicos e de drenagem de águas residuais e prediais de distribuição de água*. Suplemento de legislação. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Lisboa.

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

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

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)

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.

Innovyze(2013)http://www.innovyze.com/news/published_research/JAWWAFeb2011LeakModelingPaper.pdf

ISA (2013). <http://www.isasensing.com/pt/areas-de-negocio/53/isa-energy/>. Intelligent Sensing Anywhere

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.

LNEG (2010). http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/texto. Laboratório Nacional de Energia e Geologia

Marques, R.C. (2011). *A regulação dos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais – Uma perspetiva internacional*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) e Centro de Sistemas Urbanos e Regionais (CESUR)

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.

PEAASAR II, Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais II(2007). Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional,Lisboa. Disponível em: <http://www.maotdr.gov.pt/Admin/Files/Documents/PEAASAR.pdf>

PENSAAR 2020, *Uma estratégia ao serviço da População : Serviços de qualidade a um preço sustentável* (2014). Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional,Lisboa. Disponível em: http://www.apambiente.pt/_zdata/DESTAQUES/2014/PENSAAR_2020_Relatorio_final_Volume1.pdf

PÚBLICO (2013). <http://www.publico.pt/sociedade/noticia/um-terco-da-agua-distribuida-aos-consumidores-nao-e-facturada-1611146>

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.

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.

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>

Wikipédia (2013) <http://pt.wikipedia.org/wiki/Geofone>

WRc (2013) <http://www.wrcplc.co.uk/sahara-leak-location-system.aspx>. Water Research Centre