

**DESENVOLVIMENTO DE ESTRATÉGIAS DE
SEGMENTAÇÃO DE REDES DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA**
Aplicação ao caso de Viana do Castelo

RENATO FILIPE MAGALHÃES DA SILVA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA

Orientador: Professor Doutor Joaquim Manuel Veloso Poças Martins

Coorientador: Engenheiro José João Machado Garcez Moreira

JULHO DE 2015

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a Mestrado Integrado em Engenharia Civil – 2014/2015 – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e Irmã

Mede o que é mensurável e torna mensurável o que não o é.

Galileu Galilei

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Joaquim Poças Martins pela oportunidade disponibilizada, pela informação e conhecimentos transmitidos e pela ajuda fornecida quando necessária.

Ao Engenheiro João Garcez Moreira pelo apoio dado durante a elaboração da tese, pelas ideias discutidas e transmitidas, pelos conselhos dados e pela disponibilidade.

Ao Engenheiro Vítor Lemos pela forma entusiástica que demonstrou ao receber-me nos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo e pela oportunidade de realização da dissertação em parceria com esta entidade.

À Engenheira Diana Cunha e ao Engenheiro José Costa pelos conselhos, informações e dados fornecidos, pela simpatia e disponibilidade demonstradas ao longo da dissertação.

À Maria João por todas as experiências passadas ao longo da dissertação, pelo incentivo e força dadas nas boas e más ocasiões e pelo carinho e paciência demonstrados neste período. O meu mais sincero obrigado.

À minha família, nomeadamente pais e irmã, pelos conselhos, força, orgulho, amizade e carinho que demonstraram e continuam a demonstrar ao longo do meu percurso académico e pela confiança e apoio sempre presentes.

Ao Júlio Rebelo, João Valente, José Ferreira e Ana Rita pelo carinho e amizade demonstrados neste percurso e a todos os meus amigos pelo apoio.

À D. Esmeralda pelo apoio, disponibilidade e carinho ao longo da dissertação.

Um agradecimento especial ao meu avô José Vieira pelo notório orgulho, carinho e amizade dados durante grande parte deste percurso académico.

RESUMO

A presente dissertação tem como objetivo principal o desenvolvimento de estratégias de segmentação de redes públicas de abastecimento de água com vista à redução das perdas reais de água.

Os níveis de perdas reais são um problema recorrente nos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) sendo por isso urgente a criação de medidas e estratégias de combate às perdas reais. A análise do balanço hídrico com dados de macro e micromedição por sistema, subsistema ou Zonas de Medição e Controlo (ZMC) permite obter uma noção sobre a distribuição das perdas reais na rede de abastecimento de água e, deste modo, definir níveis diferentes de prioridades de atuação. Com a definição das prioridades estabelecidas é possível adequar medidas de redução de perdas reais compatíveis com cada zona.

A implementação de ZMC permite obter, rigorosamente, os caudais de entrada na ZMC e, com o conhecimento da água faturada, é possível conhecer a água não faturada (ANF) do sistema. A análise dos caudais que entram na ZMC permite detetar novas fugas dentro da ZMC uma vez que pode ocorrer um pico repentino e não esperado do consumo ou o aumento do caudal mínimo noturno.

Os critérios geralmente usados para a delimitação das ZMC são critérios topográficos, demográficos (tais como o número de clientes e densidade de ramais), critérios relacionados com as características da rede tais como a extensão da rede e o estado de conservação da mesma, entre outros.

A análise de ocorrências permite ter uma ideia das causas, frequência, tipo de material e localização que as originam. O excesso de pressão na rede induz, geralmente, ocorrência de avarias em condutas, ramais e acessórios enquanto que ocorrências em bocas de incêndio podem indiciar uso abusivo da população.

O controlo e gestão de pressões, além de reduzir a pressão na rede e consequentes problemas causados pela pressão, permite ainda reduzir problemas relacionados com ligações indevidas. É ainda possível, com esta medida, identificar o aparecimento de novas fugas.

O uso conjunto de medidas como a implementação de ZMC e a gestão de ocorrências permite uma identificação rápida dos problemas da rede e de fugas enquanto que a gestão de pressões é utilizada principalmente na redução da taxa de ocorrências e dos caudais perdidos nas fugas.

A validação do uso destes métodos vai ser efetuada pela observação do impacto causado nas perdas reais e na água faturada.

Os resultados obtidos permitem concluir que a implementação das ZMC, da gestão de ocorrências e gestão e controlo de pressões têm um impacto muito relevante quer ao nível gestão e otimização dos SAA quer ao nível da satisfação dos consumidores pela qualidade de serviço prestado.

Palavras-Chave: Sistema de abastecimento de água, redução de água não faturada, redução de perdas reais, zonas de medição e controlo, gestão de ocorrências, gestão e controlo da pressão.

ABSTRACT

The present dissertation has as main objective the development of strategies of segmentation of public network supply systems to reduce the real losses of water.

The real losses levels are a recurrent problem in water supply systems requiring the creation of measures and strategies to combat the real losses. Network analysis enables to obtain an idea about the distribution of the real losses in the water supply systems and thus grouping similar levels of real losses. By grouping there areas by real losses similar levels allows us to set different levels of action priorities and establish appropriate measures according to the real losses levels previously defined.

The division in District Metered Areas is the next step after the division of the network into smaller areas. District Metered Areas implementation allows to obtain the inlet flow rates, and with the knowledge of the water biller in District Metered Areas, it is possible to know the unbilled water. The unbilled water is different from real losses but allows to obtain an idea of the behavior of the study area. Analyses of the flow entering the system allows detecting new leaks within the study area since there may be a sudden spike and not expected consumption or an increasing of the Minimum Night Consumption.

The criteria generally used for the delimitation of District Metered Areas are topographic, demographic, criteria related to network characteristics such as the extension of the network and the conservation status of the network, among others.

The event management analyses gives an idea of the problem that causes the appearance of the events. Events related to pipe and accessories problems may indicate that the network is with excessive pressure while hydrant problems may indicate some bad use of the population.

Pressure control and management, besides reducing the pressure in the network caused by pressure, allows to further reduce problems associated with improper connections. It is possible, with this measure, to identify the appearance of new leaks.

The combined use of measures such as the implementation of District Metered Areas and recurrences management allows a quick identification of network problems and leakage while pressure management is mainly used to reduce the occurrence rate and flow lost on the trails.

The validation of the use of these methods will be performed by observing the impact on real losses and unbilled water.

The results allowed to conclude that the methods described above have a very significant impact at the management and optimization levels of the water supply systems and at the level of customer satisfaction.

KEYWORDS: Water supply system, unbilled water reduction, real losses reduction, district metered areas, event management, management and control of pressure.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE GERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE QUADROS.....	XIV
ACRÓNIMOS.....	XVI
INTRODUÇÃO	1
1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2. ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA	2
PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DE UM SISTEMA PÚBLICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	3
2.1.1. CONSTITUIÇÃO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	3
2.1.1.1. Captação de água	5
2.1.1.2. Tratamento de água	5
2.1.1.3. Armazenamento de água.....	6
2.1.1.4. Distribuição de água.....	6
2.2. ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PORTUGAL.....	8
2.2.1. LEGISLAÇÃO PORTUGUESA	8
2.2.1.1. PEAASAR I (2000-2006)	9
2.2.1.2. PEAASAR II (2007-2013)	9
2.2.1.3. PENSAAR 2020	10
2.2.1.4. PO SEUR.....	11
2.2.1.5. PNUEA.....	12
2.2.2. SETOR EM PORTUGAL	13
2.2.2.1. Modelos de Gestão	13
2.2.2.2. Organização Territorial do setor em Portugal.....	14
2.2.2.3. Problemas enfrentados pelo setor em Portugal.....	16
2.3. PERDAS DE ÁGUA	18
2.3.1. BALANÇO HÍDRICO	20
2.3.2. PERDAS APARENTES.....	22

2.3.3. PERDAS REAIS	23
2.3.4. INDICADORES DE DESEMPENHO	26
2.3.5. CONTROLO DE PERDAS DE ÁGUA	28
2.3.5.1 Nível económico de perdas (NEP).....	28
2.3.5.2. Índice Infraestrutural de Fugas	30
2.4. MEDIDAS DE REDUÇÃO DAS PERDAS REAIS	31
2.4.1. ZONAS DE MEDIÇÃO E CONTROLO	31
2.4.1.1. Esquematização das ZMC.....	32
2.4.1.2. Dimensão das ZMC.....	34
2.4.1.3. Informação requerida pelas ZMC.....	35
2.4.1.4. Verificação das condições iniciais da ZMC	35
2.4.1.5. Gestão das ZMC	36
2.5. CONTROLO DA PRESSÃO	36
2.5.1. GESTÃO DA PRESSÃO	38
2.5.1.1. Gestão da pressão por controlo fixo	38
2.5.1.2. Gestão da pressão por modulação horária	39
2.5.1.3. Gestão da pressão por modulação por caudal	40
2.5.1.4. Gestão da pressão por modulação por ponto crítico	41
2.5.2. VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO.....	42
2.5.2.1. Constituição de uma válvula redutora de pressão	42
2.5.2.2. Instalação da válvula redutora de pressão	44
2.6. CONTROLO ATIVO DE PERDAS (CAP)	45
2.7. TELEMETRIA	46
2.8. TELEGESTÃO.....	49
2.9. CONCLUSÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	49
ÂMBITO E OBJETIVOS.....	51
3.1. ÂMBITO.....	51
3.2. OBJETIVOS.....	51
SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE SANEAMENTO BÁSICO DE VIANA DO CASTELO	53
4.1. CONTEXTO HISTÓRICO DOS SMSBVC	53
4.2. SITUAÇÃO ATUAL DOS SMSBVC	54
4.3. PARTICIPAÇÃO DOS SMSBVC EM DIFERENTES INICIATIVAS	56

DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE SEGMENTAÇÃO	59
5.1. APRESENTAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO	59
5.1.1. RESUMO GERAL DOS CASOS DE ESTUDO	61
5.1.2. ZMC DA AMOROSA	62
5.1.3. ZMC DE AFIFE	62
5.1.4. ZMC DE GERAZ DO LIMA	63
5.1.5. ZMC DE BARROSELAS	64
5.2. CAP, QUALIDADE E RAPIDEZ DAS REPARAÇÕES DE ROTURAS	65
5.2.1. ESTUDO DAS OCORRÊNCIAS	66
5.2.2. AMOROSA	66
5.2.3. AFIFE	67
5.2.4. GERAZ DO LIMA	68
5.2.5. BARROSELAS	68
5.2.6. CONCLUSÕES.....	69
5.3. ESTUDO DO CAUDAL MÍNIMO NOTURNO	70
5.3.1. ZMC DA AMOROSA	70
5.3.2. ZMC DE AFIFE	76
5.3.3. ZMC DE GERAZ DO LIMA	81
5.5. ESTUDO DO IMPACTO DA VRP EM BARROSELAS	84
5.6. CONCLUSÕES.....	90
CONCLUSÕES	95
RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	97
BIBLIOGRAFIA.....	99
ANEXOS	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de um sistema de abastecimento de água (Helena Alegre, 2004).....	4
Figura 2 - Tipo de reservatórios face ao nível da soleira	6
Figura 3 - Eixos e objetivos operacionais definidos no PENSAAR 2020.....	11
Figura 4 - Reorganização do grupo AdP.....	15
Figura 5 - Distribuição geográfica dos serviços de abastecimento em “baixa” (RASARP, 2012).....	16
Figura 6 - Componentes das perdas de água	19
Figura 7 - Componentes das perdas aparentes.....	22
Figura 8 - Variação no tempo das fugas.....	23
Figura 9 - Fuga facilmente detetável.....	24
Figura 10 - Fugas dificilmente detetáveis	25
Figura 11 - Fugas inevitáveis	25
Figura 12 - Distribuição do valor das perdas reais em Portugal Continental	25
Figura 13 - Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição	26
Figura 14 - Nível económico de perdas	29
Figura 15 - Fases de instalação de uma ZMC.....	32
Figura 16 - Divisão da rede em ZMC (Farley, M; 2008).....	33
Figura 17 - Relação entre a pressão e as perdas reais	37
Figura 18 - Relação entre caudal e pressão	37
Figura 19 - Modo de funcionamento de VRP modulada por pressão fixa	39
Figura 20 - Modo de funcionamento de VRP modulação horária	40
Figura 21 - Modo de funcionamento de VRP modulada por caudal.....	41
Figura 22 - Modulação da pressão pelo ponto crítico.....	42
Figura 23 - Representação geral de uma VRP.....	43
Figura 24 - Representação detalhada de uma VRP.....	43
Figura 25 - Pormenor de instalação de uma VRP.....	44
Figura 26 - Efeito do tempo no volume total de água perdido	45
Figura 27 - Modo de funcionamento do sistema de telemetria de rádio fixo	47
Figura 28 - Modo de funcionamento do sistema de telemetria de rádio móvel.....	47
Figura 29 - Acessibilidade e adesão ao serviço no concelho de Viana do Castelo.....	54
Figura 30 - Número de clientes nos SMSBVC.....	54
Figura 31 - Tipologia dos clientes dos SMSBVC.....	55
Figura 32 - Localização de Viana do Castelo.....	59
Figura 33 - Subsistemas da rede dos SMSBVC	60
Figura 34 - Representação das ZMC em estudo	61
Figura 35 - Imagem aérea da ZMC da Amorosa	62
Figura 36 - Representação da ZMC de Afife	63
Figura 37 - Representação da ZMC de Geraz do Lima.....	64
Figura 38 - Representação da ZMC de Barroelas	65
Figura 39 - Padrões de consumo da ZMC da Amorosa no mês de junho de 2012.	71
Figura 40 - Relação caudais máximos e mínimos.....	71
Figura 41 - Padrões de consumo da ZMC da Amorosa no mês de junho de 2012.	72
Figura 42 - Relação entre os caudais máximos e mínimos durante o mês de junho de 2013.	73
Figura 43 - Padrões de consumo da ZMC da Amorosa no mês de junho de 2014.	73
Figura 44 - Padrão de consumo da ZMC da Amorosa no mês de junho 2015.	74
Figura 45 - Evolução da ANF na ZMC da Amorosa	75

Figura 46 - Evolução do CMN na ZMC da Amorosa.....	75
Figura 47 - Relação entre a ANF e o CMN.....	76
Figura 48 - Padrão de consumo na ZMC de Afife no mês de junho de 2013	77
Figura 49 - Padrão de consumo na ZMC de Afife no mês de junho de 2014	77
Figura 50 - Padrão de consumo na ZMC de Afife no mês de junho de 2015	78
Figura 51 - Caudal mínimo noturno na ZMC de Afife em junho de 2013.....	79
Figura 52 - Caudal mínimo noturno na ZMC de Afife em junho de 2014.....	80
Figura 53 - Caudal mínimo noturno na ZMC de Afife em junho de 2015.....	80
Figura 54 - Padrões de consumo da ZMC de Geraz do Lima no mês de junho de 2014	81
Figura 55 - Padrões de consumo da ZMC de Geraz do Lima no mês de junho de 2014	82
Figura 56 - Consumos mínimos noturnos em junho de 2014 na ZMC de Geraz do Lima.....	83
Figura 57 - Consumos mínimos noturnos em junho de 2015 na ZMC de Geraz do Lima.....	83
Figura 58 - Representação dos patamares de pressão na ZMC de Barroelas.....	84
Figura 59 - Padrão de consumo no mês de junho de 2013.....	85
Figura 60 - Padrão de consumo no mês de junho de 2014.....	86
Figura 61 - Padrão de consumo de junho de 2015.....	87
Figura 62 - Volumes distribuídos na ZMC de Barroelas.....	87
Figura 63 - Comportamento da VRP de pressão fixa ao longo do mês de junho de 2015	88
Figura 64 - Comportamento da VRP modulado por PC ao longo de junho de 2015	88
Figura 65 - Efeito económico ao nível da redução das perdas reais da aplicação da VRP	89
Figura 66 - Efeito económico ao nível da redução do número de ocorrências da aplicação da VRP	89
Figura 67 - Mapa de pressões nas ZMC em estudo	90
Figura 68 - Relação entre UARL e a pressão	91
Figura 69 - Cálculo do ILI para as ZMC em estudo	91
Figura 70 - Efeito da redução em 10% da pressão inicial nas restantes ZMC	92
Figura 71 - Efeito económico ao nível da redução do número de ocorrências da aplicação da VRP....	92
Figura 72 - Poupança total decorrente da redução da pressão em 10% da pressão inicial.....	92

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Domínios de intervenção do PO SEUR.....	12
Quadro 2 - Modelos de gestão das empresas de água.....	14
Quadro 3 - Panorama dos serviços de abastecimento de água em baixa (RASARP, 2012).....	15
Quadro 4 - Balanço Hídrico	20
Quadro 5 - Designações dos indicadores de desempenho.....	27
Quadro 6 - Matriz alvo de perdas reais (WBI)	30
Quadro 7 - Balanço Hídrico 2013 dos SMSBVC.....	55
Quadro 8 - Balanço Hídrico 2014 dos SMSBVC	56
Quadro 9 - Características infraestruturais das ZMC.....	61
Quadro 10 - Valores de referência para o índice AA11ab	66
Quadro 11 - Ocorrências derivadas de avarias em condutas e acessórios na ZMC da Amorosa	67
Quadro 12 - Valores do índice AA11b para a ZMC da Amorosa	67
Quadro 13 - Ocorrências derivadas de avarias em condutas e acessórios na ZMC de Afife	67
Quadro 14 - Valores do índice AA11b para a ZMC de Afife	67
Quadro 15 - Ocorrências derivadas de avarias em condutas e acessórios na ZMC de Geraz do Lima ..	68
Quadro 16 - Valores do índice AA11b para a ZMC de Geraz do Lima	68
Quadro 17 - Ocorrências derivadas de avarias em condutas e acessórios na ZMC de Barroelas	68
Quadro 18 - Valores do índice AA11b para a ZMC de Barroelas	69
Quadro 19 - Comparação dos valores do índice AA11b dos SMSBVC e das ZMC estudadas	69
Quadro 20 - Valores de ANF e CMN na ZMC da Amorosa.....	74
Quadro 21 - Evolução do CMN em função das perdas reais.....	78
Quadro 22 - Valores de UARL das ZMC em estudo	91

ACRÓNIMOS

AdP	Águas de Portugal
AES	Água Entrada no Sistema
ANF	Água Não Faturada
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APDA	Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas
BH	Balanço Hídrico
CA	Consumo Autorizado
CAF	Consumo Autorizado Faturado
CANF	Consumo Autorizado Não Faturado
CAP	Controlo Ativo de Perdas
CAPL	Current Annual Physical Losses
CFM	Consumo Faturado Medido
CFNM	Consumo Faturado Não Medido
CNFM	Consumo Não Faturado Medido
CNFNM	Consumo Não Faturado Não Medido
CPP	Controlo Passivo de Perdas
EG	Entidade Gestora
EM	Erros de Medição
ETA	Estação de Tratamento de Água
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
FC	Fugas em Conduitas
FR	Fugas nos Reservatórios
FRL	Fugas em Ramais de Ligação
GPI	Gestão Patrimonial de Infraestruturas
HUAM	Hidráulica Urbana e Ambiental
ILI	Índice Infraestrutural de Fugas (em inglês Infrastructural Leakage Index)
IST	Instituto Superior Técnico
IWA	International Water Association
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MAOTE	Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia
NEP	Nível Económico de Perdas

OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PA	Perdas de Água
PAA	Perdas Aparentes de Água
PEAASAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais
PENSAAR	Plano Estratégico Nacional para o Sector de Abastecimento de Águas e Saneamento de Águas Residuais
PNUEA	Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água
PO SEUR	Plano Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos
PRA	Perdas Reais de Água
QCA	Quadro Comunitário de Apoio
QREN	Quadro de Referência Estratégica Nacional
RASARP	Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SMSBVC	Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
UARL	Unavoidable Annual Real Losses (em português Perdas reais anuais inevitáveis)
UNA	Uso Não Autorizado
VRP	Válvula Redutora de Pressão (em inglês Pressure Reducing Valve)
ZMC	Zona de Medição e Controlo

1

INTRODUÇÃO

1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A água, tal como a conhecemos, é um dos recursos mais importantes para a vida no planeta Terra, sendo assim necessário proceder à sua conservação de forma mais eficiente possível. A eficiência do uso dos recursos hídricos nos sistemas de abastecimento de água é um dos objetivos na gestão dos mesmos.

Em 2013, a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) verifica que, em média, cerca de 35% da água captada, tratada e distribuída pelos sistemas de abastecimento não é faturada, correspondendo isto a uma situação claramente insatisfatória. Cerca de 24% correspondem às perdas reais enquanto que os restantes 11% representam as perdas aparentes e a consumos autorizados não faturados. Isto representa cerca de 300 milhões de metros cúbicos de água não faturados representando um prejuízo para as entidades gestoras de cerca de 167 milhões de euros (ERSAR, 2013). Deste modo, é importante a redução da água não faturada, e consequentemente as perdas de água, para valores mais baixos possíveis e economicamente viáveis.

A água não faturada tem uma enorme repercussão na faturação das Entidades Gestoras (EG) além do impacto negativo que causam a nível ambiental, infraestrutural, económico-financeira e social. Esta é ainda um tema preferencial para a comunicação social e associações de defesa do consumidor. A redução das perdas de água contribui para o aumento da credibilidade da Entidade Gestora tendo consequente efeito no valor da tarifa.

As perdas de água presentes nos sistemas de abastecimento encontram-se divididas em perdas reais e perdas aparentes. As perdas reais referem-se aos extravasamentos e fugas nos reservatórios, fugas nas condutas e fugas nos ramais de ligação enquanto que as perdas aparentes estão relacionadas com os erros de medição e com o consumo não autorizado.

A presente dissertação focar-se-á no desenvolvimento de estratégias de segmentação de redes de abastecimento de água através da implementação de Zonas de Medição e Controlo (ZMC), gestão e análise de ocorrências, monitorização da pressão e macromedição.

O objetivo principal da dissertação é a avaliação de processos de redução de perdas reais recorrendo-se para tal ao estudo e análise de caudais, nomeadamente os caudais noturnos, à análise de ocorrências em ZMC previamente definidas e ao controlo de pressões.

1.2. ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos organizados de forma a permitir uma boa compreensão da mesma. Apresenta-se, de seguida, a organização dos capítulos e uma breve explicação dos assuntos abordados:

- Capítulo 1: Neste capítulo faz-se uma abordagem geral do tema em estudo, enquadrando-se o tema num panorama económico, social e ambiental, e apresenta-se ainda o objetivo proposto pela presente dissertação.
- Capítulo 2: Capítulo onde se faz um enquadramento da dissertação no panorama nacional. Apresenta-se a constituição de um sistema de abastecimento de água, o setor do abastecimento de água em Portugal, nomeadamente legislação e planos em vigor, os modelos em vigor das entidades gestoras e os problemas enfrentados pelo setor em Portugal.
- Capítulo 3: Âmbito e definição concreta dos objetivos da presente dissertação.
- Capítulo 4: Apresentação da empresa Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo (SMSBVC): introdução histórica, estudo da rede e análise dos componentes referentes às perdas de água.
- Capítulo 5: Apresentação e definição do caso de estudo: localização, caracterização e análise das condições em vigor. Estudo de viabilidade de aplicação do controlo da pressão na zona em estudo.
- Capítulo 6: No último capítulo têm lugar as conclusões retiradas do presente estudo.
- Capítulo 7: Capítulo das recomendações para os trabalhos futuros.

2

PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DE UM SISTEMA PÚBLICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A Organização das Nações Unidas reconheceu, em agosto de 2007, como direito humano o acesso à água potável própria e de qualidade (ONU, 2007). A captação, tratamento, adução, reserva e distribuição de água até ao consumidor final deverá enquadrar exigências de prestação de um serviço, garantindo a qualidade, quantidade e continuidade. Em Portugal, o serviço público de abastecimento de água é dividido em sistemas em “alta” e em “baixa”.

Face ao crescimento acentuado da população a nível global, à variação dos consumos presentes na rede, à obrigação de cumprimento de parâmetros de qualidade de água, entre outros, a gestão de um SAA torna-se num desafio com importantes consequências a nível social, infraestrutural, económico e ambiental.

Na gestão de um sistema de abastecimento de água (SAA) incluem-se as fases de conceção, construção, operação, manutenção e reabilitação. De modo a garantir a sustentabilidade das entidades gestoras, o tarifário aplicado deve garantir a recuperação dos custos inerentes às fases acima referidas e acrescido de uma margem de lucro, de modo a garantir a cobertura dos gastos totais. A aplicação da tarifa social para famílias carenciadas e numerosas é recomendada pela Entidade Reguladora de Serviços de Água e Resíduos.

A gestão de um SAA encontra-se sujeita à avaliação, por parte da ERSAR, através de um conjunto de Indicadores de Desempenho preenchidos anualmente, como mecanismo de *benchmarking*.

2.1.1. CONSTITUIÇÃO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Segundo o Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território um sistema de abastecimento de água pode ser definido como o “conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos” (Ministério da Agricultura, 2012). Um sistema de abastecimento de água trata de todas as etapas desde o momento da captação da água até à distribuição e entrega ao consumidor final. Esta entrega tem de ser efetuada cumprindo determinados critérios tais como a qualidade da água, a constância na entrega dos caudais e a pressão adequada nos pontos de consumo. Estes sistemas têm dimensões variadas e são diferentemente dimensionados face à população a servir, critérios de instalação de equipamentos, necessidades de água, entre outros.

Estes equipamentos e instalações encontram-se distribuídos por funções de modo a permitir um bom funcionamento do sistema. As etapas do SAA são dimensionadas tendo em conta a entrega

ininterrupta de água aos consumidores finais e, para tal, têm de estar a funcionar em conjunto e eficientemente. Estas etapas são:

- 1) **Captação:** Etapa onde é efetuada, através de equipamento apropriado, a remoção da água no meio natural. Caso seja necessário, recorre-se a bombas de modo a fazer chegar a água à estação de tratamento.
- 2) **Tratamento:** Etapa onde se efetua o tratamento da água de modo a esta ser possível de consumir pelos clientes. Esta etapa é sujeita a criteriosos parâmetros de qualidade de modo a conservar a água na fase de armazenamento e distribuição.
- 3) **Adução:** Etapa intermédia entre o tratamento e o armazenamento. Nesta etapa efetua-se o transporte da água, após tratamento, até aos reservatórios.
- 4) **Armazenamento:** Instalações para onde a água é transportada da etapa de tratamento até ser entregue à distribuição final.
- 5) **Distribuição:** Entrega da água aos consumidores finais.

Na Figura 1 apresentam-se as etapas mencionadas anteriormente assim como todos os equipamentos de controlo de entrada e saída de água. Deste modo, é possível uma rápida e eficaz quantificação de água presente no sistema. Apresenta, ainda, uma diferença nos instrumentos de quantificação de caudais, uma vez que os medidores de caudal têm interesse exclusivo para a Entidade Gestora, enquanto que os contadores têm importância para a faturação de água ao cliente final.

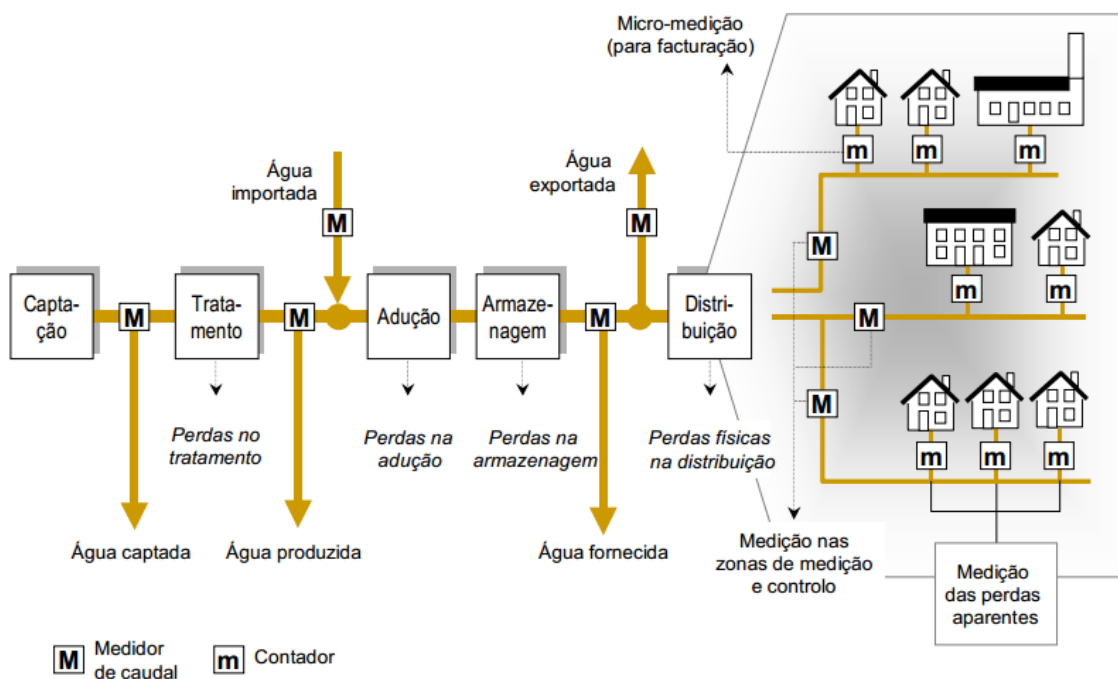


Figura 1 - Esquema de um sistema de abastecimento de água (Helena Alegre, 2004)

2.1.1.1. Captação de água

A necessidade de água que as populações exercem na rede de abastecimento tem como pressuposto inicial a captação da água, em algum momento, através de equipamentos apropriados de um meio natural. Este meio natural pode ser um curso de água (água superficial), água subterrânea ou água proveniente da chuva. Devido à facilidade de recolha e abundância de água, opta-se essencialmente pela recolha em cursos de água naturais tais como rios, albufeiras e lagos.

A escolha de um local de captação tem de obedecer aos aspetos quantitativos, qualitativos e ambientais.

Segue, em baixo, uma breve descrição de todos os meios, equipamentos e informação sobre o investimento inicial que cada um dos locais de captação de água implica (Figueiredo, 2012):

- ➔ Água Superficial: Água recolhida de um curso de água natural, de albufeira criada por obras de retenção ou lagos existentes. A nível de quantidade, esta solução, em norma, apresenta valores elevados não sendo assim em causa o abastecimento à rede. Relativamente à qualidade da água disponível, esta apresenta valores muito dispares necessitando sempre de um forte tratamento nas estações de tratamento de água (ETA) Esta solução tem como vantagem a simplicidade nos processos de construção.
- ➔ Água Subterrânea: Água proveniente de lençóis freáticos. Esta captação pode ser efetuada a diversos níveis podendo mesmo ser captada em superfície como acontece no caso de nascentes e afloramentos. A quantidade de água disponível é variável e pode ter caráter sazonal e a qualidade encontrada neste tipo de solução é geralmente boa. Apresenta como principal desvantagem a dificuldade de captação da água, sendo necessário um elevado investimento inicial.
- ➔ Água Pluvial: Água proveniente da chuva. A recolha é efetuada, maioritariamente, através dos telhados ou por estruturas montadas para essa finalidade. Serve essencialmente para abastecer pequenas populações. A quantidade disponível é reduzida e a qualidade da mesma é geralmente boa. A principal vantagem deste método é a facilidade de recolha da água.

As características apresentadas são muito relativas, uma vez que existem vários fatores que influenciam os parâmetros acima mencionados. A sazonalidade das estações do ano, os períodos de seca ou cheia, o uso recorrente de fertilizantes e pesticidas, descargas ilegais em cursos de água são alguns dos fatores que poderão alterar, em grande escala, as características previamente mencionadas, tornando assim estes fatores de difícil quantificação (Figueiredo, 2012).

2.1.1.2. Tratamento de água

A água captada, por norma, encontra-se com características não potáveis podendo causar problemas, caso haja consumo humano. Estas características podem provocar risco para a saúde pública havendo assim necessidade de tratamento das águas. Esta fase acarreta elevados custos sendo necessário optar, quando possível, por uma fonte de água de boa qualidade para evitar tratamentos agressivos.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, a qualidade da água é definida “através do cumprimento de um conjunto de limites de valores paramétricos (máximos e/ou mínimos) referentes a variadas substâncias microbiológicas, físicas, químicas, radiológicas e organoléticas” (International Standards for Drinking Water, 1958). Estes limites variam de país para país, estando em Portugal regulados pelo Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto, e pelo Decreto-Lei nº 243/01, de 5 de setembro.

Os tratamentos podem ser organizados por: Tratamento Físico, onde se faz a separação entre os elementos sólidos e líquidos presentes na água, Tratamento Químico, onde se faz a melhoria e correção de todas as substâncias químicas prejudiciais à saúde pública e Tratamento Biológico, que elimina todas as substâncias inorgânicas recorrendo ao uso de microrganismos.

Após a etapa de tratamento de água, a água é enviada para reservatórios, que por sua vez irão fazer o armazenamento de toda a água a abastecer ao consumidor final (Valente, 2013).

2.1.1.3. Armazenamento de água

O consumo de água ao longo do dia sofre grandes variações, uma vez que existem períodos onde o gasto de água é mais acentuado, tais como o início e o final do dia ou o início e o final da semana. Estas variações também ocorrem sazonalmente, porque durante o verão existe maior consumo de água e no inverno, por norma, os consumos são menores. Para evitar falta de água às populações, efetua-se um estudo para a realização de um reservatório de armazenamento de água. Este reservatório tem como principais funções a segurança e a economia do sistema de abastecimento de água. Isto é conseguido através da regularização dos caudais afluentes e dos caudais abastecidos à rede. O dimensionamento dos reservatórios é efetuada tendo em conta a ocorrência de incêndios e a avaria em condutas, sendo o volume resultante o maior dos dois dimensionamentos.

Os reservatórios são classificados quanto à sua capacidade e quanto à sua localização relativamente à superfície (Figura 2). A sua localização deve ter em conta as pressões impostas na rede, isto é, em casos em que a pressão seja insuficiente poderá ser necessário a instalação de outro reservatório, de modo a respeitar as pressões da rede (Valente, 2013).

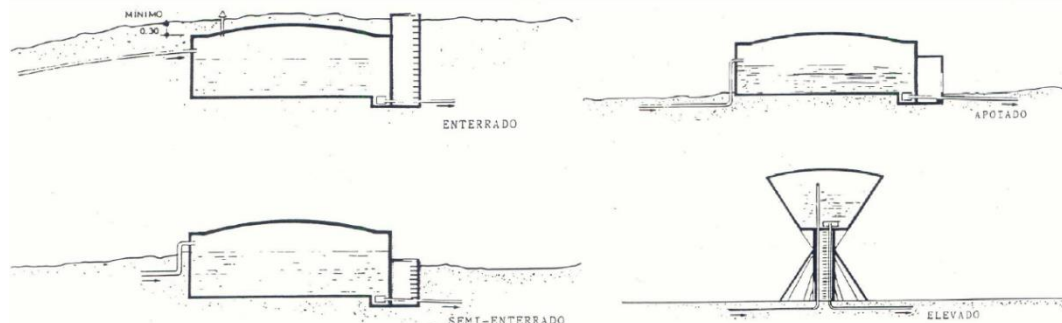


Figura 2 - Tipo de reservatórios face ao nível da soleira

2.1.1.4. Distribuição de água

Uma rede de distribuição de água tem como função levar a água armazenada nos reservatórios até ao consumidor final recorrendo a um sistema de condutas, ramais e equipamentos mecânicos.

As redes de abastecimento de água podem ser classificadas como redes ramificadas e emalhadas. As redes ramificadas caracterizam-se pela existência de um único caminho possível de ser efetuado pela água desde o momento de saída do reservatório até à chegada ao consumidor final. As redes emalhadas são caracterizadas pela existência de uma sucessão de caminhos possíveis de serem tomados pela água, originando assim opções diferentes dependentes das solicitações presentes na rede. As redes emalhadas apresentam uma resistência maior face às variações de pressão, uma vez que não são tão afetadas pelas solicitações existentes na rede porém, necessitam de um número maior de acessórios, tais como válvulas de fecho, para o correto funcionamento da rede. Atualmente utiliza-se

mais as redes emalhadadas em áreas urbanas, pois permitem reparações de certos troços de condutas sem que haja prejuízo para os consumidores enquanto que nas zonas rurais se opta pelas redes ramificadas.

O dimensionamento das redes de distribuição de água é efetuado para o caudal de ponta horário visto representar a situação mais crítica. Estes consumos são calculados tendo em conta o estudo do padrão de consumo diário, no caso de haver dados previamente conhecidos, ou pela estimativa de evolução da população a abastecer. A estes consumos adiciona-se ainda um fator de majoração (fator de ponta instantâneo) de modo a cobrir potenciais oscilações ocorridas na rede. Deste modo temos:

$$Q_p = f_p * Q_{dma} \quad (1)$$

em que,

Q_p = Caudal de ponta instantâneo (L/s)

f_p = Fator de ponta instantâneo

Q_{dma} = Caudal diário médio anual (L/s)

O fator de ponta instantâneo é obtido em função da população em estudo, enquanto que o caudal médio diário anual se obtém através das capitações e da população a abastecer. Este dimensionamento encontra-se condicionado por critérios de velocidades, critérios de pressões máximas e mínimas, critérios de implantação de condutas, entre outros.

As pressões presentes na rede encontram-se regulamentadas de modo a prevenir que a água entregue ao consumidor final se encontre com pressão reduzida ou com pressão excessiva. O limite inferior é de 100kPa e foi estabelecido para evitar prejuízo para o consumidor final e o limite superior é de 600kPa e foi estabelecido tendo em conta o perigo da abertura de torneiras e outros pontos de entrega de água (Decreto Regulamentar nº 23/95, 1995).

Segundo o Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de agosto, Artigo 7º, *“Na conceção de novos sistemas de distribuição pública de água deve ser tida em conta a necessidade de garantir um serviço adequado, traduzido pela continuidade de fornecimento, garantia de pressões nos dispositivos de utilização prediais entre um mínimo de 100kPa e um máximo de 600kPa, estabilidade da superfície piezométrica e minimização de zonas de baixa velocidade”* (Decreto Regulamentar nº 23/95, 1995).

“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” (Decreto Regulamentar nº 23/95, 1995):

$$H_n = 10 + 4n \quad (2)$$

sendo:

H_n = pressão ao nível do último piso (kPa)

n = número de pisos acima do solo, inclusive rés-do-chão

A entrega da água ao consumidor final realiza-se através da ligação de ramais de ligação às condutas de abastecimento de água. No caso de prédios de altura elevada a água poderá ser entregue a um reservatório, colocado no interior do prédio, através de bombagem sendo posteriormente entregue aos consumidores finais.

A rede de abastecimento de água é dividida ainda em sistema em “alta” e sistema em “baixa”. Esta distinção é efetuada tendo em conta que existem duas etapas fundamentais no fornecimento de água: a primeira - a captação e o tratamento da água - e a segunda – o armazenamento, distribuição e entrega

da água ao consumidor final. O sistema em “alta” refere-se à primeira etapa e o sistema em “baixa” refere-se às etapas posteriores ao armazenamento, inclusive.

2.2. ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PORTUGAL

O acesso a água potável é, desde a década de 90, uma realidade em grande parte do país. Contudo, as populações anteriores a esta década já garantiam o acesso a água através de aguadeiros ou sistemas primitivos de transporte e distribuição de água. Em casos de populações isoladas, o acesso a água era feito através da construção de poços artesanais ou ingestão direta dos cursos de água.

Durante a década de 1930 o Estado procedeu a uma reestruturação do setor da água efetuando estudos, financiando projetos e criando uma Secção de Melhoramentos de Águas e Saneamento. Já na década de 70 houve um incentivo à criação de serviços municipalizados de modo a permitir uma expansão do abastecimento de água pelo país. Criou-se a Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos e Saneamento Básico e posteriormente delegou-se a responsabilidade da gestão dos sistemas municipalizados aos municípios. Na década de 90 os valores dos níveis de atendimento face ao abastecimento de água em Portugal situavam-me nos 70% realçando-se este valor principalmente na zona litoral. No decorrer da década de 90 houve novo impulso para a progressão do setor graças à constituição do Grupo Águas de Portugal e à abertura do setor ao investimento privado (Pato, 2011).

2.2.1. LEGISLAÇÃO PORTUGUESA

No início do ano de 2000, foi elaborado pelo Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR I) com aplicação imediata e aplicável até ao ano de 2006. Este plano é essencial para o cumprimento das prioridades impostas na atribuição dos fundos comunitários atribuídos a Portugal e é um documento que estabelece uma série de objetivos orientadores ao bom funcionamento do setor.

O PEAASAR II é elaborado durante o ano de 2006 e tem como principal objetivo a continuação do trabalho começado pelo PEAASAR I, aplicando novas metas e objetivos a alcançar. Este documento estabelece metas ambientais e de gestão havendo a urgência de alcançar níveis de atendimento habituais em países desenvolvidos. Este documento manteve-se em funcionamento até ao ano de 2013, altura em que foi substituído pelo PENSAAR 2020.

O PEAASAR 2020 foca os problemas recorrentes do setor e define estratégias sustentáveis para as componentes afetas à sustentabilidade, originando assim uma aceitação de todos os setores da sociedade e uma contribuição para a manutenção de um setor de qualidade e excelência. Deste modo concilia uma ligação saudável entre as tarifas para os consumidores e proveito para a entidade gestora.

Estes planos surgem sempre no seguimento da atribuição de fundos comunitários. (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007)

2.2.1.1. PEAASAR I (2000-2006)

O PEAASAR I surge como um instrumento de planeamento à atribuição de fundos comunitários e encontra-se direcionado, principalmente, para os problemas do sistema em “alta”, sendo que a responsabilidade de resolução dos problemas do sistema em “baixa” foi atribuída aos municípios e respetivas entidades gestoras. O documento apresenta apenas projeções e metas e não resultados finais, uma vez que as metas apresentadas se revelaram algo ambiciosas. Este documento teve como objetivo fazer cumprir determinados parâmetros de modo a preencher os requisitos estabelecidos no Quadro Comunitário de Apoio III (QCA). As principais linhas orientadoras presentes no QCA passam pela requalificação ambiental, soluções integradas, alta qualidade do serviço e a garantia de sustentabilidade e partem do princípio do cumprimento da legislação nacional em todas as vertentes de um sistema de abastecimento de água (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007).

Este plano tinha como objetivo principal dotar 95% da população abastecida com água potável e 90% da população provida de saneamento de águas residuais. O investimento previsto para alcançar as metas definidas era de 4 230 milhões de euros excluindo deste valor todas os trabalhos relativos à garantia de quantidade e qualidade das origens de água, substituição de condutas e material necessário ao abastecimento e saneamento de água assim como medidas relativas à redução de perda de água (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007).

Ao nível da reorganização do território, o novo documento originou ainda a criação de novos modelos de gestão dos sistemas de abastecimento de água sob a forma de sistema municipal e sistema intermunicipal elevando assim o número de entidades gestoras. No Anexo A encontra-se representada a divisão territorial apresentada pelo PEAASAR I (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007) (ERSAR, INAG, 2007).

2.2.1.2. PEAASAR II (2007-2013)

No seguimento do PEAASAR I e após um período de reflexão e todas as conclusões retiradas, surge a necessidade de nova implementação de metas e ajuste de objetivos. Este documento foca a interligação e bom funcionamento dos sistemas em “alta” com os sistemas em “baixa”. Deste modo e de maneira a eliminar algumas lacunas presentes no PEAASAR I, este documento atenta fundamentalmente na resolução dos problemas dos sistemas em “baixa” (ERSAR, INAG, 2007).

A criação da Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos e a publicação do Regime Económico e Financeiro dos Recursos Hídricos veio dar uma responsabilidade acrescida às entidades gestoras visto que estes organismos estão obrigados a controlar o funcionamento e cumprimentos das normas estabelecidas. A ERSAR tem uma intervenção alargada a todo o tipo de modelos de gestão e pretende fazer a ligação entre os interesses do Estado e as entidades gestoras (ERSAR, INAG, 2007).

O PEAASAR II tem ainda como objetivo impor critérios e parâmetros às entidades gestoras de modo a que estas se possam candidatar aos fundos comunitários previstos no Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN), obrigando assim as entidades a atingirem determinado patamar antes de se poderem candidatar (ERSAR, INAG, 2007).

As principais linhas orientadas deste plano são a universalidade, continuidade e a qualidade do serviço, assim como a garantia de sustentabilidade do setor e a proteção dos valores de saúde pública e ambiental (ERSAR, INAG, 2007).

Os objetivos impostos a nível nacional passam por dotar o país com 95% da população total com acesso a abastecimento de água potável e 90% de acesso a redes de saneamento, por impor indicadores de desempenho de modo a fazer um controlo mais pormenorizado do setor e por estabelecer critérios de cobrança de tarifas compatíveis com a população em causa. Do ponto de vista da sustentabilidade, tentou garantir-se a amortização do investimento através da prestação dos serviços, melhoria e otimização da gestão da entidade e eliminação de custos relativos à falta de eficiência da rede e a contribuição da dinamização do setor privado a nível nacional e local (ERSAR, INAG, 2007).

Ao nível do investimento necessário para a concretização das metas impostas, este foi dividido em sistema em “alta” com um investimento estimado de 1 600 milhões de euros e em sistema em “baixa” com um investimento de 2 200 milhões de euros (Conselho Nacional da Água, 2014). Este investimento teve aplicação na interligação dos dois sistemas referidos, na renovação e reabilitação dos processos relativos à redução de perdas totais de água e na substituição dos sistemas unitários por sistemas separativos (ERSAR, INAG, 2007).

2.2.1.3. PENSAAR 2020

A aplicação do PEAASAR II obrigou o setor a efetuar remodelações profundas no modo de operação dos mesmos. Estas mudanças introduziram metodologias e critérios uniformes por todo o país criando assim instituições cuja principal função é assegurar o bom funcionamento e competitividade do setor.

Este documento, ao contrário dos outros, apresenta um objetivo principal virado à componente da gestão dos sistemas de abastecimento de água. Deste modo, o documento aponta para uma eficaz gestão dos ativos, melhoria da qualidade do serviço e garantir a sustentabilidade das entidades, além dos objetivos presentes nos documentos precedentes (Conselho Nacional da Água, 2014).

O PENSAAR 2020 encontra-se dividido segundo 5 eixos, isto é, 5 objetivos claramente definidos garantindo assim a sustentabilidade do setor. Estes objetivos são (Conselho Nacional da Água, 2014):

- 1) Eixo 1: Proteção do ambiente e melhoria das qualidades das massas de água;
- 2) Eixo 2: Melhoria da qualidade dos serviços prestados;
- 3) Eixo 3: Otimização e gestão eficiente dos recursos;
- 4) Eixo 4: Sustentabilidade económico-financeira e social;
- 5) Eixo 5: Condições básicas e transversais.

Para cada um destes eixos foram definidos objetivos operacionais (ver Figura 3), estando cada um destes objetivos sujeitos a indicadores de avaliação de qualidade do serviço, de modo a facilitar o acompanhamento do cumprimento das tarefas (Conselho Nacional da Água, 2014).



Figura 3 - Eixos e objetivos operacionais definidos no PENSAAR 2020.

O financiamento foi atribuído tendo em conta as dificuldades de concretização de cada objetivo e a importância do mesmo. Deste modo o Eixo 3 será o mais beneficiado em detrimento do Eixo 4. Este programa encontra-se atualmente em vigor, tem como limite o ano de 2020 e disponibiliza cerca de 3700 milhões de euros a utilizar para a concretização dos objetivos estabelecidos (Conselho Nacional da Água, 2014).

2.2.1.4. PO SEUR

O Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (PO SEUR) é uma ferramenta criada pelo PENSAAR 2020 e tem como principal função garantir o uso dos recursos disponíveis com a maior eficiência possível. Este programa visa garantir o crescimento sustentável do setor utilizando a menor quantidade possível de recursos criando ao mesmo tempo riqueza, postos de emprego e aumento do conhecimento disponível.

De forma semelhante ao PEAASAR II, o PO SEUR assenta sobre 3 eixos principais estando estes relacionados intimamente com uma perspetiva de sustentabilidade do setor e do ambiente. Os eixos referidos são (2015):

- 1) Eixo 1: Apoiar a transição para uma economia com baixas emissões de carbono em todos os setores
- 2) Eixo 2: Promover a adaptação às alterações climáticas e a prevenção e gestão de riscos
- 3) Eixo 3: Proteger o ambiente e promover a eficiência dos recursos

Os domínios inerentes ao PO SEUR, apresentados anteriormente, podem ser resumidos pelo .

Quadro 1.

Quadro 1 - Domínios de intervenção do PO SEUR

		Domínios transversais	
		Abordagem territorial	Reforma da Administração Pública
Domínios temáticos	Competitividade e Internacionalização	Objetivos temáticos (OT) centrais: OT 1 - Reforço da investigação, do desenvolvimento tecnológico e da inovação OT 2 - Melhoria do acesso às TIC, bem como a sua utilização e a sua qualidade OT 3 - Reforço da competitividade das PME OT 7 - Promoção de transportes sustentáveis e eliminação dos estrangulamentos nas infraestruturas das rede OT 11 - Reforço da capacidade institucional das autoridades públicas e das partes interessadas e da eficiência da administração pública	
	Inclusão Social e Emprego	OT centrais: OT 8 - Promoção da sustentabilidade e da qualidade do emprego e apoio à mobilidade dos trabalhadores OT 9 - Promoção da inclusão social e combate à pobreza e à discriminação	
	Capital Humano	OT central: OT 10 - Investimentos na educação, na formação e na formação profissional para a aquisição de competências e a aprendizagem ao longo da vida	
	Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos	OT centrais: OT 4 - Apoio à transição para uma economia de baixo teor de carbono, em todos os setores OT 5 - Promoção da adaptação às alterações climáticas e prevenção e gestão dos riscos OT 6 – Preservação e proteção do ambiente e promoção da utilização eficiente dos recursos	

Quanto à estrutura deste plano temos a Comissão Diretiva, o Comité de Acompanhamento e o Secretariado Técnico estando este último sob a alçada da Comissão Diretiva. A Comissão Diretiva é responsável por todo o acompanhamento do programa assim como a gestão, execução e bom funcionamento do mesmo. O Comité de Acompanhamento é responsável pela execução do programa, averiguação do progresso e pela análise de questões levantadas durante a execução do programa. Este comité é composto por todas as entidades envolvidas na execução do programa e ainda por organizações de carácter económico e social de relevo nacional (Agência Portuguesa do Ambiente, Governo de Portugal, 2012).

2.2.1.5. PNUEA

O Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água vem de encontro à necessidade de otimização das entidades gestoras face aos problemas de desperdício de água. Este plano, ao contrário dos outros, foca exclusivamente a temática das perdas de água e otimização na sua utilização. Visto que Portugal é um país com alguma regularidade climática, é necessário proceder à conservação de toda a massa de água disponível. Este documento foi sendo desenvolvido desde o início dos anos 2000 e teve a sua implementação no ano de 2012, sendo a validade do mesmo o ano 2020 (Agência Portuguesa do Ambiente, Governo de Portugal, 2012).

O principal objetivo proposto é *“a promoção do Uso Eficiente da Água em Portugal, especialmente nos setores urbano, agrícola e industrial, contribuindo para minimizar os riscos de escassez hídrica e para melhorar as condições ambientais nos meios hídricos, sem pôr em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país.”* (Agência Portuguesa do Ambiente, Governo de Portugal, 2012).

Com a implementação deste documento pretende-se ainda diminuir os volumes de água rejeitada e a redução da energia consumida. Os resultados daí provenientes passam por uma nova consciencialização do uso da água, melhoria e otimização no transporte e distribuição da água e melhorias do ponto de vista económico e ambiental (Agência Portuguesa do Ambiente, Governo de Portugal, 2012).

2.2.2. SETOR EM PORTUGAL

O setor da água em Portugal tem sofrido algumas alterações nos anos mais recentes em prol da melhoria do serviço e da qualidade. Portugal conta com cerca de 10,46 milhões de habitantes (INE, 2011) estando estes localizados por 18 Distritos e 2 Governos Regionais. Historicamente, o país tem sofrido uma evolução bastante considerável tendo visto o acesso ao abastecimento de água aumentar de valores de cerca de 80% nos anos 90 até aos atuais 95%, valores registados em 2011. O nível de acesso a água potável também sofreu um aumento: em 1993 registaram-se valores na ordem 50% e atualmente regista-se o valor de 98%, valores de 2011 (Gestão do ciclo urbano da água: Que soluções para a sustentabilidade?, 2012).

A acessibilidade física do serviço aumentou significativamente na ordem de aproximadamente 1% ao ano. Por outro lado, o nível de adesão de serviço apresenta valores algo inferiores ao nível de atendimento. Isto justifica-se pelo recurso a poços artesanais nas populações mais isoladas acabando por se tornar uma solução economicamente mais viável (Gestão do ciclo urbano da água: Que soluções para a sustentabilidade?, 2012).

2.2.2.1. Modelos de Gestão

A distribuição de água pelas populações é da responsabilidade de um conjunto de organizações com um objetivo em comum. Esta responsabilidade é partilhada pelo Estado e pelos municípios. O Estado é responsável pela componente multimunicipal, ou seja, todos os sistemas relativos a dois ou mais municípios, cujo investimento seja da obrigação do Estado e em prol de interesses nacionais. Os municípios responsabilizam-se pelos sistemas municipais. De modo a serem mais eficazes, estes últimos podem reorganizar-se entre eles, dando origem a associações de municípios.

A escolha do modelo de gestão dos sistemas de abastecimento de água encontra-se dependente de vários fatores e em Portugal, uma vez que existem mais de 500 entidades gestoras, existe uma variabilidade grande na escolha dos modelos. No Quadro 2 (Jaime Baptista Melo, 2013) apresentado abaixo sumariza-se os modelos de gestão usados em Portugal e o tipo de parceria efetuada.

Quadro 2 - Modelos de gestão das empresas de água

MODELOS DE GESTÃO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE TITULARIDADE ESTATAL		
Modelo	Entidade Gestora (EG)	Tipo de parceria
Gestão direta	Estado	Sem parceria
Delegação	Empresa pública	Sem parceria
Concessão	Entidade concessionária multimunicipal	Parceria Público-Pública podendo evoluir para parceria Público-Privada
MODELOS DE GESTÃO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE TITULARIDADE MUNICIPAL OU INTERMUNICIPAL		
Modelo	Entidade Gestora (EG)	Tipo de parceria
Gestão direta	Serviços municipais	Sem parceria
	Serviços municipalizados	Sem parceria
	Associação de municípios	Parceria Público-Pública
Delegação	Empresa municipal pública	Sem parceria
	Empresa Intermunicipal pública	Parceria Público-Pública
	Empresa municipal ou intermunicipal de capitais totalmente ou maioritariamente públicos	Parceria Público-Pública ou Parceria Público-Privada respetivamente
	Junta de freguesia e associação de utilizadores	Parceria Público-Pública
Concessão	Entidade concessionária multimunicipal	Parceria Público-Privada

2.2.2.2. Organização Territorial do setor em Portugal

Em Portugal, a componente do abastecimento de água considerada em “alta” é controlado essencialmente pelas Águas de Portugal (AdP). O grupo AdP detém cerca de 80% da água em “alta” e encontra-se organizado em 19 entidades gestoras, situação em finais de 2014, estando em curso uma reorganização do grupo AdP. A proposta em curso vai agrupar algumas entidades gestoras dando assim origem a 5 sistemas com maior dimensão e escala (Governo de Portugal, 2014).

A Figura 4 (Governo de Portugal, 2014) apresenta a reorganização do grupo AdP.

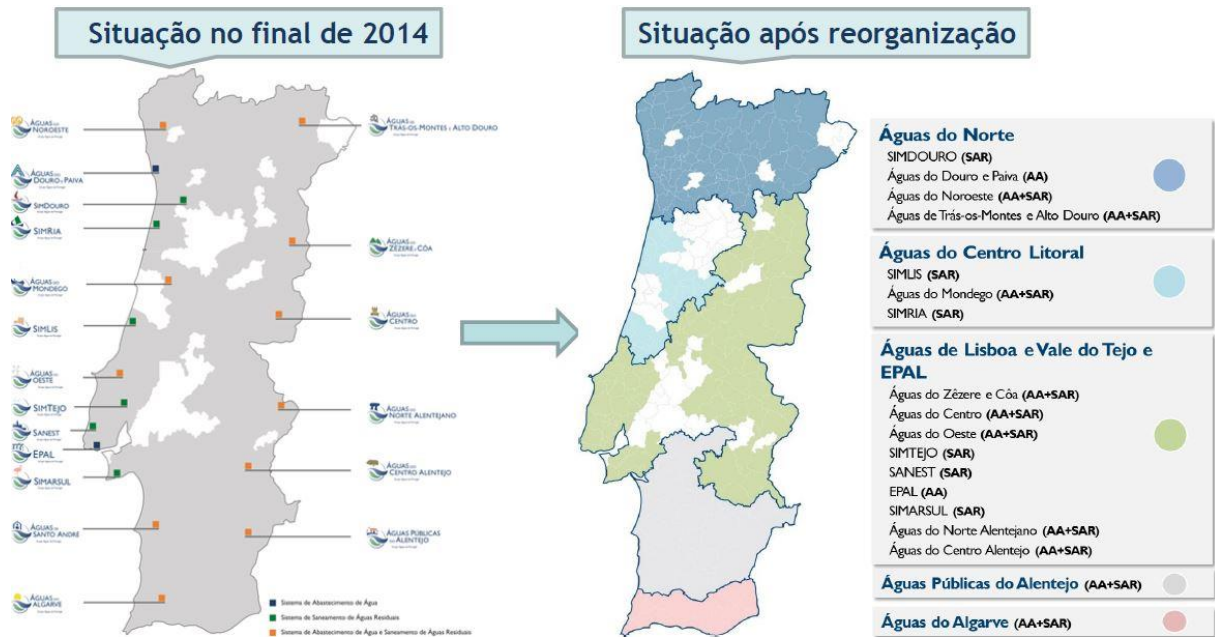


Figura 4 - Reorganização do grupo AdP

O Quadro 3 apresenta a quantidade de entidades gestoras na componente em “baixa” relativamente ao tipo de modelo de gestão em prática, assim como dados relativos ao impacto que cada Entidade Gestora tem. As concessões municipais, apesar do número reduzido, através da pequena área de atuação, acabam por ter uma densidade populacional bastante elevada. Contrariamente, os serviços municipais, que apesar do elevado número, abrangem uma área muito grande, reduzindo assim a densidade populacional (Jaime Baptista Melo, 2013).

Quadro 3 - Panorama dos serviços de abastecimento de água em baixa (RASARP, 2012)

Submodelo de gestão	Entidades gestoras	Concelhos abrangidos	Área abrangida (km ²)	População abrangida (milhares de hab.)	Densidade populacional (hab./km ²)
Concessões multimunicipais	2	2	160	575	3 594
Concessões municipais	27	32	7 448	1 808	243
Parcerias Estado/municípios	1	10	1 476	332	225
Empresas municipais ou Intermunicipais	24	29	9 052	1 766	195
Serviços municipais	191	191	62 322	3 107	50
Serviços municipalizados	22	24	8 439	2 232	264
Outros submodelos de gestão/ /não aplicável	113	21	1 632	77	47

A nível nacional, para o sistema em “baixa”, existe uma grande dispersão do tipo de modelo de gestão aplicado. Esta dispersão deve-se ao tipo de acordos efetuados entre municípios e Estado, à dimensão e escala de cada EG, entre outros fatores.

A Figura 5 mostra a distribuição geográfica da componente em “baixa” no território nacional. Analisando a Figura 5, é possível verificar que os serviços municipais são o modelo predominante e têm particular importância nas zonas mais interiores de Portugal. Por outro lado, as zonas urbanas encontram-se abastecidas essencialmente por concessões de municípios. Existem ainda alguns

concelhos com duas ou mais entidades podendo assim indicar uma tentativa de aumento de dimensão das entidades gestoras (Jaime Baptista Melo, 2013).

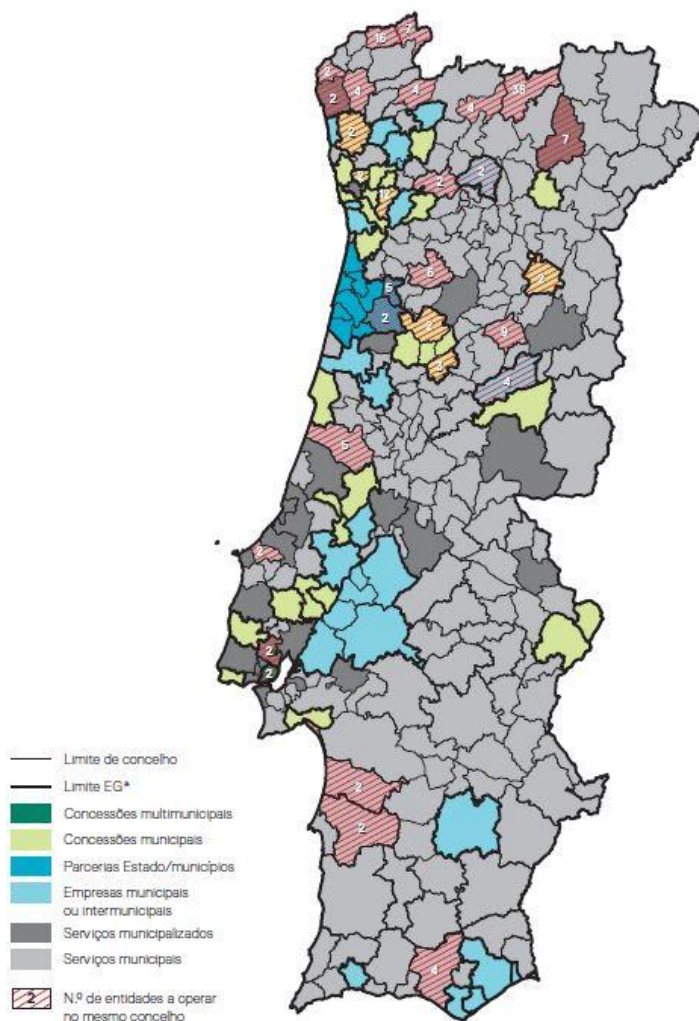


Figura 5 - Distribuição geográfica dos serviços de abastecimento em “baixa” (RASARP, 2012)

2.2.2.3. Problemas enfrentados pelo setor em Portugal

O setor da água em Portugal encontra-se sob nova reorganização quer a nível territorial quer a nível de gestão, passando pela componente económico-financeira e pela qualidade de prestação de serviços. Estes problemas encontram-se referenciados no PEAASAR II e podem ser enumerados da seguinte forma (ERSAR, INAG, 2007):

Problemas de natureza estrutural:

- ➔ Níveis de atendimento às populações em quantidade e qualidade que ainda não atingem plenamente os padrões de qualidade de vida e proteção ambiental exigíveis numa sociedade moderna e desenvolvida;
- ➔ Gestão separada do abastecimento de água e do saneamento de águas residuais, com ausência de integração na perspetiva do ciclo urbano da água, não permitindo uma correta articulação entre captações e rejeições;

- Deficiente articulação entre as vertentes em “alta” e em “baixa”, com consequências na plena operacionalidade das infraestruturas construídas e no atendimento ao público;
- Existência de um número significativo de sistemas de pequena dimensão, insuscetíveis de obtenção de economias de escala;
- Insuficiente regulamentação dos modelos de gestão direta autárquica (serviços autárquicos, serviços municipalizados, empresas municipais).

Problemas de natureza operacional:

- Falta de capacidade de gestão e de operação dos serviços em muitos sistemas municipais, pela inexistência de uma lógica empresarial e pela carência de recursos humanos especializados, prevalecendo frequentemente uma lógica com pouca racionalidade económica, com consequências negativas na otimização da relação entre custo e qualidade de serviço;
- Qualidade da água distribuída ainda deficiente em alguns casos pontuais, verificando-se que nem todas as análises exigidas foram realizadas e algumas apresentaram violações face à legislação existente;
- Elevado nível de água não faturada nos sistemas de abastecimento de água, seja por consumo não medido, seja por perdas físicas devidas, nomeadamente, a roturas resultantes de ausência de estratégias de reabilitação;
- Deficiente planeamento dos investimentos e da sua execução, que se traduz em situações de inoperacionalidade de algumas infraestruturas devido à falta de outras que as deveriam completar;
- Elevado nível de envelhecimento precoce e de degradação de muitos sistemas, com grande número de avarias, implicando a necessidade de reparações e de interrupções de funcionamento, em consequência de ausência de estratégia de gestão patrimonial das infraestruturas.

Problemas de natureza económico-financeira:

- No que respeita às tarifas praticadas pelas autarquias junto dos consumidores, importantes diferenças de valores médios dentro do País e dentro da mesma região para o abastecimento público de água, sem correlação evidente com a escala do sistema, com a população servida ou com a qualidade do serviço prestado, e grande variabilidade de políticas tarifárias, com frequente falta de racionalidade no respetivo cálculo, e de periodicidade de faturação;
- Grande desfasamento entre as tarifas praticadas e as tarifas necessárias numa lógica de recuperação de custos, com frequente insuficiência para a cobertura dos custos reais em sistemas municipais sob gestão autárquica, o que contraria o disposto no Art.º 9º da Diretiva Quadro da Água;
- Elevadas necessidades financeiras para atingir os objetivos estabelecidos, que em boa parte não poderão ser cobertas por subsídios;
- Dificuldade de cobertura das necessidades de investimento e de pagamento dos custos de financiamento através do *cash-flow* gerado, em muitas regiões, nomeadamente nas de baixa densidade populacional, sugerindo a necessidade de estabelecer mecanismos de solidariedade entre regiões, de modo a permitir a fixação de tarifas socialmente aceitáveis;

- Elevado nível de dívidas dos municípios às empresas concessionárias multimunicipais e municipais.

Problemas de natureza ambiental:

- Situações ainda existentes de incumprimento da legislação ambiental em vigor, por desajustamento das infraestruturas às exigências legais, por falta de realização de investimentos em infraestruturas e por problemas na exploração das existentes;
- Necessidade de adaptação das infraestruturas construídas às exigências futuras.

A falta de dimensão das entidades gestoras provoca um grave problema ao nível das tarifas. A falta de maximização dos fatores de lucro assim como a incapacidade de se obter custos de produção baixos provocam situações de instabilidade nas entidades gestoras. Deste modo é necessário, quando possível, agregar diversas entidades gestoras minorando assim os custos de investimento e produção e maximizando os lucros através de fatores de escala.

Em Portugal, existe ainda uma disparidade de tarifas entre o Litoral e o Interior. Esta disparidade ocorre porque os custos de produção no interior são mais elevados e as tarifas não revelam estes custos. Por sua vez, a população abastecida é bastante inferior no interior tornando assim os custos de distribuição de água mais elevados e, mais uma vez, criando instabilidade económico-financeira na entidade gestora. Isto tem ainda implicação do ponto de vista de justiça social originando grandes diferenças de tarifas entre diversos municípios.

Outro problema recorrente de grande parte das entidades gestoras é a incapacidade de recuperação dos custos de investimento iniciais e de operação dos sistemas de abastecimento através da aplicação de tarifas. A manutenção/reparação que as redes exigem e a não manutenção das mesmas implica ainda custos acrescidos, piorando o cenário presente nas entidades gestoras.

O dimensionamento das redes de abastecimento exige que se efetuem várias considerações. Uma das considerações que leva ao sobredimensionamento das redes é a estimativa populacional para o ano horizonte de projeto. Esta estimativa, muitas vezes, não se verifica originando assim custos adicionais e perdas associadas ao sobredimensionamento das redes. Verifica-se ainda a falta de cumprimento de normas ambientais, devido à falta de capacidade de reparação das infraestruturas tornando o problema mais grave ao longo do tempo.

2.3. PERDAS DE ÁGUA

A racionalização e o uso eficiente da água, como referido anteriormente, tem fortes implicações ao nível da saúde financeira das entidades e do impacto ambiental provocado por estas uma vez que a água desperdiçada é água não faturada.

A água não faturada em Portugal ronda os 35% sendo este um valor bastante elevado para a atual situação do País. Esta água não faturada tem um impacto duplamente negativo nas entidades gestoras uma vez que, sendo esta água captada do meio hídrico, implica custos relativos à captação de água, tratamento e transporte acabando no futuro por ser desperdiçada implicando assim a não cobrança da mesma (ERSAR, 2013).

A ERSAR considera como “limiar técnico aceitável de água não faturada o valor de 20% da água entrada nos sistemas de abastecimento, os operadores incorreram em custos por água captada, tratada distribuída, mas que acaba por não ser faturada, de cerca de 167 milhões de euros, existindo por isso um grande potencial de melhoria” (ERSAR, 2013).

De um modo sucinto é possível separar as perdas totais de água em perdas reais e perdas aparentes tendo estas diversas origens. As perdas reais relacionam-se com perdas físicas enquanto que as perdas aparentes são perdas não físicas, isto é, derivadas de consumos ilícitos ou erros de leitura/medição dos contadores. Apresenta-se de seguida um esquema das origens das perdas de água (Figura 6 (Farley, 2008)). A figura mostra que as perdas reais são derivadas de fugas em condutas, ramais e reservatórios enquanto que as perdas aparentes se relacionam com erros em contadores, uso não autorizado e erros de registo e processamento de dados.

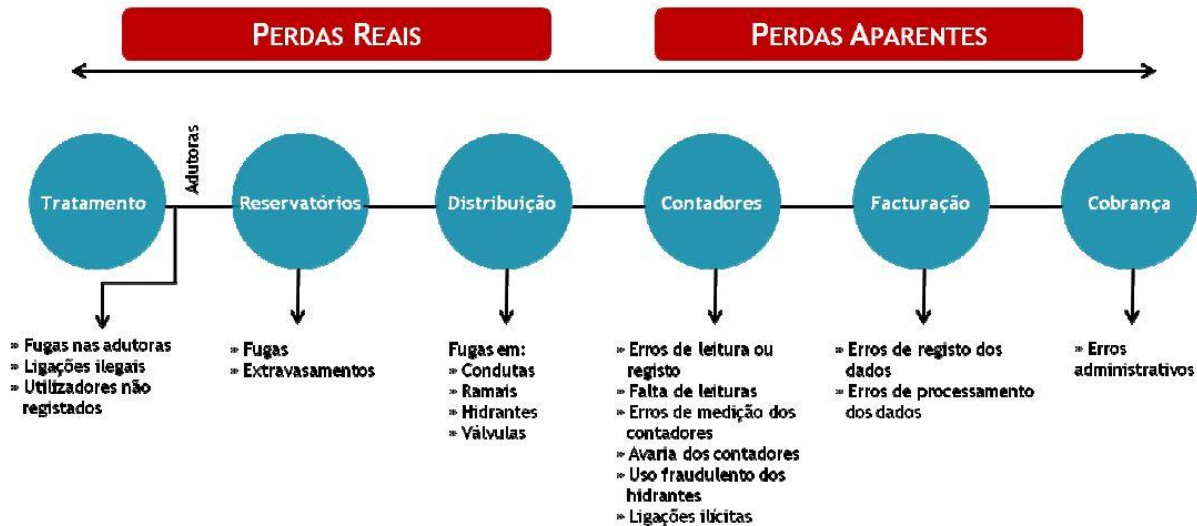


Figura 6 - Componentes das perdas de água

A aplicação de medidas de redução de perdas de água, tanto reais como aparentes, implica investimento das EG quer ao nível de estratégias não infraestruturais como infraestruturais. As estratégias não infraestruturais incluem a formação dos recursos humanos, a sensibilização da população servida, a instrumentação (medidores de caudal, válvulas redutoras de pressão, sensores de pressão) e tecnologia associadas (softwares de gestão de operação e manutenção, telegestão, SIG, telemetria, entre outros). As estratégias infraestruturais incluem renovação e reabilitação de rede e reservatórios, mudança de esquema de funcionamento e segmentação de redes. Da aplicação das medidas anteriormente referidas pode resultar uma poupança de energia significativa.

2.3.1. BALANÇO HÍDRICO

O método utilizado nacionalmente e internacionalmente para a caracterização das entidades gestoras é o Balanço Hídrico (BH). Este método fornece dados relacionados com a gestão e operacionalidade assim como uma análise comparativa de todos os elementos constituintes da entidade gestora e é efetuado para o período de um ano. Apresenta-se de seguida um exemplo de Balanço Hídrico (Quadro 4) usado numa qualquer entidade gestora em Portugal (Poças-Martins, 2014)

Quadro 4 - Balanço Hídrico

Água Entrada no Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Facturado	Consumo Facturado Medido	Água Facturada	
			Consumo Facturado Não Medido		
	Perdas de Água	Consumo Autorizado Não Facturado	Consumo Não Facturado Medido	Água Não Facturada	
			Consumo Não Facturado Não Medido		
		Perdas Aparentes	Consumo Não Autorizado		
			Erros de Medição		
		Perdas Reais	Fugas nas Condutas		
			Fugas nos Reservatórios		
			Fugas no Ramais		

A situação ideal, mas considerada impraticável, considera que a Água Entrada no Sistema (AES) é igual à Água Faturada (AF). Esta situação é impossível de se concretizar uma vez que as perdas de água são uma realidade bem presente em todas as entidades gestoras assim como situações de oferta de água.

O Balanço Hídrico encontra-se dividido por:

- Água Entrada no Sistema (AES): Esta parcela do BH fornece-nos, tal como indicado, o volume total de água que entra no sistema. O controlo desta quantidade de água é obtido através da colocação de um medidor de caudal à saída do reservatório permitindo assim ter um controlo bastante preciso;
- Consumo Autorizado (CA): O consumo autorizado é a quantidade de água faturada ou não faturada, medida ou não medida fornecida a consumidores autorizados pela EG;
- Perdas de água (PA): Volume de água desperdiçado pela EG. Este volume obtém-se subtraindo à Água Entrada no Sistema o Consumo Autorizado;
- Consumo Autorizado Faturado (CAF): Volume de água faturada pela EG. Este volume é o somatório de todas as faturas emitidas sendo a parcela que gera receita para a EG;
- Consumo Autorizado Não Faturado (CANF): Este consumo está relacionado com potenciais doações de água e usos por parte dos bombeiros. É um volume de água que não gera receita para a EG mas havendo conhecimento por parte da EG;

- ➔ Perdas Aparentes de Água (PAA): Volumes de água relacionados com erros ligados à medição de contadores, erros de medição, furtos e ligações clandestinas. Esta componente representa as perdas não físicas de água presentes nos sistemas de abastecimento de água;
- ➔ Perdas Reais de Água (PRA): Componente física das perdas de água, isto é, volume de água perdido ou desperdiçado entre o reservatório e o contador de água;
- ➔ Consumo Faturado Medido (CFM): Consumo registado pelos contadores e emitido nas faturas dos clientes;
- ➔ Consumo Faturado Não Medido (CFNM): Parcela cobrada aos clientes tendo como base uma estimativa do consumo real;
- ➔ Consumo Não Faturado Medido (CNFM): Consumo relativo a eventuais doações e “borlas” efetuadas pelas EG como meio de persuasão de investimento privado;
- ➔ Consumo Não Faturado Não Medido (CNFNM): Componente relativa ao uso de água por parte dos bombeiros em caso de incêndios, usos públicos de água tais como regas e lavagens de carro;
- ➔ Usos Não Autorizados (UNA): Usos provenientes de furtos de água. Estes furtos podem ser efetuados através de ligações indevidas à rede, manipulação de contadores entre outros;
- ➔ Erros de Medição (EM): Erros associados ao mau funcionamento dos contadores. Em regra, os contadores para valores de caudais reduzidos encontram dificuldade no registo dos caudais.
- ➔ Fugas em Conduitas (FC): Volumes de água perdidos devido a roturas em condutas, má construção nas ligações entre condutas e caixas de visita;
- ➔ Fugas nos Reservatórios (FR): Volumes de água perdidos devido a extravasamentos e fugas das paredes e ligações dos reservatórios;
- ➔ Fugas em Ramais de Ligação (FRL): Fugas ocorridas pela quebra e rotura dos ramais.

Uma última análise realizada pelo BH é a relação da AES com a AF e ANF. Deste modo é possível calcular a ANF tendo acesso à AES e à AF.

$$ANF = AES - AF \quad (3)$$

Esta análise, apesar da simplicidade, permite ter uma ideia do desempenho das EG em estudo. A adoção deste método deve-se ao facto de haver facilidade na discriminação dos volumes de água em várias parcelas originando assim uma rápida quantificação de todas as entradas e saídas de água. Este método é aplicável tanto a EG de grande dimensão até às de menor dimensão. Apresenta ainda vantagens económicas uma vez que não é preciso grande investimento para a elaboração do mesmo.

2.3.2. PERDAS APARENTES

A definição de perdas aparentes refere-se a todo o tipo de perdas não físicas. São perdas relacionadas com o furto de água através de ligações indevidas à rede de abastecimento de água e à manipulação de contadores. Este tipo de perdas é de difícil deteção uma vez que é necessário uma inspeção visual cuidadosa do ato ilícito provocando grande prejuízo à EG. Na Figura 7 apresentada enumeram-se, de forma sumária, as componentes referentes às perdas aparentes.



Figura 7 - Componentes das perdas aparentes.

Um método frequente de furto de água é a utilização indevida de marcos de incêndio por parte de entidades externas aos bombeiros. Isto acontece quer em marcos públicos ou acessíveis à população geral ou em bocas-de-incêndio situadas dentro das habitações. Encontram-se ainda algumas irregularidades na leitura dos contadores devido à degradação e idade avançada dos mesmos.

De modo sumário apresenta-se uma caracterização das componentes das perdas aparentes.

- 1) Uso não autorizado: Esta componente está relacionado com o furto de água quer seja por ligações indevidas à rede ou por aproveitamento do mau funcionamento dos contadores;
- 2) Erros humanos: Erros relacionados com a má leitura de contadores ou estimativas mal efetuadas;
- 3) Erros de medição: Erros provenientes dos contadores. Estes erros acontecem devido ao estado de degradação dos contadores, idade avançada dos mesmos e violação dos contadores.
- 4) Erros informáticos: Estes erros estão intimamente relacionados com os erros humanos e ocorrem devido à falha de processamento dos dados.

2.3.3. PERDAS REAIS

Estas perdas são perdas físicas e correspondem à água produzida e transportada pela entidade gestora que acaba por não chegar ao destino final. A quantificação das perdas reais é realizada com o auxílio do caudal mínimo noturno. O consumo noturno é composto por um consumo mínimo, correspondente essencialmente ao consumo de indústrias e pequenos focos de consumo doméstico de água, e pelas perdas reais. A Figura 8 representa um exemplo a evolução dos caudais noturnos ao longo dos dias sendo possível verificar o aparecimento de fuga, picos de consumos noturnos e a variação do consumo ao longo dos dias.

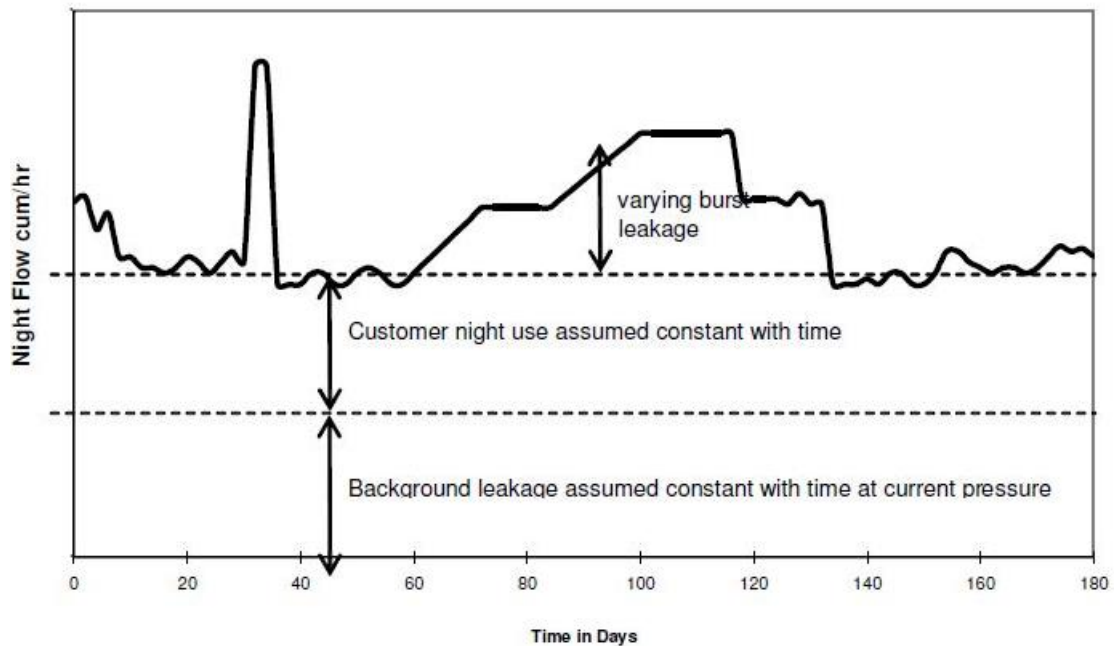


Figura 8 - Variação no tempo das fugas

Estas fugas acontecem entre o reservatório e o ramal de ligação. Caso ocorra perda de água entre o contador e o ponto de entrega de água então a responsabilidade é do consumidor e não da entidade gestora.

Os principais fatores que estão na origem das perdas reais estão relacionados com o estado e características da rede, condições de serviço e modo de instalação das condutas. Apresenta-se, de seguida, os principais fatores que influenciam as perdas reais (Helena Alegre, 2005):

- 1) Estado das condutas e outros componentes, o seu material, a frequência de fugas e de roturas;
- 2) A pressão de serviço média, quando o sistema está pressurizado;
- 3) Densidade e comprimento médio de ramais;
- 4) Localização do medidor domiciliário no ramal;
- 5) Comprimento total de condutas;
- 6) Tipo de solo e condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;
- 7) Percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado.

Este tipo de perdas pode ser caracterizado face ao caudal libertado pela fissura/rotura, duração da fuga e pela frequência e número total de ocorrências. As perdas reais, antigamente, eram quantificadas em volumes mas este método foi descontinuado visto que o rigor e a precisão de cálculo não permitia a deteção das fugas de forma imediata. Devido a ser difícil localizar no tempo e no espaço este tipo de perdas, é necessário equipamento de deteção com atualizações instantâneas de modo a que a água perdida seja a mais reduzida possível. Em muitos casos, este tipo de fugas não são visíveis originando grandes volumes de água perdidos sendo apenas detetadas quando surgem mudanças evidentes no solo.

As componentes em que se dividem as perdas reais são:

- 1) Fugas em condutas: Fugas originárias por fissuras nas condutas ou por má ligação entre condutas ou entre condutas e caixas de visita. Estas fissuras podem ir desde pequenos orifícios a rasgões variando deste modo o caudal das fugas;
- 2) Fugas em ramais: Água perdida devido a problemas com os ramais de ligação. As fugas acontecem em fissuras e nas más ligações;
- 3) Extravasamento e fugas em reservatórios: Água perdida pelo topo dos reservatórios devido a problemas técnicos ou excedente de água e por eventuais problemas estruturais do reservatório.

A água perdida e registada como perda real é, geralmente, resultado de pequenos orifícios ou fissuras presentes nas condutas e ramais de ligação. Estas fugas apresentam características no tempo e espaço que influenciam a quantidade de água perdida. Deste modo é importante realçar o impacto que estas provocam na rede de abastecimento de água.

As fugas originárias por orifícios e fissuras podem ser caracterizadas em:

- 1) Fugas facilmente detetáveis;
- 2) Fugas dificilmente detetáveis;
- 3) Fugas base

O primeiro grupo é resultado de uma fissura de grandes dimensões havendo um impacto grande no caudal fornecido à rede sendo de fácil deteção uma vez que, em muitas entidades, surgem alertas em caso de anomalias espontâneas. Este tipo de fugas provoca grande impacto no dia-a-dia das pessoas havendo logo um alerta da população para a reparação da mesma. O volume de água perdida tem um impacto moderado a longo termo nos SAA, uma vez que ocorre por um período de tempo reduzido (Figura 9 (Farley, 2008)).



Figura 9 - Fuga facilmente detetável

O segundo grupo integra todas as perdas que ocorram durante um período de tempo com alguma extensão. Deste modo, e caso as perdas se verifiquem ao longo de um período de tempo alargado, a deteção da fuga, nomeadamente na sua localização e tempo de ocorrência, torna-se difícil uma vez que a fuga pode ser interpretado como parte do consumo mínimo noturno. Apresenta-se, (Figura 10 (Farley, 2008)), a situação referente às fugas do segundo grupo.

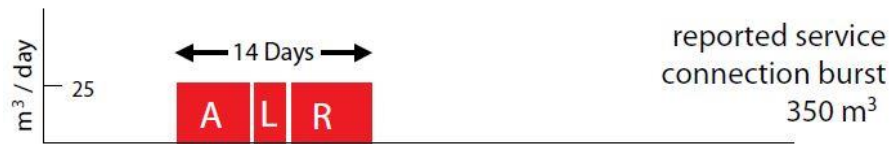


Figura 10 - Fugas dificilmente detetáveis

Este tipo de fuga é caracterizado como sendo uma fuga em que o caudal é moderado mas com um período de tempo mais largo porém, esta situação pode ser menos prejudicial que as fugas presentes no primeiro grupo caso o volume perdido seja inferior.

Um sistema de abastecimento de água, numa situação ideal, deveria ser isento de fugas sendo esta situação muito difícil de alcançar ou até mesmo impossível. A grande extensão no tempo deste tipo de fugas e, apesar do pequeno caudal libertado, tornam este tipo de fugas na situação mais desfavorável para um SAA. A deteção deste tipo de fugas exige equipamentos especializados uma vez que não ocorrem problemas à superfície e dificilmente são detetadas por equipamentos utilizados no dia-a-dia. Se a situação não for sujeita a reparação então os volumes de água perdidas são elevados originando um grande prejuízo para a EG (Figura 11 (Farley, 2008)).



Figura 11 - Fugas inevitáveis

Este último tipo de fugas ocorrem da má instalação de condutas e ramais de ligação assim como nas ligações destes elementos com válvulas, câmaras de visita, curvas, tês, etc.

A situação a nível nacional é crítica uma vez que se registam valores de água não faturada, na maior parte das entidades gestoras, superiores a 30% e valores de perdas reais superiores a 150 l/(ramal.dia) (Figura 12) (Poças-Martins, 2014).

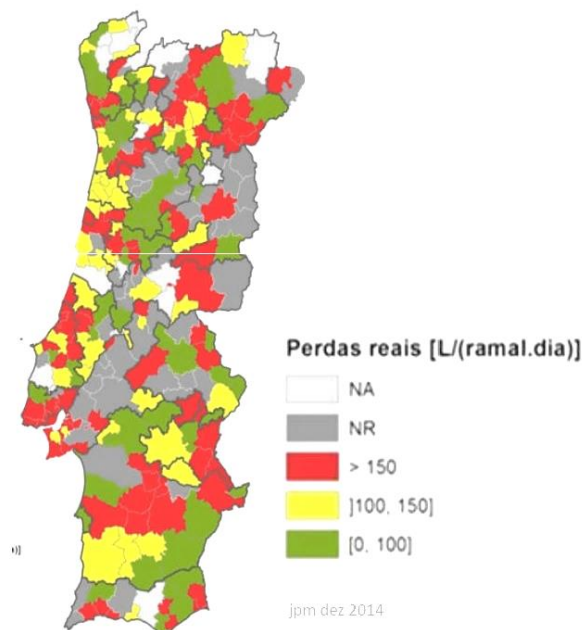


Figura 12 - Distribuição do valor das perdas reais em Portugal Continental

Para o combate eficaz das perdas reais é necessário analisar o problema de um ponto de vista amplo, isto é, é preciso fazer uma avaliação da dimensão do problema e posteriormente o desenvolvimento de uma estratégia de combate às perdas reais. Estas estratégias passam pela identificação do tipo e localização das fugas através da instalação de medidores de caudal criando assim zonas de medição e controlo ou através do uso de equipamento de deteção de fugas. A Figura 13 (Helena Alegre, 2005) apresenta um organograma sobre a abordagem às perdas reais.

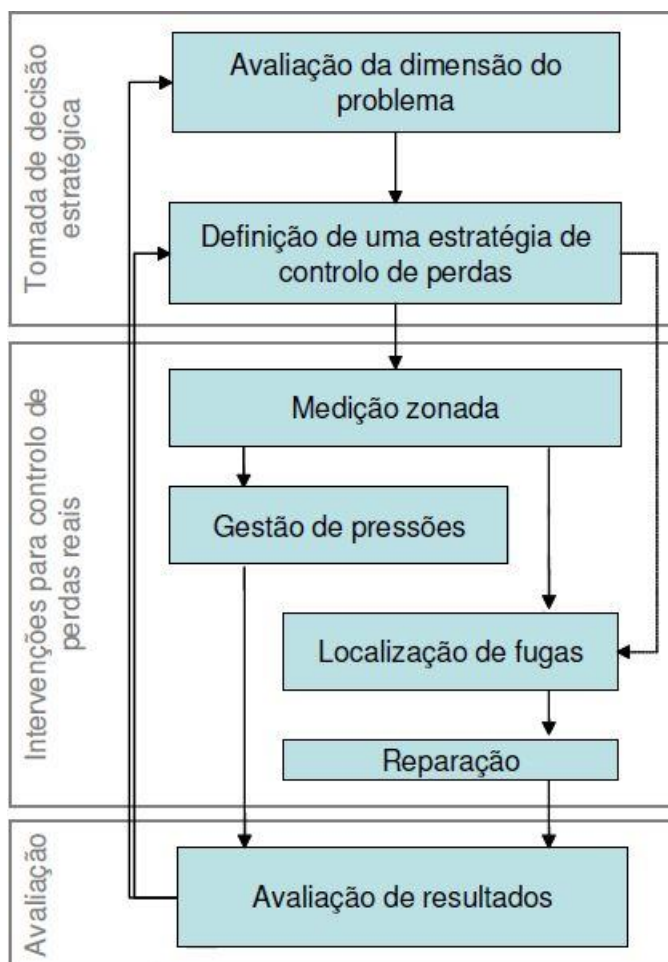


Figura 13 - Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição

2.3.4. INDICADORES DE DESEMPENHO

A ERSAR é a entidade que tem como responsabilidade o bom funcionamento do setor e o cumprimento de objetivos e metas propostos pelas EG. Esta entidade tem como função efetuar estudos comparativos entre EG e determinar, caso seja necessário, medidas para o bom funcionamento das mesmas. Deste modo surge a necessidade de criação de Indicadores de Desempenho que permitam uma avaliação rigorosa e criteriosa do setor e ao mesmo tempo fazer uma análise estatística e comparativa das entidades gestoras envolvidas. Atualmente, a ERSAR obriga que todas as entidades respondam a um conjunto de Indicadores de Desempenho. A utilização destes indicadores pode ser efetuada pelas entidades gestoras de modo a efetuarem elas próprias uma análise SWOT da entidade e assim tomar medidas.

Os indicadores utilizados refletem todo o setor da água abrangendo assuntos como a saúde financeira das entidades à capacidade de reação face ao problema das perdas. Com o conhecimento adquirido ao

longo dos anos é ainda possível ver a capacidade que as EG têm em manter e melhorar os padrões estabelecidos.

A organização dos indicadores estabelecidos encontra-se dividida em (LNEC, ERSAR, 2013):

- ➔ Indicadores de interface com o utilizador, isto é, permitem avaliar o serviço oferecido pela EG aos utilizadores ao nível da acessibilidade e qualidade do serviço prestado;
- ➔ Indicadores de sustentabilidade da gestão do serviço originando, deste modo, parâmetros que fazem a análise da situação económico-financeira dos serviços; avaliação das infraestruturas e qualidade das mesmas e todos os parâmetros envolvidos na produtividade dos recursos humanos;
- ➔ Indicadores de sustentabilidade ambiental visando estes a avaliação e impacto provocado pela EG.

Os indicadores de desempenho apresentam-se bem identificados de modo a proceder-se uma avaliação rápida e mais objetiva destacando-se os indicadores de recursos hídricos, indicadores operacionais e os indicadores económico-financeiros. Os indicadores são geralmente apresentados e sujeitos às respetivas regras de processamento. Estes indicadores podem ser adimensionais (apresentados sem unidades ou em percentagem) ou em função de uma intensidade ou de outra medida (€/m³ por exemplo). Apresenta-se, no Quadro 5, a divisão efetuada pelo International Water Association (IWA) (Helena Alegre, 2004) (Helena Alegre, 2004).

Quadro 5 - Designações dos indicadores de desempenho

Grupo de Indicadores	Código de Identificação
Indicadores de Recurso Hídricos	WR
Indicadores de Recursos Humanos	Pe
Indicadores Infraestruturais	Ph
Indicadores Operacionais	Op
Indicadores de Qualidade de Serviço	QS
Indicadores Económico-Financeiros	Fi

O indicador usado para calcular a percentagem de perdas reais num SAA é o indicador WR1. Este indicador tem vindo a ser substituído por outros indicadores uma vez que nem sempre apresenta um resultado correto. A obtenção deste parâmetro resulta da seguinte fórmula (Helena Alegre, 2004):

$$WR1 = \frac{V_{\text{perdas reais}}}{V_{\text{água entrada no sistema}}} * 100 \quad (4)$$

Os fatores operacionais de maior relevo referem-se à eficácia das entidades gestoras face ao problema das perdas de água. Estes fatores analisam, essencialmente, a EG sob o ponto de vista do estado e manutenção da rede de distribuição e qualidade de distribuição do serviço.

O fator Op23 analisa as perdas de água por ramal de ligação durante um determinado período de tempo (Helena Alegre, 2004).

$$Op23 = \frac{\left(\frac{\text{Perdas de água}}{\text{Período de tempo}}\right) * 365}{N^{\circ} \text{ de ramais}} \quad (5)$$

O fator Op24 representa as perdas de água por unidade de comprimento da rede, isto é, pelo somatório de todos os troços de condutas (Helena Alegre, 2004)

$$Op24 = \frac{\frac{\text{Perdas de água}}{\text{Período de referência}}}{\text{Comprimentos das condutas}} \quad (6)$$

O índice infraestrutural de fugas é representado pelo indicador Op29 sendo necessário, em primeiro lugar, calcular o valor das perdas reais mínimas (Helena Alegre, 2004).

$$Op29 = \frac{\frac{Op27}{18 \cdot \frac{C8}{C24} + 0.7 + 0.025 \cdot C25}}{\frac{D34}{10}} \quad (7)$$

Sendo o Op27 o fator de perdas reais por ramal expresso em m³/ramal/dia, o fator C8 o comprimento de condutas expresso em km, o fator C24 o número de ramais, o fator C25 o comprimento médio dos ramais de ligação e o fator D34 e pressão média de operação (Helena Alegre, 2004).

Para uma melhor avaliação da água não faturada de uma EG surge o parâmetro Fi46 que calcula a percentagem de água não faturada em função da água entrada no sistema (Helena Alegre, 2004).

$$Fi46 = \frac{\text{Água não faturada}}{\text{Água entrada no sistema}} * 100 \quad (8)$$

Este fator vem expresso em percentagem e relaciona dois volumes de água presentes numa rede de distribuição de água (Helena Alegre, 2004).

2.3.5. CONTROLO DE PERDAS DE ÁGUA

O desperdício de água tem de ser combatido quer ao nível da entidade gestora através da instituição de mecanismos de controlo e redução de perdas bem como pelos consumidores num esforço de redução do consumo de água.

A metodologia para redução das perdas de água parte da determinação de um valor mínimo de perdas possível de atingir, isto é, alcançar um valor de perdas económico e a partir do qual não é benéfico implementar medidas, visto que o benefício é inferior ao investimento. Assim sendo, é necessário determinar então este nível mínimo de perdas.

2.3.5.1 Nível económico de perdas (NEP)

O nível económico de perdas refere-se ao valor de perdas a partir do qual o benefício na redução das perdas é inferior ao investimento efetuado. Este nível de perdas é encontrado procedendo ao estudo de todos os elementos que compõem um sistema de abastecimento. Este valor pressupõe ainda que a entidade gestora tem capacidade para a instalação de equipamento de controlo ativo de perdas.

A relação entre perdas, quer reais quer aparentes, e o custo total anual pode ser representado pela Figura 14 (Helena Alegre, 2005). Este quadro apresenta a variação do valor da água desperdiçada em função das perdas ao mesmo tempo que apresenta os custos associados aos mecanismos de controlo ativo de perdas. À medida que as perdas de água aumentam, os custos da água aumentam consequentemente e a partir de determinado nível perdas de água o custo do controlo ativo de perdas torna-se mais reduzido tendo tendência a adquirir valores muito reduzidos para valores de perdas elevados. É necessário assim estudar um ponto ótimo de modo a que as perdas não sejam exageradamente elevadas.

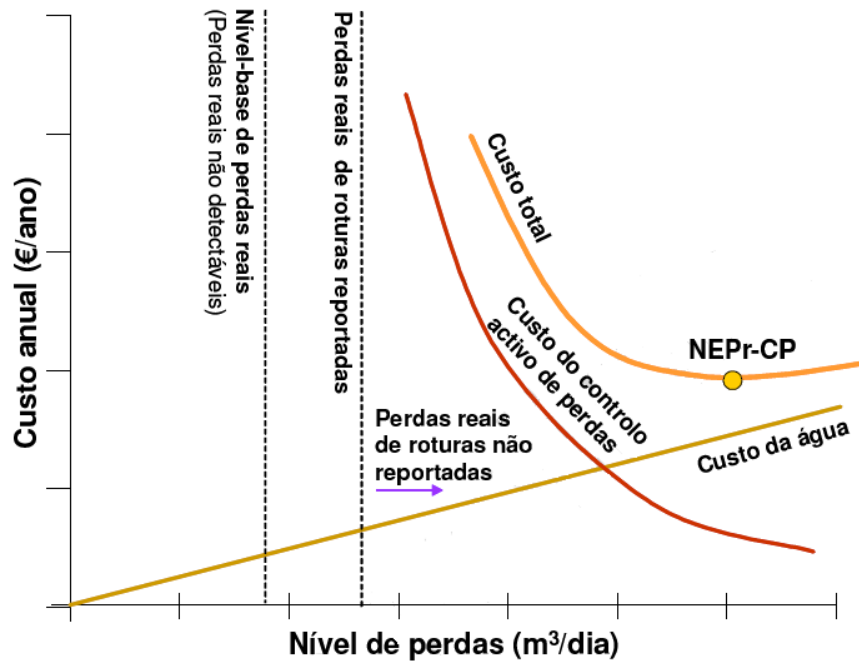


Figura 14 - Nível económico de perdas

Os fatores que influenciam o cálculo do NEP estão diretamente relacionados com as características da rede e níveis de serviço presentes na mesma. Apresenta-se de seguida os principais fatores (Helena Alegre, 2005):

- ➔ Custo de mão-de-obra;
- ➔ Custo da água;
- ➔ Pressão de serviço;
- ➔ Idade e estado de conservação das tubagens;
- ➔ Tipologia das roturas;
- ➔ Método utilizado para controlo de fugas.

Este último fator aumenta à medida que o investimento é maior e vice-versa.

Analisando os fatores acima descritos é possível concluir que o NEP varia de rede para rede e ao longo do tempo, é afetado pela sazonalidade da frequência de roturas, é variável com a alteração da pressão presente na rede, é sensível à variação do preço da água e depende ainda das técnicas utilizadas para a deteção e reparação de fugas (Helena Alegre, 2005).

2.3.5.2. Índice Infraestrutural de Fugas

O Índice Infraestrutural de Fugas (em Inglês Infrastructural Leakage Index (ILI)) fornece às EG a razão entre as perdas reais presentes no sistema e o mínimo valor possível de alcançar de perdas reais. O índice é calculado com base no valor atual de perdas reais presentes no sistema e na estimativa de um valor possível de atingir numa situação ideal. O ILI é calculado através da seguinte expressão (Farley, 2008):

$$ILI = \frac{CAPL}{UARL} \tag{9}$$

sendo CAPL (Current Annual Physical Losses) o valor anual das perdas reais e UARL (Unavoidable Annual Real Losses) o valor mínimo anual alcançável de perdas reais (Farley, 2008).

O valor de CAPL é retirado do balanço hídrico da entidade gestora enquanto que o UARL é estimado através da expressão:

$$UARL = \left(18 * \frac{Lm}{Nc} + 0.8 * Nc + 0.025 * Lp \right) * \frac{P}{10} \tag{10}$$

onde Lm é o comprimento total da rede (km), Nc o número de ramais, Lp o comprimento médio dos ramais e P a pressão média de operação. Os coeficientes presentes na equação foram obtidos através da análise de inúmeros resultados efetuados ao longo dos anos. De um modo geral o coeficiente 18 é relativo a um valor médio de água perdida por km de conduta por dia por metro de altura piezométrica, o valor 0,8 refere-se à água perdida por metro de altura piezométrica entre a conduta e o limite de propriedade e o valor 0,025 refere-se à água perdida entre o limite da propriedade e o contador (Farley, 2008).

O ILI sofre ainda uma correção caso os sistemas não se encontrem permanentemente pressurizados e após esta correção procede-se à comparação com um Quadro estabelecido pelo World Bank Institute (WBI). No Quadro 6 representa-se o valor do ILI e o quadro apresenta o valor expetável das perdas reais (l/ligação/dia). O ILI é agrupado em 4 intervalos estando cada intervalo sujeito a medidas previamente estabelecidas tendo estas como objetivo a alteração do ILI para valores mais baixos.

Quadro 6 - Matriz alvo de perdas reais (WBI)

Technical Performance Category	ILI	Physical Losses [litres/connection/day] (when the system is pressured) at an average pressure of:					
		10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	
Developed Countries	A	1 - 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 - 4		50 - 100	75 - 150	100 - 200	125 - 250
	C	4 - 8		100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
Developing Countries	A	1 - 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 - 8	50 - 100	100 - 200	150 - 300	200 - 400	250 - 500
	C	8 - 16	100 - 200	200 - 400	300 - 600	400 - 800	500 - 1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

2.4. MEDIDAS DE REDUÇÃO DAS PERDAS REAIS

As Perdas Reais resultam de problemas da degradação da rede, tanto ao nível das condutas como dos ramais de ligação, e de problemas nos reservatórios. A redução deste tipo de perdas baseia-se na elaboração de um plano estratégico que assenta, essencialmente, em medidas como:

- 1) Equipas de controlo ativo de perdas: Equipas que monitorizam e fazem a manutenção/reparação de fugas de água;
- 2) Zonas de Medição e Controlo: Zonas controladas por um medidor de caudal colocado à entrada de cada zona obtendo-se os volumes de água entrada no sistema e possibilitando a localização e identificação de potenciais roturas ocorridas;
- 3) Gestão da Pressão: Estudo da pressão na rede estabelecendo-se limites compatíveis com as condutas da rede e com as condições exigidas pelas solicitações.

Nos subcapítulos procedentes focar-se-á as ZMC e a Gestão da Pressão de forma extensiva e o CAP de forma sucinta.

2.4.1. ZONAS DE MEDIÇÃO E CONTROLO

Um dos métodos de identificação da localização das fugas de água é a utilização de Zonas de Medição e Controlo. Estas Zonas são definidas como: *“uma área distinta de um sistema de distribuição de água geralmente criada pelo fecho de válvulas ou corte total das tubagens em que as quantidades de água que entram e saem da área são constantemente medidos”* (UK Water Authorities Association, 1980). A criação destas zonas permite analisar o caudal de entrada e o caudal efetivamente faturado obtendo-se assim a água não faturada presente na área limitada. Com esta medida é possível limitar uma extensa área e determinar assim, com precisão, o local onde as fugas ocorrem. Consequentemente é possível aplicar um mecanismo designado por Controlo Ativo de Perdas (CAP) consistindo este na identificação, localização e reparação de fugas.

De um modo sucinto, a Figura 15 (Helena Alegre, 2005) apresenta o faseamento da instalação de uma ZMC. Para uma correta instalação é necessário a realização de um levantamento topográfico e do traçado da rede. Com isto é possível identificar pontos críticos da rede e, após definição dos limites da ZMC, proceder à seleção e instalação de *dataloggers* para aquisição e tratamento de dados. Por último, é necessário proceder-se a uma verificação do sistema de modo a avaliar o bom funcionamento da ZMC (Helena Alegre, 2005).

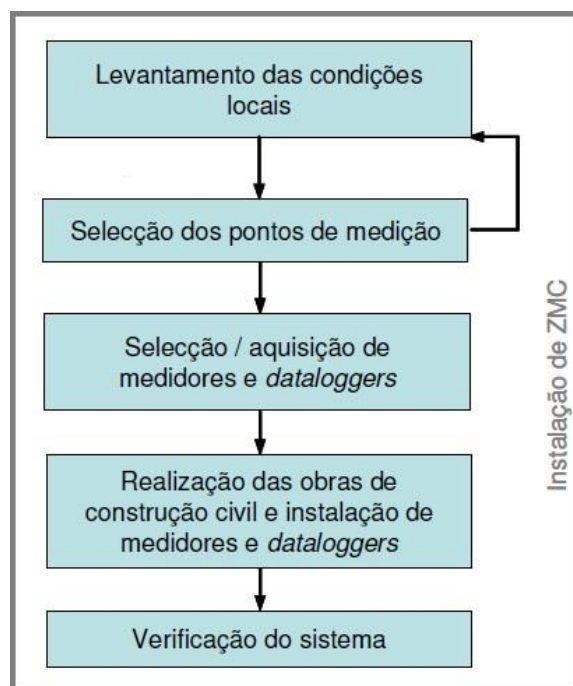


Figura 15 - Fases de instalação de uma ZMC

As ZMC podem ter um único ou múltiplos pontos de entrega devidamente referenciados e controlados. O uso de ZMC é benéfico para as equipas do CAP porque registam, em permanência, os caudais de entrada na ZMC.

Após a redução e posterior manutenção de um certo nível de perdas reais na zona é essencial proceder-se ao controlo da pressão. Este controlo permite, através do conhecimento prévio das condições topográficas e estabelecimento de uma pressão pré-definida numa válvula redutora de pressão, reduzir de forma económica as perdas reais presentes na ZMC.

Os objetivos da implementação das ZMC são, (John Morrison, 2007):

- 1) Melhoria da duração, confiança e qualidade do abastecimento;
- 2) Prevenção do esgotamento do recurso natural água;
- 3) Poupança na distribuição, tratamento e bombagem de água;
- 4) Cumprimento das metas estabelecidas pela Entidade Reguladora.

Os métodos comumente utilizados para a concretização dos objetivos acima mencionados são uma combinação de certas medidas. Estas medidas passam pela implementação de uma equipa de Controlo Ativo de Perdas, pela gestão de pressão da rede, gestão da infraestrutura e gestão de reparação de fugas.

2.4.1.1. Esquematização das ZMC

A esquematização e definição dos limites das ZMC é de vital importância para o sucesso da gestão da rede. A experiência e conhecimento presentes na EG determinam a melhor configuração face ao investimento possível.

O primeiro passo para a criação das ZMC passa pelo estudo global da rede de abastecimento de água. Este estudo visa identificar e definir largas secções de rede tentando agregar zonas com níveis de

perdas de água semelhantes. Deste modo faz-se uma triagem das zonas em pior situação e definem-se prioridades de atuação (John Morrison, 2007).

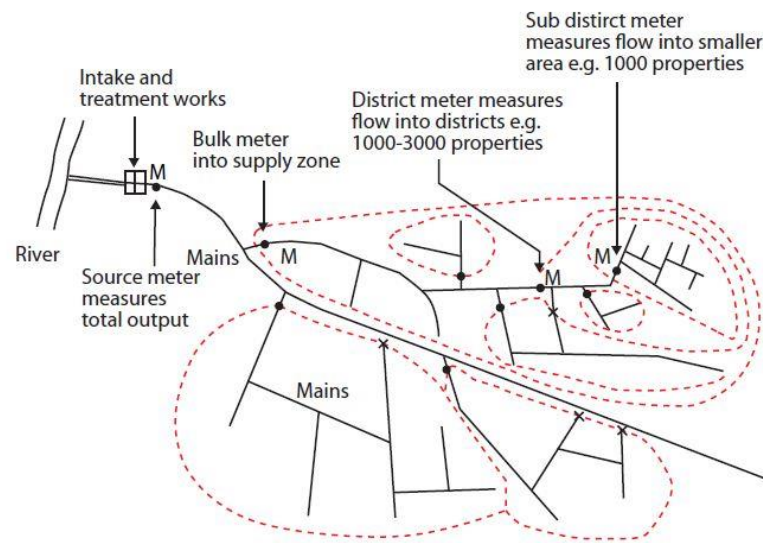


Figura 16 - Divisão da rede em ZMC (Farley, M; 2008)

A Figura 16 representa a divisão de uma área em subsecções e posteriormente transformação destas subsecções em ZMC. Deste modo define-se prioridades de ações conforme a estratégia a adotar para cada ZMC (John Morrison, 2007).

O planeamento exterior deve ter em conta edifícios ou equipamentos que requeiram pressão mais elevadas que a presente na rede, deve identificar grandes consumidores, tais como indústrias e serviços, e fazer um levantamento da altimetria da zona em estudo. Os limites da ZMC devem de estar bem definidos com criação de registos de estado das válvulas (John Morrison, 2007).

Os critérios de definição de limites são (John Morrison, 2007):

- Nível económico de perdas;
- Dimensão das ZMC;
- Tipologias de habitação;
- Altimetria e topografia;
- Considerações de qualidade da água;
- Obrigação de pressão adequada;
- Capacidade de combate a incêndios;
- Equipamentos e operações a efetuar.

Os limites das ZMC devem ser, quando possível, fronteiras naturais tais como linhas de água, montanhas, linhas de comboio de modo a reduzir o número de operações a efetuar em válvulas e, de preferência, não devem seccionar linhas principais de abastecimento de água. A representação das ZMC deve ser efetuada em mapas de grande escala para fácil identificação dos limites estabelecidos (John Morrison, 2007).

Em caso de interferência com as condutas principais é possível contornar a situação através da instalação de medidores de caudal à entrada e à saída da ZMC. Em situações complexas e de modo a estabelecer-se padrões de excelência, o recurso à modelação hidráulica é indispensável. Esta modelação permite encontrar pormenores, irregularidades e pontos críticos da rede e fazer assim uma otimização da rede (John Morrison, 2007).

Os equipamentos de armazenamento de água, tais como os reservatórios, devem-se localizar exteriormente aos limites definidos aumentando assim a precisão dos dados recolhidos. Populações isoladas ou de pequena dimensão surgem como casos de estudo perfeitos, uma vez que dispensam grandes operações de delimitação (John Morrison, 2007).

Um dos fatores de influência no dimensionamento das ZMC é a extensão da rede uma vez que em casos em que a tipologia dos edifícios seja multifamiliar ou plurifamiliar, em regra, a densidade de ramais tende a ser bastante reduzida (John Morrison, 2007).

A existência de válvulas fechadas ou com mau funcionamento obriga, muitas vezes, à alteração do desenho previamente efetuado sendo de boa prática verificar as das condições das válvulas em estudo (John Morrison, 2007).

2.4.1.2. Dimensão das ZMC

A dimensão das ZMC é um assunto sem aceitação internacional. Existem inúmeros critérios que influenciam o tamanho das ZMC tais como a topografia, extensão da rede, número de clientes, garantia da pressão de água na rede, densidade de ramais de ligação, existência de dispositivos de controlo de caudal e sentido da água tais como válvulas de corte, caudalímetros e válvulas reductoras de pressão, entre outros (John Morrison, 2007).

O número de clientes ideal encontra-se entre os 500 e os 3000, considerando-se ZMC de pequena dimensão as ZMC com número de clientes reduzidos e ZMC de grande dimensão as ZMC com número de clientes elevado, não impossibilitando zonas com valores diferentes deste intervalo (John Morrison, 2007).

O estudo dos limites das ZMC tem implicações ao nível das perdas reais e do consumo mínimo noturno acabando por tornar prejudicial o estudo caso a ZMC tenha dimensão excessiva. Uma ZMC de grandes dimensões representa um nível de perdas reais e um consumo noturno mais elevado. Caso ocorra uma fuga, esta vai ser de difícil identificação porque o caudal derivado da fuga vai ser diluído no consumo noturno. Do mesmo modo ZMC pequenas apresentam maiores variações do consumo mínimo noturno caso ocorra uma fuga (John Morrison, 2007).

Um paradigma habitual na definição da dimensão das ZMC é o facto de haver vantagens e desvantagens significativas na escolha de uma ZMC pequena. As vantagens óbvias são a maior facilidade de deteção de fugas permitindo uma rápida localização e reparação da fuga. Por outro lado, ZMC pequenas implicam um custo inicial mais elevado devido ao grande número de operações a realizar tais como o fecho de válvulas e aquisição de maior número de medidores, quer de caudal quer de pressão (John Morrison, 2007).

Em conclusão, os fatores principais que determinam o tamanho da ZMC são de ordem hidráulica, prática e económica.

2.4.1.3. Informação requerida pelas ZMC

A instalação de medidores de caudal em pontos estratégicos das ZMC e a recolha remota dos dados é, hoje, extremamente simples. O tratamento e análise dos dados deverá ser realizada com o maior cuidado possível. Os dados recolhidos integram dificuldades de análise que passam por: ligações ilegais, dificuldade de configuração do *software*, consumo autorizado não medido, falha dos equipamentos entre outros (John Morrison, 2007).

O consumo mínimo noturno é quantificado através da instalação de medidores que registam o consumo dos clientes. Isto verifica-se no consumo doméstico podendo não se verificar em consumos industriais ou de outro tipo. Como este consumo é de difícil quantificação, é usual aplicar um fator padrão noturno ao padrão de consumo diário e assim fazer uma estimativa do consumo mínimo noturno. O consumo mínimo noturno estima-se de maneira diferente conforme o tipo de clientes presentes na ZMC estando os tipos de clientes divididos em (John Morrison, 2007):

- 1) Consumos domésticos;
- 2) Consumos não-domésticos tais como escolas e locais onde o consumo é efetuado somente durante o dia;
- 3) Clientes especiais tais como hospitais e consumidores agrícolas.

Os dados usados para estimar e quantificar as perdas base são o comprimento da rede, número de ramais de ligação, comprimento médio dos ramais de ligação, pressão média de operação noturna e método de ligação dos clientes ao sistema de abastecimento de água (John Morrison, 2007).

2.4.1.4. Verificação das condições iniciais da ZMC

O ano inicial da ZMC é o ano que determina o sucesso e bom funcionamento da ZMC. Neste primeiro ano faz-se a validação do cadastro, dos clientes e instalações. Após a criação dos limites deve ser efetuado um teste inicial denominado de Teste de Pressão Zero. Este teste visa garantir que todos os equipamentos estão a funcionar corretamente, que não existem ligações à rede desconhecidas e que as válvulas se encontram devidamente seladas. É possível garantir o correto funcionamento das válvulas caso a pressão imposta pelo teste chegue a zero. Caso a pressão não chegue a zero, é possível afirmar que existem problemas nos equipamentos e/ou que as válvulas não se encontram devidamente fechadas (John Morrison, 2007).

O procedimento do Teste de Pressão Zero deve ser efetuado em período noturno, preferencialmente entre as 03:00h e as 05:00h, visto ser a altura de menores consumos. É ainda necessário ter em atenção os clientes de necessidades especiais tal como hospitais e bombeiros. A identificação da localização das válvulas, limites das ZMC e do ponto de entrega da água tem de ser criteriosamente conhecidos e aquando da realização do teste devem estar devidamente fechados. Posteriormente faz-se a análise da pressão na rede e, caso a pressão não atinja o valor zero, é realizado um novo teste introduzindo um pequeno consumo na rede. Caso não se atinja o valor zero neste segundo teste é sinal de ligações indevidas na zona tendo de se identificar estas ligações (John Morrison, 2007).

A seleção do medidor de caudal deve ter em consideração a perda de carga no caudal máximo, a pressão mínima exigida na rede, a dimensão da rede, os intervalos dos regimes de caudais, a perda de carga associada aos picos de consumo, à reversibilidade do sentido do escoamento e o custo inicial e de manutenção (John Morrison, 2007).

2.4.1.5. Gestão das ZMC

A gestão das ZMC, após início dos trabalhos, implica a instituição de procedimentos e operações de rotinas a realizar para recolha e armazenamento de dados. A criação de processos de recolha e monitorização de dados e a transmissão de informação da mudança de estado das válvulas devem ser procedimentos a realizar para o bom funcionamento da ZMC (John Morrison, 2007).

É importante assegurar a identificação clara das válvulas e o estado das mesmas, registar alterações do estado das válvulas para ter em atenção potencial mudança no nível das perdas reais e controlar o consumo diário para identificação de fugas ocorridas (John Morrison, 2007).

A operação das ZMC requer um trabalho contínuo por parte da entidade gestora. A EG tem de estar consciente dos tipos de alteração que podem ocorrer na rede, tais como o aumento do consumo mínimo noturno ao longo do tempo e aos picos de consumo de modo a avaliar corretamente o surgimento de fugas (John Morrison, 2007).

2.5. CONTROLO DA PRESSÃO

A definição de gestão de pressão para controlo das perdas reais é: *“A prática de gestão de pressões do sistema para níveis ótimos de serviço garantindo um abastecimento suficiente e eficiente para usos legítimos e consumidores, reduzindo em simultâneo pressões excedentárias ou desnecessárias, eliminando estados transitórios e controlos de nível defeituosos causando estas perdas desnecessárias no sistema de distribuição”* (J. Thornton, 2005).

Na conceção de sistemas de abastecimento de água deve ser tido em conta as pressões impostas na rede. O dimensionamento deve ser condicionado pelas pressões mínimas exigidas na rede evitando pressões excessivas. Quando possível, deve evitar-se a instalação de válvulas redutoras de pressão visto aumentar os custos de construção da rede (J. Thornton, 2005).

O controlo de pressão é uma medida aplicável quando se quer reduzir as perdas reais presentes num sistema de abastecimento com o menor investimento possível. A aplicação do controlo de pressão tem implicações diretas na redução das perdas reais uma vez que para pressões baixas o caudal dissipado diminui e conseqüentemente menor volumes de água desperdiçados. A expressão (10) relaciona o caudal com a pressão e com a secção do orifício da fuga.

$$Q = C_v * S * P^n \quad (10)$$

Sendo Q o caudal libertado pelo orifício (m³/h), C_v o coeficiente de vazão, S a secção do orifício, P a pressão média de serviço e n o expoente da lei de vazão.

Esta solução apresenta ainda vantagens ao nível da redução do número de roturas reportadas na rede. Com isto, reduz-se os custos com reparação de roturas, reduz-se o número de fugas não reportadas e diminui-se a taxa de crescimento deste tipo de fugas. De um modo indireto, a redução da pressão tem impacto nas perdas aparentes ao nível do furto de água e do consumo autorizado não faturado (J. Thornton, 2005).

De um modo simplista, é possível afirmar que o caudal perdido varia com a pressão de acordo com a fórmula seguinte (J. Thornton, 2005).

$$Q_1 = Q_0 * \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^N \quad (11)$$

onde Q_0 e P_0 representam a situação inicial, P_1 e Q_1 representam a situação da alteração da pressão e N é um valor que varia em função do tipo de fugas e do material da conduta. O valor N assume valores entre 0.5 e 1.5 e para o valor de N igual a 1 tem-se uma relação linear (Figura 17) (Farley, 2008).

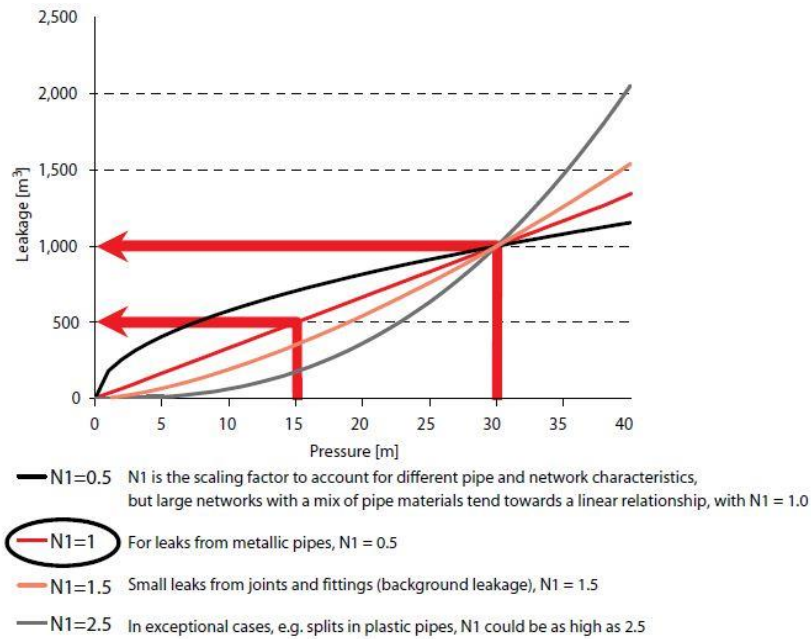


Figura 17 - Relação entre a pressão e as perdas reais

O consumo registado ao longo do dia assume valores de caudais e pressões muito variáveis tornando assim difícil o estabelecimento de uma pressão que garanta qualidade e satisfação do serviço. Na Figura 18, é possível verificar que quando o caudal aumenta a pressão assume valores mais reduzidos e vice-versa.

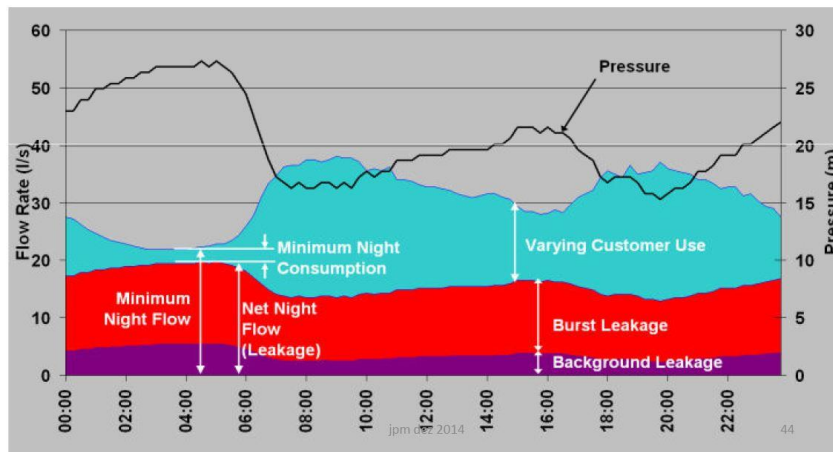


Figura 18 - Relação entre caudal e pressão

Uma aproximação inicial para o rácio de pressão e nível de perdas reais é da ordem dos 10%, isto é, para uma redução inicial de 10% da pressão o nível de perdas reais reduz 10% ao valor inicial (Poças-Martins, 2014).

2.5.1. GESTÃO DA PRESSÃO

O controlo da pressão num SAA é efetuada com recurso à instalação de uma válvula redutora de pressão (VRP) tendo esta a função de reduzir a pressão a jusante da válvula. A pressão pode ser imposta pela válvula, previamente definida, ou ser controlada por um centro de operações instalado na EG. A gestão da pressão está dependente da escolha de um dos seguintes métodos diferenciando-se estes pela forma como é efetuada a redução da pressão e pelo equipamento intrínseco ao bom funcionamento do método (R S Mckenzie, 2009):

- 1) Controlo fixo da pressão;
- 2) Controlo por modulação horária;
- 3) Controlo por modulação do caudal;
- 4) Controlo por modulação do ponto crítico.

A escolha do método a utilizar para a gestão da pressão está dependente do investimento disponível e da capacidade da EG a nível técnico, isto é, a EG tem de ter à disposição meios adequados ao nível de equipamentos e técnicos para a concretização da gestão da pressão. É necessário ver a relação custo inicial e de manutenção face ao benefício obtido. Caso não se justifique a gestão de pressão visto os benefícios serem inferiores é necessário outro estudo ou método de redução de perdas (R S Mckenzie, 2009).

2.5.1.1. Gestão da pressão por controlo fixo

Este método é caracterizado pelo estudo da pressão na rede ou ZMC e posterior estabelecimento de uma pressão adequada às solicitações da ZMC. Esta pressão é constante ao longo do dia e é independente das solicitações da rede.

Para a gestão da pressão por controlo fixo é necessário apenas uma VRP não sendo necessário equipamento adicional.

As vantagens apresentadas na utilização deste método são (R S Mckenzie, 2009):

- 1) Instalação simples;
- 2) Custos reduzidos uma vez que não se utiliza equipamento eletrónico;
- 3) Manutenção e operação simples.

A Figura 19 (R S Mckenzie, 2009) apresentada abaixo representa o modo de atuação de uma válvula redutora de pressão pelo método de controlo fixo. A situação inicial, antes da colocação da válvula, apresenta uma variação da pressão variável e após a instalação da válvula a pressão fica sensivelmente constante de acordo com o valor pré-definido. No caso dos pontos críticos da rede pode haver pressão inferior à adequada caso se verifique mau dimensionamento da pressão estabelecida ou a rede estiver a ser muito solicitada.

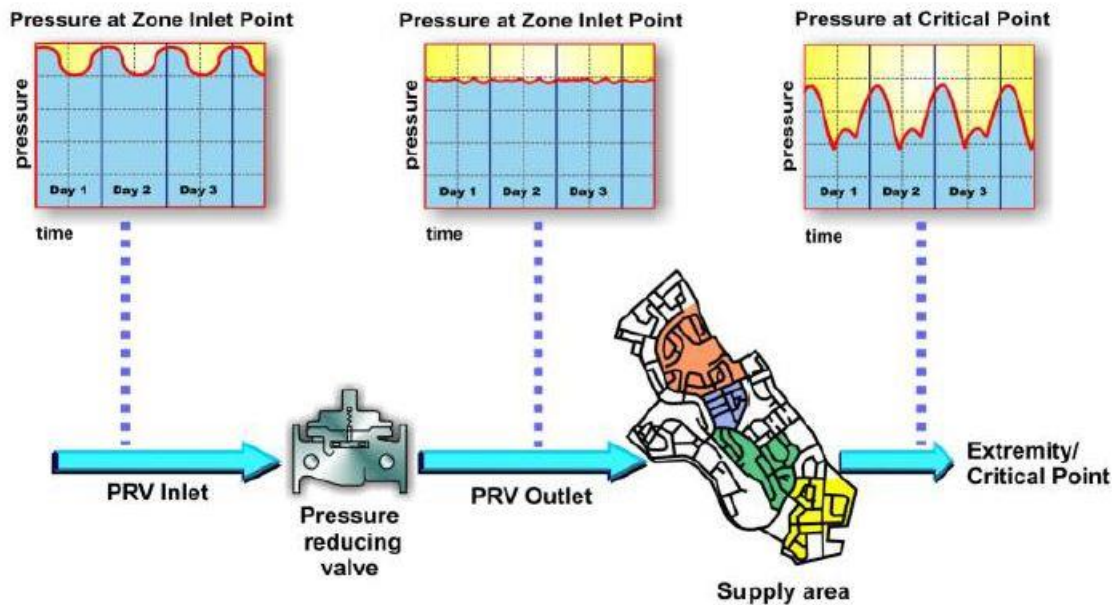


Figura 19 - Modo de funcionamento de VRP modulada por pressão fixa

A principal desvantagem deste método é a impossibilidade de ajuste da pressão face às solicitações da rede não se atingindo assim a capacidade máxima de redução de perdas reais. Esta solução adequa-se essencialmente a EG sem capacidade técnica para a realização e manutenção de equipamentos mais especializados (R S Mckenzie, 2009).

2.5.1.2. Gestão da pressão por modulação horária

A solução de controlo da pressão recorrendo a uma modulação horária assemelha-se ao controlo fixo com a vantagem de ajuste da pressão face às solicitações da rede. Este método introduz um aparelho adicional que faz variar a pressão introduzida pela VRP quando a rede deteta picos de consumo (R S Mckenzie, 2009).

Em grandes áreas populacionais, esta solução tem grandes aplicações uma vez que nos períodos de menor consumo, períodos noturnos principalmente, existe um ajuste mais eficaz. Esta solução é mais cara que a anterior e requer um nível de conhecimento e capacidade da EG superior (R S Mckenzie, 2009).

A Figura 20 apresenta a variação horária da pressão numa ZMC. É possível verificar que, após se instalar a solução de controlo por modulação horária, a pressão apresenta valores constantes ao longo de determinado período de tempo previamente estabelecido (R S Mckenzie, 2009).

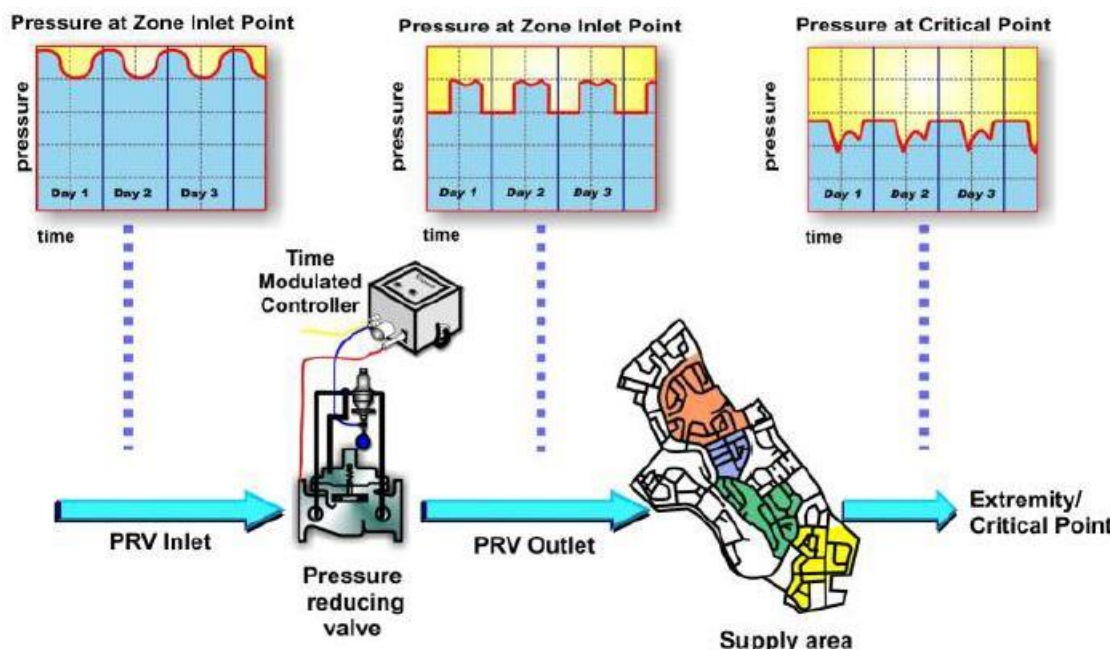


Figura 20 - Modo de funcionamento de VRP modulação horária

Esta solução tem a desvantagem de não se ajustar às solicitações da rede o que pode ser um problema grave em casos de incêndio. Nesta situação a rede não providencia a pressão necessária para o combate ao fogo originando assim um problema adicional. A solução encontrada passa pelo aumento da capacidade do medidor de caudal (R S Mckenzie, 2009).

2.5.1.3. Gestão da pressão por modulação por caudal

O modo mais intuitivo de fazer a gestão de pressão, além do estabelecimento de uma pressão de serviço, é a gestão através do caudal solicitado pela rede. Deste modo surge a modulação por caudal como método de gestão da pressão (R S Mckenzie, 2009).

Os valores medidos são registados e transmitidos à válvula que, através de um algoritmo previamente definido, relaciona a pressão com o caudal permitindo assim um ajuste mais eficaz da pressão (R S Mckenzie, 2009).

Este método garante uma flexibilidade mais abrangente e um nível de redução de perdas reais mais elevado que as anteriormente referenciadas. Por outro lado, o equipamento necessário para a operação e manutenção é mais caro, requer um controlador e tem especificidades diferentes ao nível dos equipamentos de medição. Dito isto, EG com pequena dimensão ou com falta de capacidade e conhecimento técnico dificilmente poderão implementar esta solução (R S Mckenzie, 2009).

A principal vantagem, além da redução de perdas de água mais elevada, face ao método da modulação horária é a capacidade de fornecer uma pressão adequada ao combate aos incêndios (R S Mckenzie, 2009).

Na Figura 21 apresenta-se a situação mencionada. É possível verificar que a pressão varia inversamente face ao caudal disponível na rede acabando por não ter grande influência na situação do ponto mais crítico da rede (R S Mckenzie, 2009).

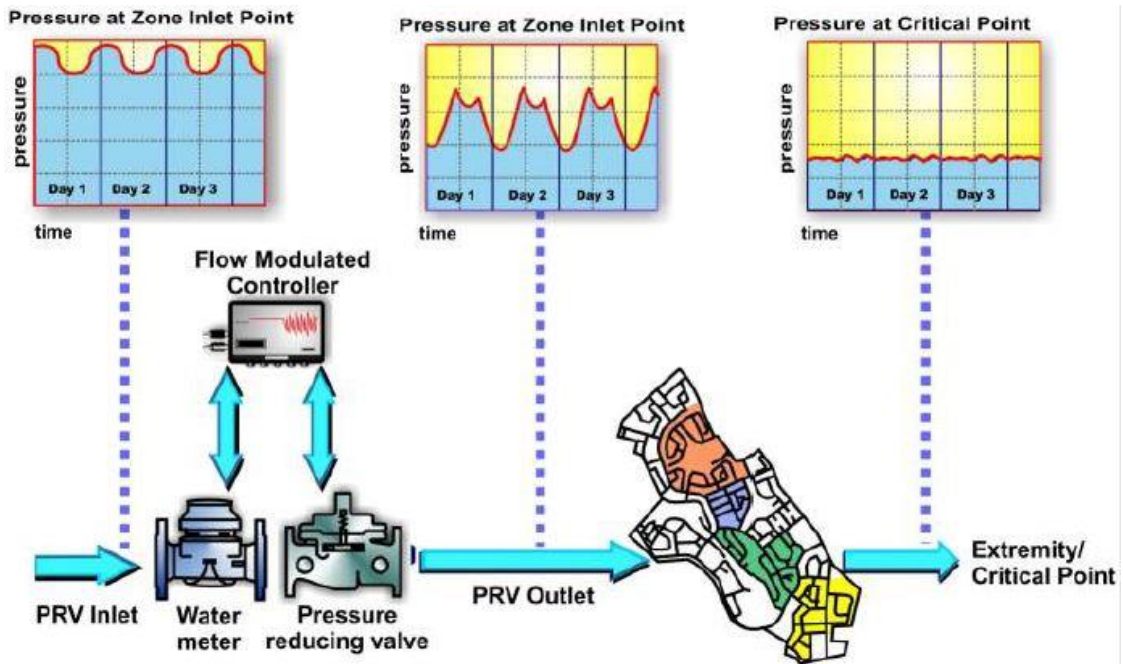


Figura 21 - Modo de funcionamento de VPR modulada por caudal

2.5.1.4. Gestão da pressão por modulação por ponto crítico

A modulação por ponto crítico exige um conhecimento mais aprofundado do terreno no qual a ZMC se insere de modo a identificar-se o local onde a pressão pode ser insuficiente. O ponto crítico é o ponto onde se registam as pressões mais baixas da rede. A partir do momento em que as pressões estejam controladas neste ponto garante-se que no resto da rede a pressão é adequada (R S Mckenzie, 2009).

A VPR nesta solução é controlada à distância sendo a pressão modulada face ao ponto crítico previamente identificado. Esta solução é mais estável que as restantes pois permite variações mais suaves da pressão. Na Figura 22 é possível ver o impacto causado pela modulação pelo ponto crítico. Antes da instalação da VPR, a 09/06, a pressão no ponto crítico (registada a linha azul) era irregular. Após a instalação do controlo por ponto crítico verifica-se que a pressão estabiliza no ponto crítico, mantendo a pressão mínima pré-estabelecida (R S Mckenzie, 2009).

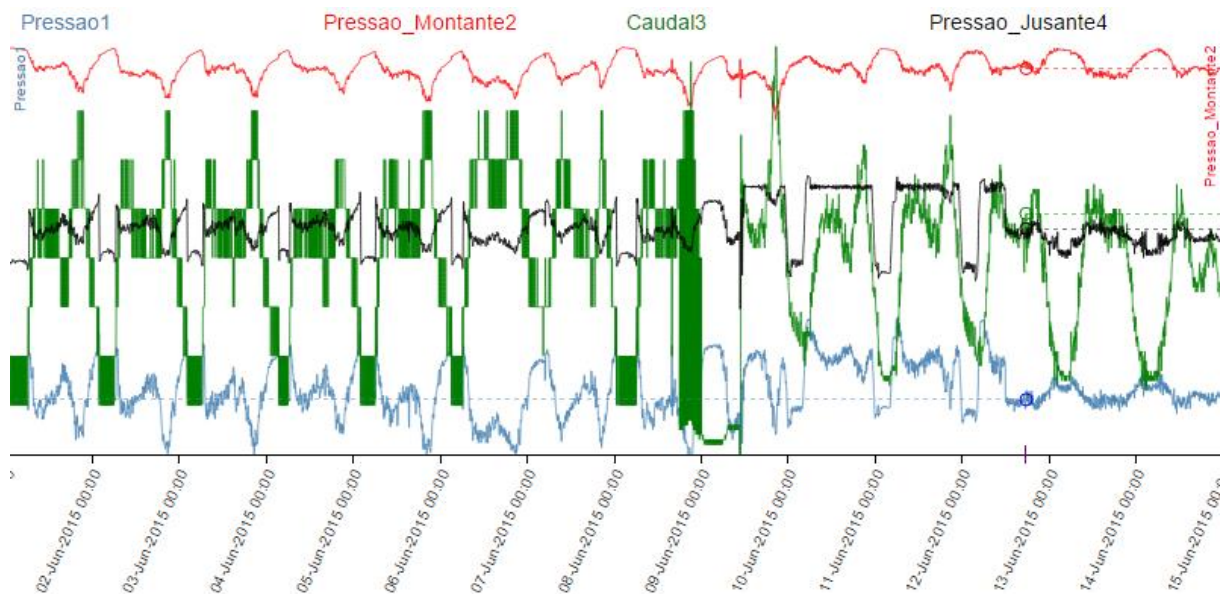


Figura 22 - Modulação da pressão pelo ponto crítico.

2.5.2. VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO

As válvulas redutoras de pressão são as ferramentas essenciais para o controlo da pressão uma vez que todas as reduções de pressão introduzidas na rede são efetuadas a partir de uma VRP. A função destas válvulas é a introdução de uma perda de carga originando assim um decréscimo da pressão a jusante da VRP. Deste modo é necessário conhecer a constituição e modos de operação destas válvulas.

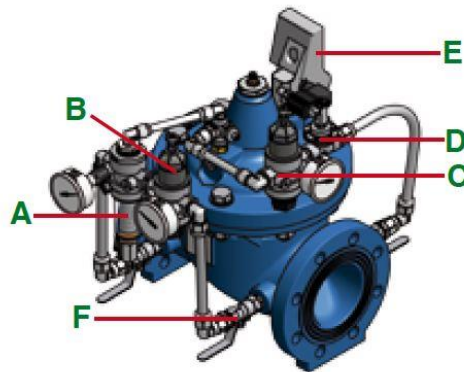
A instalação deste tipo de válvulas nos SAA é independente dos contornos da ZMC podendo haver várias ZMC controladas por uma única VRP e várias VRP dentro de uma ZMC.

2.5.2.1. Constituição de uma válvula redutora de pressão

Uma VRP encontra-se, geralmente, dividida em 2 partes: corpo principal e o castelo. O corpo principal é constituído pelo orifício de passagem do fluido e pelas extremidades de ligação às condutas e localiza-se na parte inferior da VRP enquanto que o castelo engloba todos os elementos essenciais ao funcionamento da VRP e localiza-se na parte superior da VRP (Bairos, 2008).

A fixação das 2 partes da VRP depende da pressão verificada na rede tornando mais dispendioso com o aumento da pressão. Esta fixação pressupõe sempre uma junta de estanqueidade de modo a não haver perdas de água através das VRP.

As VRP variam em complexidade conforme a solução pretendida podendo ser instalados equipamentos adicionais. Apresenta-se, de seguida, dois esquemas diferentes de uma VRP. (Figura 23.- (2015), (Figura 24 (2015))



- A - High Capacity Filter (FAC)
- B - Reduction Pilot
- C - Reduction Pilot
- D - Electric Pilot HD2(BE)
- E - Programmer
- F - Sectioning Valves

Figura 23 - Representação geral de uma VRP

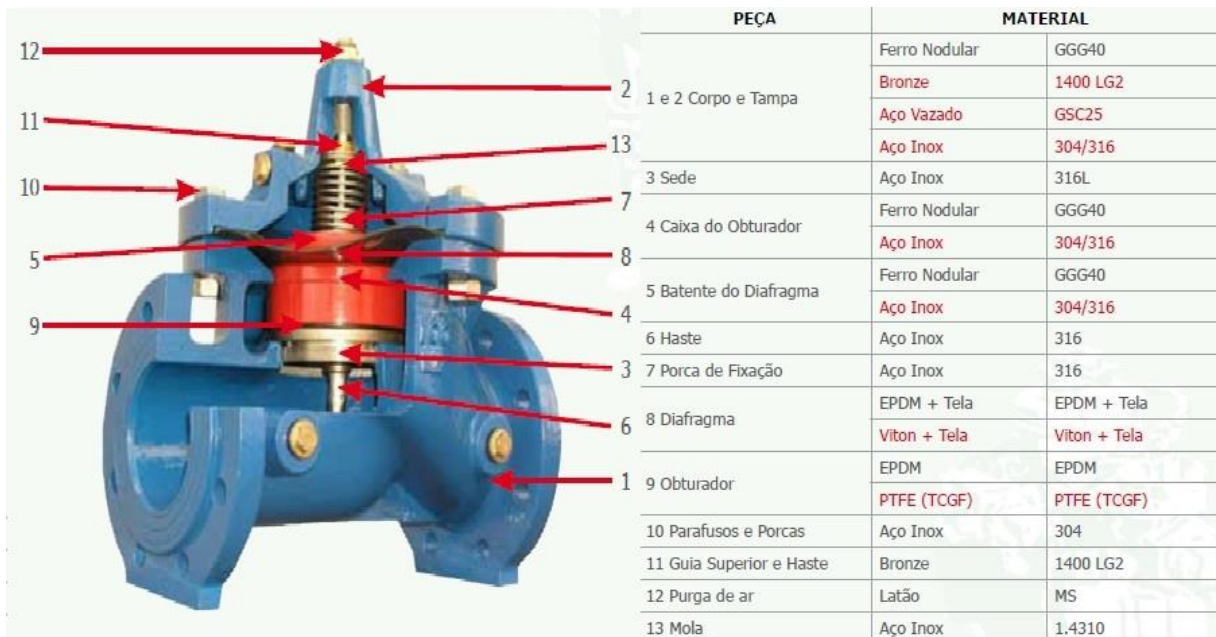


Figura 24 - Representação detalhada de uma VRP

As válvulas são constituídas internamente por um obturador que serve como tampão, por um veio que faz a ligação à membrana, câmara de controlo, indicadores de posição, circuitos de pressurização e circuito de despressurização e válvula por onde se dá o escoamento (Bairos, 2008).

Os materiais sujeitos à abrasão e corrosão devem ser em inox e o corpo e tampa do castelo, devido aos esforços sujeitados, devem ter alta resistência e uma elasticidade razoável optando-se por soluções em ferro fundido dúctil (Bairos, 2008).

2.5.2.2. Instalação da válvula redutora de pressão

A instalação de válvulas redutoras de pressão encontram-se legisladas pelo Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de agosto. Este Decreto obriga a instalação das VRP em câmaras de manobra permitindo assim a operação e manutenção das válvulas bem como a proteção das mesmas (2015).

A montante da válvula deve ser instalado um filtro de areias evitando assim abrasões na VRP e a jusante um manómetro para se efetuar o controlo das pressões. Devem ser previstas duas válvulas de secionamento para manutenção da VRP e um *bypass* de modo a não interromper o bom funcionamento do sistema de distribuição. Na Figura 25 (http://www.setme.com.br/estacao_reduzora_pressao.php, acessado a 02/06/2015) encontra-se um esquema e respetiva legenda de uma instalação de VRP (2015).

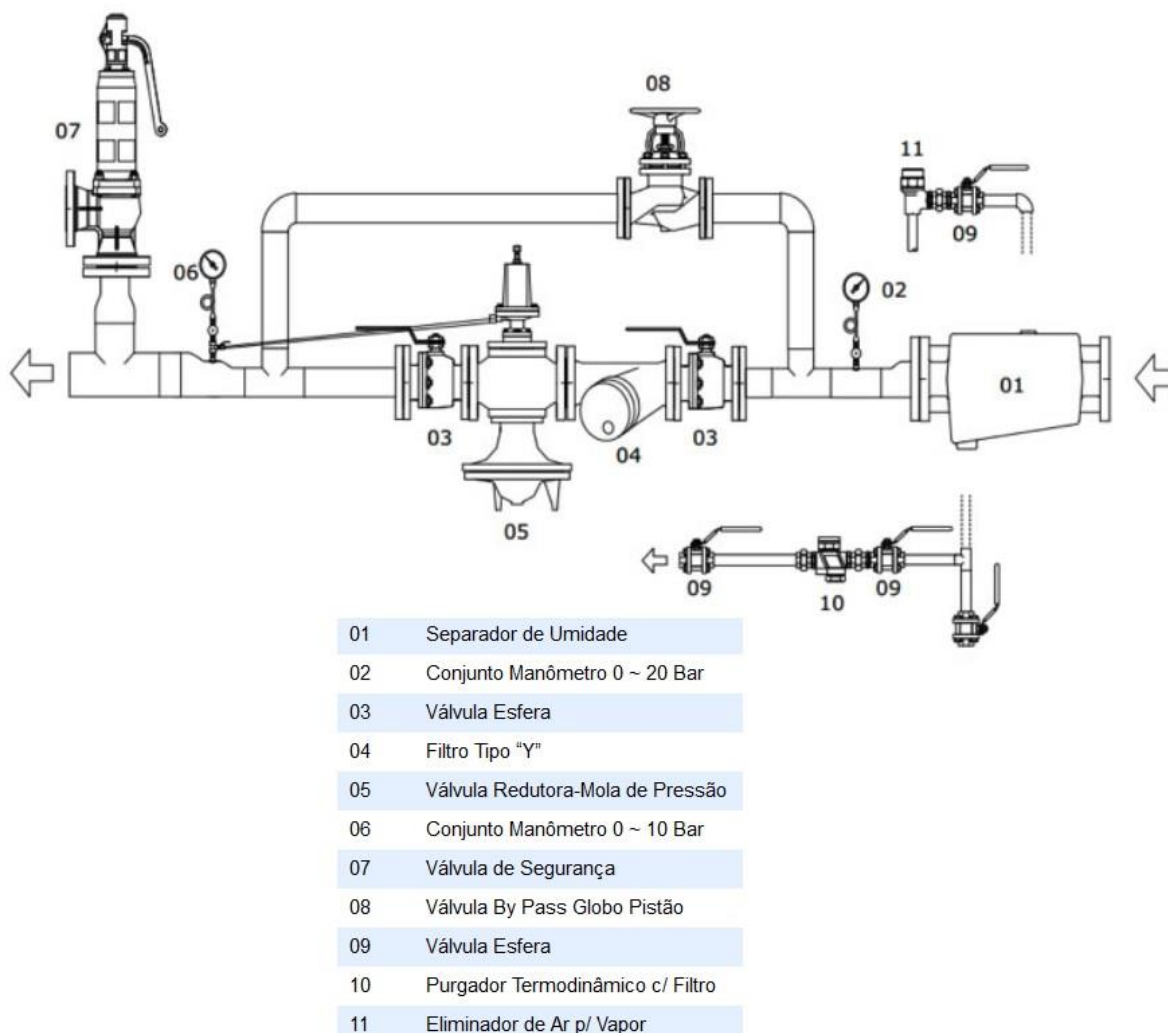


Figura 25 - Pormenor de instalação de uma VRP

2.6. CONTROLO ATIVO DE PERDAS (CAP)

O Controlo Ativo de Perdas é, de um modo abrangente, o conjunto de medidas e ações para investigação e deteção das fugas e respetiva reparação. Com o recurso destas medidas e ações e recorrendo a pessoal experiente é possível minimizar as consequências provocadas pelas fugas, isto é, através de uma deteção eficaz das fugas é possível reduzir o volume de água perdida.

O CAP é um método que funciona essencialmente pela deteção de ruído característico da existência de fugas. Este ruído pode ser devido à saída do fluxo da água, da vibração provocada na tubagem e/ou pela fricção nas paredes das condutas.

Esta medida, tal como o nome indica, é uma medida ativa contrastando com o Controlo Passivo de Perdas (CPP) que apenas atua quando as fugas são visíveis à superfície e o dano provocado pela fuga já é bastante significativo. Outra diferença entre o CAP e o CPP resulta do aviso por parte da população da ocorrência de um problema enquanto que o CAP procura, de forma exaustiva, potenciais fugas subterrâneas.

O tempo que decorre desde o início da fuga até à sua reparação pode implicar grandes volumes de água perdidos assim como trabalhos de construção civil adicionais conforme a dimensão da rotura. Este tempo encontra-se dividido em 3 momentos sendo o primeiro a identificação, o segundo a localização da fuga e finalmente a reparação. A Figura 26 (Farley, 2008) mostra a evolução temporal de uma fuga face ao volume de água perdida.

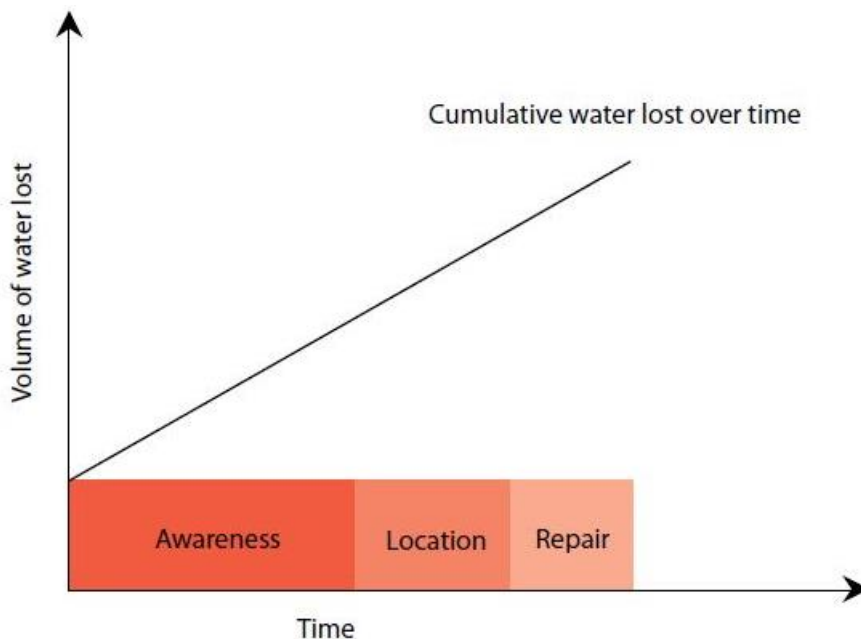


Figura 26 - Efeito do tempo no volume total de água perdido

O CAP recorre a inúmeros equipamentos de deteção de fugas distinguindo-se estes pela experiência da EG, capacidade de investimento, tipo de fugas entre outros. Os equipamentos, geralmente usados, são (Farley, 2008):

- 1) *Logger* acústico: Instrumento de deteção de fugas baseado no barulho produzido por uma fuga. O funcionamento deste equipamento depende da instalação de um conjunto de sensores colocados ao longo de uma área fazendo-se a análise do ruído presente nas condutas. Deste modo existe uma primeira delimitação da área sendo necessário a localização da fuga recorrendo a outros métodos.

- 2) *Loggers* de correlação acústica: Equipamento que usa a velocidade do som produzido pela fuga percorrendo este as condutas até dois microfones previamente colocados. Este método depende da intensidade do barulho da fuga assim como da constituição do material da conduta.
- 3) Geofone: Equipamento que funciona através da amplificação do som produzido pela fuga. Este método procura essencialmente o sinal de maior intensidade e consecutivamente a localização da fuga.
- 4) Estetoscópio: Vara de metal colocada sobre as condutas para amplificação do ruído. Este método é muito simples e económico mas depende da experiência do técnico.

2.7. TELEMETRIA

A Telemetria é uma tecnologia que permite às EG uma gestão mais eficaz de um SAA. Esta tecnologia permite, além de uma gestão da rede, fazer a otimização dos serviços aos clientes, dados em tempo real e fiabilidade de dados quando solicitados por entidades competentes.

A Telemetria, de modo sucinto, é a medição e registo de dados de consumo, de pressão, de caudal ou volume em base de dados e posterior comunicação destes.

A Telemetria encontra-se dividida em Telemetria de rádio fixo e Telemetria de rádio móvel. A diferença entre os dois tipos é o modo de recolha dos dados necessitando a telemetria de rádio móvel a passagem de um leitor perto do contador enquanto que a telemetria de rádio fixo envia os dados diretamente para a central onde serão posteriormente tratados. A telemetria de rádio fixo necessita de um investimento superior e justifica-se em áreas onde a densidade populacional é elevada (áreas urbanas). Em áreas rurais opta-se pela telemetria de rádio móvel uma vez que os clientes se encontram mais dispersos. Outra diferença no modo de atuação dos sistemas de telemetria é que a telemetria de rádio fixo permite elaborar o BH diariamente, isto é, é possível obter a AES e a AF diariamente enquanto que a telemetria de rádio móvel apenas permite realizar o BH aquando da recolha dos dados dos contadores.

O modo de funcionamento da telemetria de rádio fixo encontra-se representado na Figura 27 (Hidrometer, 2015). O sistema de telemetria fixa é composto por um contador com o sistema de telemetria instalado. Este contador envia um sinal, através de rádio frequência, para um concentrador GPRS. Cada concentrador gere cerca de 800 pontos de emissão para ser possível a realização de um BH diário. Este concentrador faz a captação dos dados e envia posteriormente os dados para o servidor.



Figura 27 - Modo de funcionamento do sistema de telemetria de rádio fixo

A telemetria de rádio móvel funciona de acordo com a Figura 28. Este tipo de telemetria funciona graças a um dispositivo de aquisição de dados móvel que faz a recolha dos dados de consumo de vários pontos de medição. Esta recolha, por norma, é efetuada com recurso a um transporte. Estes dados são armazenados até serem descarregados no servidor final.



Figura 28 - Modo de funcionamento do sistema de telemetria de rádio móvel

Os dados recolhidos poderão ser tratados em *software* adequado e posterior ligação à base de dados da faturação.

Segundo a Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA) este sistema apresenta inúmeras funções e vantagens passando estas a ser enumeradas de seguida (Guia de contadores de água, APDA, 2012):

- ➔ Fiabilidade dos dados recolhidos, que traz uma diminuição do trabalho administrativo. Um dos grandes ganhos do sistema é a possibilidade de evitar a ocorrência de erros associados à transição manual das leituras, quer para um terminal portátil, quer para o papel. Além disso, o facto de o tempo de trabalho administrativo e de leitura ser drasticamente diminuído, permite aumentar a frequência com que a leitura é efetuada. Consequência disso a possibilidade de redução dos tempos de reação por parte da EG quando existem consumos elevados (fugas), ou consumos reduzidos (contadores parados ou danificados).
- ➔ Redução da faturação por estimativa. Com a possibilidade de realizar leituras mensais reais, já não existe a necessidade de se estimarem leituras e consequentes faturas por estimativa.
- ➔ Redução das perdas de água. Através de datas fixas de leitura é possível efetuar o cálculo do consumo da rede de abastecimento de água e identificar as áreas críticas onde atuar.

- Aumento da produtividade. O sistema de telemetria adapta-se a qualquer local, mesmo aqueles com difícil acesso, quase impossíveis de retirar leituras. Os exemplos maiores são os contadores instalados dentro de casas de cliente, poços ou valas, que estão submersos ou em condutas com acesso feito na via pública. Torna-se assim possível efetuar leituras fiáveis com menor periodicidade e assegurar um maior rigor na faturação.
- Detecção/alarme de fugas com definição da data e hora da ocorrência. Tanto para a EG como para os clientes, é possível ter uma ferramenta que detete possíveis fugas/ruturas no sistema de abastecimento. A telemetria oferece um sistema que controla os volumes de água que passam num dado local, possibilitando, assim, a análise permanente de perdas de água na rede.
- Detecção de escoamento em sentido contrário. Existem duas possibilidades de ocorrer escoamento no sentido oposto ao normal: fraude ou introdução de água de origem não controlada no sistema de abastecimento da rede pública. Os sistemas de telemetria permitem identificar o escoamento inverso e ainda quantificá-lo. Assim é possível localizar a origem num curto espaço de tempo de forma a não existirem grandes perdas financeiras para a EG.
- Identificação do perfil de consumo horário do cliente. Permite uma melhor gestão do consumo e da distribuição de água. Assim é possível compreender as necessidades reais de cada cliente e identificar anomalias (fugas e refluxos).
- Caudais de alarme, com definição da data e hora da ocorrência. Permite perceber se o contador aplicado a cada um dos seus clientes está ou não corretamente dimensionado.
- Programação de mais que uma data de fecho do mês. Funcionalidade que permite faturar clientes de segmentos diferentes em datas de fecho de mês diferentes, quer por conveniência da EG que por conveniência do cliente.
- Gestão de tarifas bi-horárias ou sazonais. Apesar de em Portugal ainda não se falar em cobrança de água utilizando um sistema bi-horário, esta funcionalidade poderá tornar-se bastante útil no caso de clientes que apresentem picos de consumo elevados em determinados períodos do dia, o que obriga a EG a efetuar sobrecarga de pressão no sistema de distribuição de água. Uma tarifa sazonal, de valor superior em períodos de maior dificuldade de abastecimento, pode contribuir para atenuar os picos de consumo em determinados períodos do dia ou do ano.
- Leitura do caudal instantâneo. Para um melhor estudo de possíveis situações com clientes, a análise do caudal instantâneo é muito importante. Antes da existência da telemetria só os *data-loggers* é que conseguiam registar esses dados.
- *Data-logging* com intervalos programáveis. Permite um acompanhamento mais detalhado de um determinado cliente. Apesar de o sistema de telemetria ainda estar a evoluir, ainda se apresenta bastante limitado no que toca a esta funcionalidade comparativamente aos *data-loggers*.
- Detecção de fraude através da deteção e alarme na maioria dos sistemas de telemetria. O sistema pode ser controlado para tentativas de remoção do módulo ou mesmo tentativas de colocação de ímanes nos módulos.
- Detecção de contador parado, baseada numa parametrização prévia que pode ser personalizada em função do cliente. Isto permite à EG agir de forma mais rápida e substituir os contadores que vão ficando parados.

Como já foi anteriormente referido, o recurso a instrumentalização mais precisa exige da parte da EG um esforço económico mais elevado assim como a formação de técnicos especializados. Deste modo e caso não se reúnam as condições necessários ao uso deste sistema poderá ser preferível recorrer a outro tipo de equipamentos.

2.8. TELEGESTÃO

A implementação de Sistemas de Telegestão pretende-se dotar as Entidades Gestoras de infraestruturas informáticas (*hardware* e *software*) de monitorização, comando e controlo.

A Telegestão permite:

- ➔ uma gestão técnica eficaz e integrada das suas instalações operacionais, mediante a monitorização, comando e controlo, em tempo real ou “quase real”, e de forma remota e centralizada, do estado de funcionamento das diversas instalações operacionais, geograficamente distribuídas, permitindo assim uma ação imediata em caso de ocorrência de anomalias;
- ➔ uma gestão económica e eficiente dos sistemas de abastecimento e distribuição de água e de saneamento, potenciando a sua eficiência energética, através da otimização da produção e de bombagens, controlo de consumos e da qualidade da energia, bem como a eficiência de deslocações e intervenções locais, em caso de anomalias, mediante prévio conhecimento da origem e natureza das anomalias ocorridas (Adaptado de: <http://www.aquasis.pt/pt/sistemas-de-telegestao> acedido a 20/07/2015).

Este sistema, além das vantagens já apresentadas, permite uma otimização de processos havendo simultaneamente redução de custos associados e do ponto de vista da imagem da EG permite uma melhoria da mesma visto que a EG passa por ser inovadora e aplicada na redução de custos (APDA, 2011).

O grande entrave à implementação são os custos associados à instalação e manutenção destes sistemas. O investimento inicial é avultado assim como os técnicos associados sendo este um sistema vocacionado essencialmente para EG com alguma capacidade técnica e económica.

2.9. CONCLUSÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Um sistema de abastecimento de água assume um papel crucial na sociedade tal como a conhecemos. O simples facto de se poder abrir uma torneira no conforto de nossas casas e sair um jato de água era algo impensável há umas décadas atrás. O passo seguinte à realização dos sistemas de abastecimento é o aprimorar e otimizar os processos utilizados na gestão do SAA recorrendo-se para isso ao conhecimento acumulado e a medidas, ações e ferramentas atuais e inovadoras.

A legislação progride, e adapta-se, em conjunto com o desenvolvimento destes sistemas impondo regras de boa conduta, metas e limites garantido assim o funcionamento adequado dos SAA.

O setor em Portugal encontra-se bem estudado porém encontram-se, situações pontuais, valores inadmissíveis de água não faturada e de perdas de água em países desenvolvidos. Isto acontece tanto por falta de dimensão e escala como por inércia na alteração de processos, encontrando-se a EG satisfeita apesar dos problemas identificados, quer por incapacidade económico-financeira e/ou técnica

para aplicação de novas medidas e ações. Isto pode ser resolvido através da alteração dos modelos de gestão e eventual concessão a empresas privadas com provas dadas, da alteração e agregação de municípios ou por injeção de capital na EG.

As perdas de água totais são o grande flagelo das EG, atingindo valores acima dos 50% nalguns locais, visto que representam uma grande percentagem da água não faturada. Deste modo o estudo económico de medidas de redução das perdas de água é uma ferramenta, que aliada a mecanismos de avaliação de indicadores de desempenho tais como o BH, que permite estabelecer critérios e medidas para implementação nas EG. É necessário estabelecer os valores mínimos de perdas de água e de recursos a usar, através de estratégias e ações necessárias.

No caso das perdas reais é possível a implementação de critérios de segmentação do sistema em áreas mais pequenas estabelecendo áreas de intervenção prioritárias. A utilização conjunta de equipamentos de gestão de redes de distribuição de água, tais como a telemetria e telegestão, aliados aos equipamentos mecânicos, como as válvulas redutoras de pressão, são algumas das soluções usadas pelas entidades com vista à resolução do problema das perdas reais. O método considerado mais pró-ativo é o CAP que atua de modo a impedir que as fugas tomem proporções significativas, provando que um investimento reduzido pode ter grandes impactos.

3

ÂMBITO E OBJETIVOS

3.1. ÂMBITO

A pesquisa bibliográfica previamente realizada realça a importância das perdas reais no bom funcionamento de uma EG. A redução das perdas reais é um indicador do estado das EG e motivo de brio e orgulho das mesmas caso os valores sejam reduzidos.

As perdas reais, como anteriormente referido, são compostas por parcelas facilmente detetáveis e quantificáveis havendo uma parcela, denominada perdas base, que se verifica em qualquer SAA e cuja eliminação é praticamente impossível. Deste modo, o alvo de redução das perdas reais consiste na monitorização das restantes parcelas estudando-se medidas para aplicação futura. A medida mais básica é o controlo de uma área efetuando-se a medição dos volumes de água que entram nessa mesma área. Com o conhecimento dos volumes faturados encontram-se os valores da água não faturada e com o uso deste valor é possível estabelecer prioridades na aplicação de medidas ou até mesmo prioridade de atuação em diferentes zonas. O investimento inicial irá ser recuperado através da cobrança da água não faturada ou pelo não desperdício de água.

O estudo do consumo mínimo noturno, dos volumes de entrada de água e das pressões verificadas na rede permitem a retirada de conclusões acerca das ocorrências de novas fugas, do nível das perdas de água e sobre a influência destes no bom desempenho das EG.

A presente dissertação foi efetuada, parcialmente, nos SMSBVC, empresa que forneceu o acesso a toda a informação e dados necessários para a realização e cumprimento dos objetivos estabelecidos.

3.2. OBJETIVOS

O objetivo da presente dissertação é a avaliação de processos de redução de perdas reais recorrendo-se ao estudo e análise de caudais, nomeadamente os caudais noturnos, e à análise de ocorrências em ZMC previamente definidas.

Os objetivos secundários prendem-se com:

- Detecção e identificação de fugas;
- Estudo de critérios de delimitação de ZMC;
- Aplicação destes critérios em 2 zonas em estudo;
- Estudo e análise de zonas com telemetria associada;

- ➔ Identificação de fugas e problemas através dos dados obtidos de um caudalímetro associado a uma VRP;
- ➔ Estudo dos padrões de consumo e impacto da VRP nestes padrões de consumo
- ➔ Estudo do Consumo Mínimo Noturno e relação entre medidas tomadas

4

SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE SANEAMENTO BÁSICO DE VIANA DO CASTELO

4.1. CONTEXTO HISTÓRICO DOS SMSBVC

A história dos SMSBVC tem início no ano de 1928. A 1928, em reunião da Câmara Municipal, é analisada a municipalização dos Serviços de Águas com efeito a partir de 1 de julho do mesmo ano. Ainda nesta reunião são criadas as bases da municipalização assim como o projeto de Regulamento para abastecimento. A 4 de julho foi nomeada a Comissão Administrativa dos Serviços Municipalizados de Viana do Castelo sendo esta comissão liderada pelo Capitão Gaspar Malheiro Pereira de Castro (SMSBVC, 2015).

Durante a década de 1930 integrou-se os serviços de iluminação pública nos Serviços Municipalizados e aprovou-se a nomeação do Engenheiro Carlos Alberto da Costa Martins Vieira como Diretor dos Serviços Municipalizados. Até à década de 1970 o serviço de abastecimento de água sofre uma grande extensão pela cidade havendo, posteriormente, agregação dos serviços de Saneamento por parte dos Serviços Municipalizados. Este serviço, no futuro, iria ter forte impacto na atribuição dos fundos comunitários (SMSBVC, 2015).

A captação de água durante os anos de 1980 sofre alguns investimentos importantes havendo conclusão de projetos no Rio Lima e no Rio Neiva (SMSBVC, 2015).

Os serviços de recolha, depósito e tratamento de resíduos sólidos domésticos, em 1991, são integrados nos Serviços Municipalizados originando, ainda neste ano, a alteração para a atual designação dos serviços de Viana. Esta designação passa a ser Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo (SMSBVC, 2015).

Em julho de 2000, com a criação da empresa Águas do Minho e Lima passa a ser responsável pela gestão e exploração do sistema em alta do Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais.

Atualmente os SMSBVC contam com cerca de 40000 consumidores de água, 31000 utilizados da rede de saneamento e 100% da recolha diária dos resíduos sólidos (SMSBVC, 2015).

Esta EG, em 2014, foi premiada como EG vencedora na Qualidade de Serviço de Águas Residuais Urbanas pela ERSAR recebendo ainda o selo de Qualidade Exemplar de Água para Consumo Humano (SMSBVC, 2015).

4.2. SITUAÇÃO ATUAL DOS SMSBVC

Os SMSBVC são o serviço público de distribuição de água, saneamento e recolha de resíduos sólidos urbanos do concelho de Viana do Castelo. Apresenta-se de seguida a Figura 29 (SMSBVC, 2015) que representa os indicadores de acessibilidade e adesão encontrados no concelho no ano de 2014.

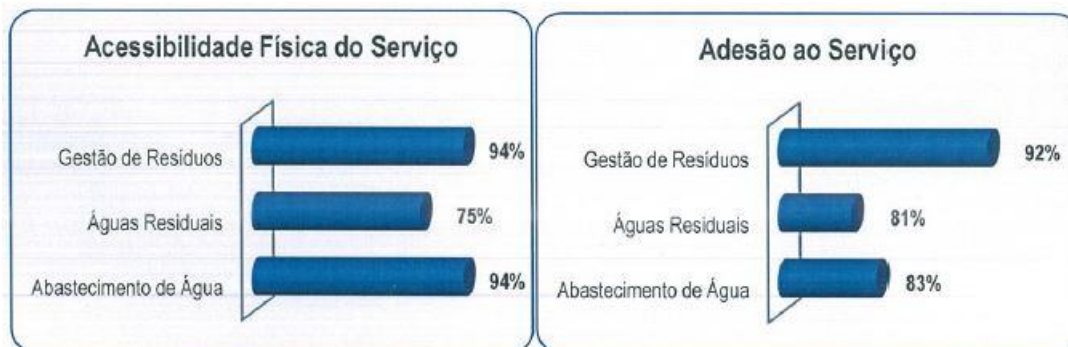


Figura 29 - Acessibilidade e adesão ao serviço no concelho de Viana do Castelo

Analisando a Figura 29 é notória a diferença entre a acessibilidade de abastecimento de água e a adesão a este mesmo serviço. Isto acontece devido à existência de soluções mais económicas, tais como poços, furos e acesso a nascentes, em determinadas zonas do concelho.

O número de clientes de abastecimento de água praticamente estabilizou desde 2012, fruto da conjetura económica e do surto de emigração, enquanto que no saneamento se verificou um aumento de 3.5% ao ano. A Figura 30 apresenta a evolução do número de clientes nos SMSBVC.



Figura 30 - Número de clientes nos SMSBVC

O sistema tem como principais consumidores clientes domésticos (cerca de 88% dos clientes) sendo os clientes de comércio/indústria a segunda parcela de maior relevo (cerca de 8.3%). A Figura 31 (SMSBVC, 2015) apresenta, por tipologia do uso de água, os clientes dos SMSBVC em 2014.



Figura 31 - Tipologia dos clientes dos SMSBVC

Atualmente, os SMSBVC têm uma taxa de cobertura de distribuição de água de cerca de 94% havendo uma adesão a rondar os 83% sendo que existe ainda muitos fogos (cerca de 20%) que não requerem ligação aos serviços prestados por esta entidade (SMSBVC, 2015).

Ao nível da faturação houve uma ligeira quebra (4,7%) face aos resultados de 2011 vindo esta quebra seguindo uma tendência anteriormente verificada. Este decréscimo de faturação é um indicativo da redução do consumo de água quer pela poupança de água quer pela utilização de origens de água privadas (SMSBVC, 2015).

Em 2013 verificou-se o Balanço Hídrico correspondente ao Quadro 7. Este quadro encontra-se incompleto uma vez que não foi possível apurar os valores referentes às divisões das perdas reais (SMSBVC, 2015).

Quadro 7 - Balanço Hídrico 2013 dos SMSBVC

Água entrada no Sistema 5 950 632 m ³ = 100%	Consumo Autorizado 5 041 728 m ³ = 84.7% AES	Consumo autorizado faturado 4 520 728 m ³	Consumo autorizado faturado não medido 0 m ³	
			Consumo autorizado faturado medido 4 520 728 m ³	
	Perdas de água totais 908 904 m ³ = 15.3% AES	Consumo autorizado não faturado 521 000 m ³	Consumo autorizado não faturado medido 0 m ³	
			Consumo autorizado não faturado não medido 521 000 m ³	
		Perdas Reais 563 855 m ³ = 9.5% AES	Perdas Aparentes 345 049 m ³ = 5.8% AES	Consumo não autorizado 119 013 m ³
				Erros de medição 226 036 m ³

Interessa ainda saber a quantidade de água não faturada e a sua percentagem face à água entrada no sistema. A ANF, em 2013, representou 24,0% da AES representando isto uma perda de receita muito importante para a EG. De forma simples, é possível verificar que houve uma perda financeira

associada às perdas reais de 637156.4€ considerando o custo de serviço (custo médio de produção e custo de distribuição) como sendo a 1.13 €/m³ (EPAL, 2015).

Os valores de 2014 apresentam-se no Quadro 8.

Quadro 8 - Balanço Hídrico 2014 dos SMSBVC

Água entrada no Sistema 5 521 046 m ³ = 100%	Consumo Autorizado 4 589 240 m ³ = 83.1% AES	Consumo autorizado faturado 4 300 240 m ³	Consumo autorizado faturado não medido 0 m ³
			Consumo autorizado faturado medido 4 300 240 m ³
		Consumo autorizado não faturado 289 000 m ³	Consumo autorizado não faturado medido 0 m ³
			Consumo autorizado não faturado não medido 289 000 m ³
	Perdas de água totais 931 806 m ³ = 16.9% AES	Perdas Aparentes 325 433 m ³ = 5.9% AES	Consumo não autorizado 110 421 m ³
			Erros de medição 215 012 m ³
		Perdas Reais 606 373 m ³ = 11% AES	

A comparação entre quadros mostra que as perdas de água sofreram um aumento, em percentagem, face aos valores de 2013. Porém, é necessário fazer uma análise em termos de água não faturada sendo que em 2014 a ANF representava 22,1% da AES apresentado uma redução de 2 valores percentuais face aos números de 2013. Observa-se ainda uma redução nos Consumos Autorizados não faturados não medidos e no valor das perdas aparentes.

A perda financeira relativa à parcela das perdas reais corresponde a um valor de 685201.8 € sendo o custo de serviço igual a 1.13 €/m³.

Estes valores constituem uma oportunidade de atuação por parte da EG uma vez que, apesar de haver perdas reais inevitáveis, existe uma margem de redução destes valores tornando-se assim uma mais-valia económica e ambiental da EG.

4.3. PARTICIPAÇÃO DOS SMSBVC EM DIFERENTES INICIATIVAS

A nível nacional surgem diversos planos e medidas para controlo e redução de perdas de água assim como para partilha de dados, informação e conhecimento adquiridos com a experiência. Deste modo, os SMSBVC participaram na Iniciativa Nacional para a Gestão Patrimonial de Infraestruturas (iGPI) e na Iniciativa Nacional para o Controlo Eficiente de Perdas (iPerdas) (SMSBVC, 2015).

A iniciativa iGPI é uma iniciativa que tem como objetivo principal a capacitação das EG para o desenvolvimento, implementação e manutenção de planos de gestão patrimonial de infraestruturas. Um objetivo secundário é a partilha de ideias e informações entre EG (iGPI, 2015).

Esta iniciativa aumentou a consciencialização para o problema da gestão dos sistemas uma vez que, gradualmente, o ciclo de construção das redes vai diminuindo sendo necessário efetuar manutenção/reparação de modo a aumentar o tempo de vida útil das infraestruturas e manter as funções originais para as quais foram concebidas. O Laboratório Nacional de Engenharia Civil, o Instituto Superior Técnico e a Addition, Lda foram os responsáveis pela elaboração de um *software* de auxílio à iniciativa (projeto AWARE-P). Este projeto teve duração de um ano e um impacto muito significativo nas EG participantes (iGPI, 2015).

O fórum iPerdas tem como enquadramento a melhoria de eficiência dos sistemas de abastecimento de água através do controlo da água não faturada, em particular nas perdas de água (iPerdas, 2015).

Os objetivos a que a iniciativa se propõe são (iPerdas, 2015):

- ➔ Apoio na sectorização da rede;
- ➔ Monitorização de setores e de grandes consumidores;
- ➔ Realização de Balanços Hídricos e Energéticos;
- ➔ Análise de caudais noturnos e de padrões de consumo de água;
- ➔ Cálculo de Indicadores de Desempenho de Água e Energia;
- ➔ Identificação e planeamento de medidas de melhoria da eficiência de água e energia.

Os impulsionadores do projeto foram o LNEC, IST e Addition, Lda e encontra-se prevista nova edição para o ano de 2016.

5

DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE SEGMENTAÇÃO

5.1. APRESENTAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

O concelho de Viana do Castelo localiza-se a norte de Portugal, fazendo fronteira com Espanha. No mapa de Portugal (Figura 32) identifica-se o concelho de Viana do Castelo.

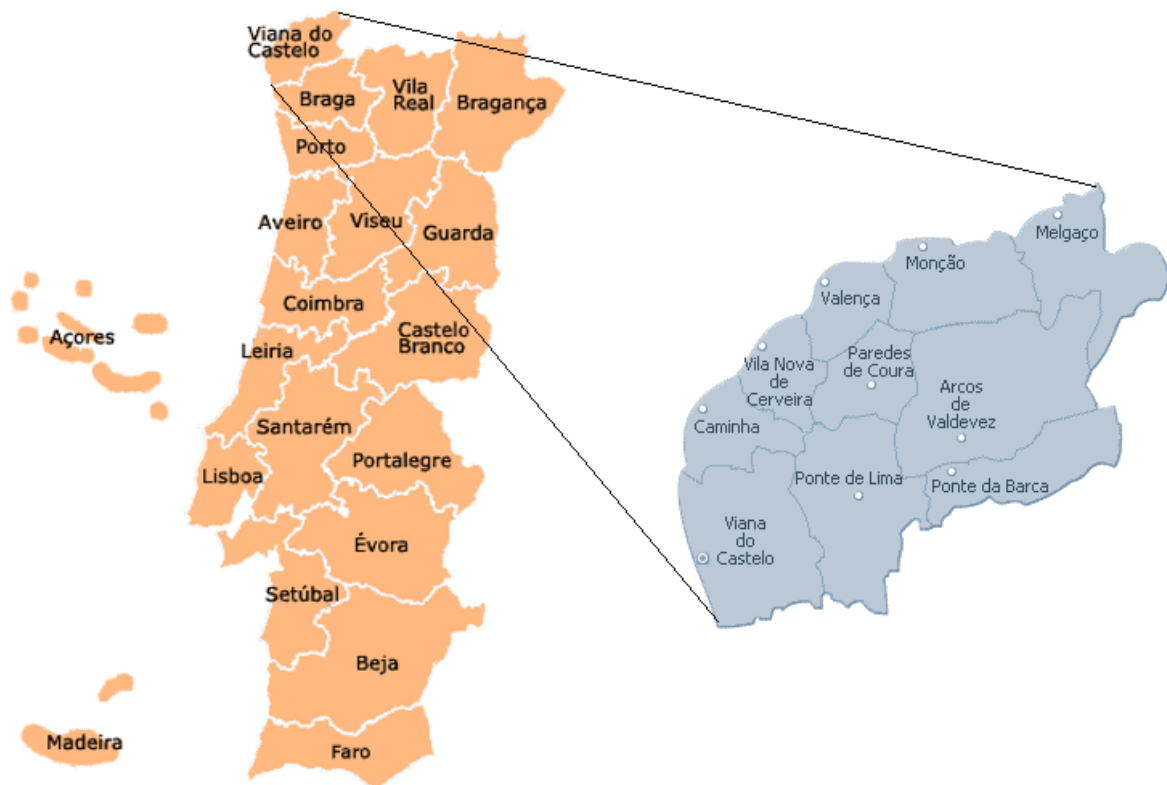


Figura 32 - Localização de Viana do Castelo

Os SMSBVC têm a rede dividida em 5 subsistemas (Bertiandos, Barrocelas, Veiga de Areosa, Veiga de Anha e Vale do Neiva) estando ainda subdivididos em 47 ZMC (valores de junho 2015). A Figura 33 apresenta a divisão efetuada assim como a localização dos reservatórios. O subsistema de Barrocelas tem 13 ZMC, o subsistema de Bertiandos contém 16 ZMC, o subsistema de Vale do Neiva contém 7 ZMC, o subsistema de Veiga D'Anha contém 2 ZMC e o subsistema da Areosa tem 9 ZMC.

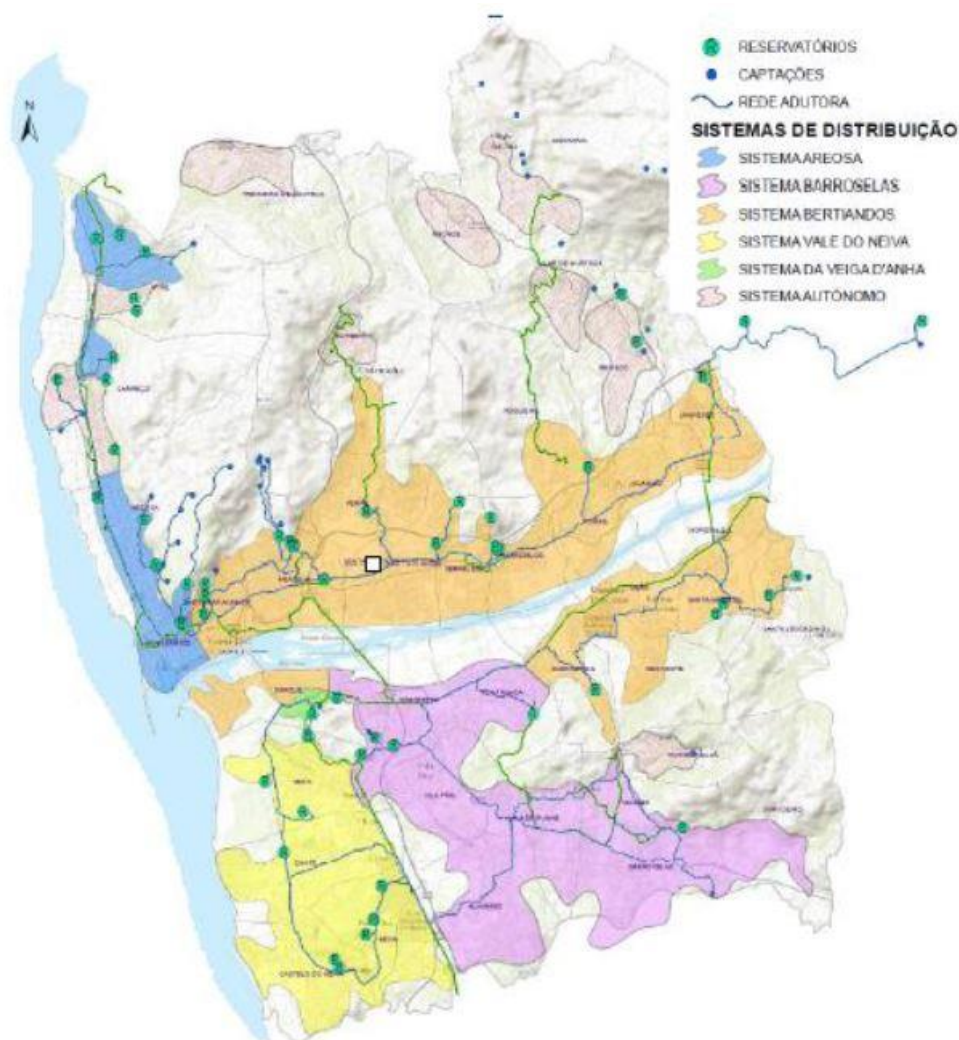


Figura 33 - Subsistemas da rede dos SMSBVC

Os casos de estudo analisados escolhidos são a ZMC da Amorosa, ZMC de Afife, ZMC de Geraz do Lima e a ZMC de Barrocelas.

A análise e comparação de casos de estudo requer a existência de um caso de estudo bem-sucedido. O caso de estudo modelo foi selecionado tendo em conta o valor reduzido da água não faturada. Neste capítulo vão ser introduzidas ainda as ZMC consideradas, as metodologias aplicadas para redução de perdas e os resultados obtidos.

As zonas seleccionadas encontram-se representadas na Figura 34 estando a ZMC da Afife representada a verde, a ZMC da Amorosa representada a laranja, a ZMC de Barrocelas a roxo e a ZMC de Geraz do Lima a amarelo. Os limites da figura representam os limites do concelho de Viana do Castelo.

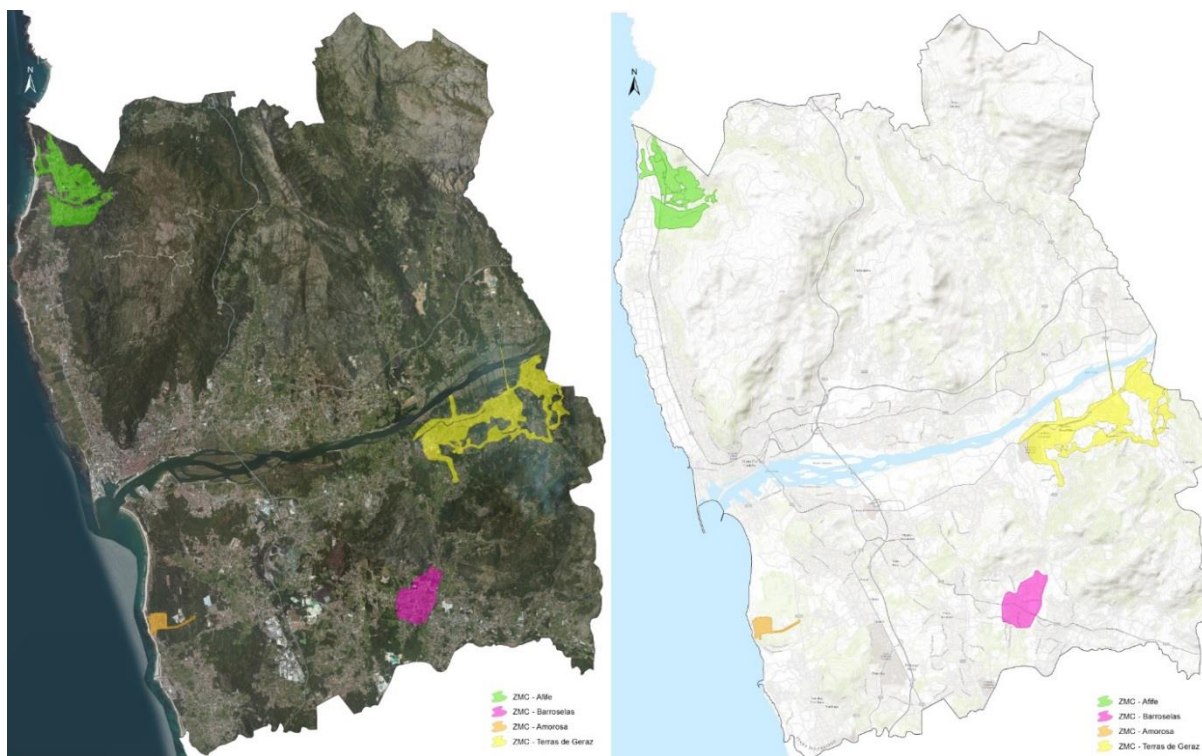


Figura 34 - Representação das ZMC em estudo

5.1.1. RESUMO GERAL DOS CASOS DE ESTUDO

As ZMC em estudo foram escolhidas com base na existência de uma característica particular de cada ZMC no sistema de Viana do Castelo:

- A ZMC da Amorosa por ter um sistema de telemetria de rádio fixo;
- A ZMC de Barrocelas é simultaneamente um sistema adutor e distribuidor;
- A ZMC de Geraz do Lima tem sistema de telemetria móvel em função da dispersão da população;
- A ZMC de Afife é abastecida por 1 reservatório independente situado na ZMC da Gamosa.

Para o cálculo do Quadro 9 foi considerado uma população total abastecida de 88725 habitantes (Censos 2011) distribuída por 35918 instalações ativas de uso doméstico. Foi considerado que a população se manteve constante entre 2011 e 2015 e que o número médio de habitantes por habitação é de 2.5 habitantes/instalação.

Quadro 9 - Características infraestruturais das ZMC

ZMC	Nº Instalações	Nº Ramais	Extensão (km)	ÁREA (km ²)	Nº Ramais/Extensão	Nº Ramais/Área
Amorosa	3102	384	9.1	0.40	42.27	948.86
Barrocelas	634	634	15.3	1.74	41.35	364.14
Afife	984.0	861	18.9	1.96	45.50	438.43
Geraz do Lima	859.0	756	50.4	4.38	15.01	172.55

5.1.2. ZMC DA AMOROSA

O primeiro caso de estudo é a ZMC da Amorosa. Esta ZMC localiza-se a Sul do Rio Lima, faz para do subsistema de Vale do Neiva e caracteriza-se por ser uma zona sazonal. É composta por uma área de edifícios em altura e por uma área de moradias. Cada uma destas áreas têm aproximadamente cerca de 1000 clientes. É uma área urbana com uma densidade populacional elevada contudo, devido à sua localização, é uma área com consumos de água muito variáveis ao longo do ano visto ser uma zona balnear.

Esta ZMC apresentou, em 2014, valores de ANF a rondar os 5% registando valores de ocorrências, nomeadamente roturas em condutas e acessórios, muito próximas de zero. A Figura 35 apresenta uma imagem aérea da ZMC da Amorosa com as instalações representadas por pontos e as condutas de água representadas por linhas a azul.



Figura 35 - Imagem aérea da ZMC da Amorosa

A ZMC da Amorosa tem uma extensão de rede de 9,1 km de rede e uma área total de 0,59 km². Em 2014 continha 3102 instalações representando 384 ramais de ligação prediais. O sistema tem apenas um ponto de entrega de água e a ZMC encontra-se dividida em 3 ZMC mais pequenas porém, para o estudo realizado não foi tido em conta esta separação.

O método de redução das perdas reais implementado foi essencialmente o controlo ativo de perdas auxiliado pela análise de caudais.

A modulação da ZMC encontra-se no anexo B.

5.1.3. ZMC DE AFIFE

A localização da ZMC de Afife é a norte do Rio Lima e situa-se no limite do concelho de Viana do Castelo. Esta ZMC pertence ao subsistema da Areosa e caracteriza-se pela grande extensão de rede (18,9 km). Esta ZMC encontra-se dividida, tal como a ZMC da Amorosa, em 3 ZMC mais pequenas sendo estas a ZMC de Afife – Revolta, Afife – Santo António e Afife – Gamosa. Os limites foram definidos tendo em conta a rede de distribuição principal dividindo esta a área de moradias da área de prédios em altura tendo cada área aproximadamente o mesmo número de instalações.

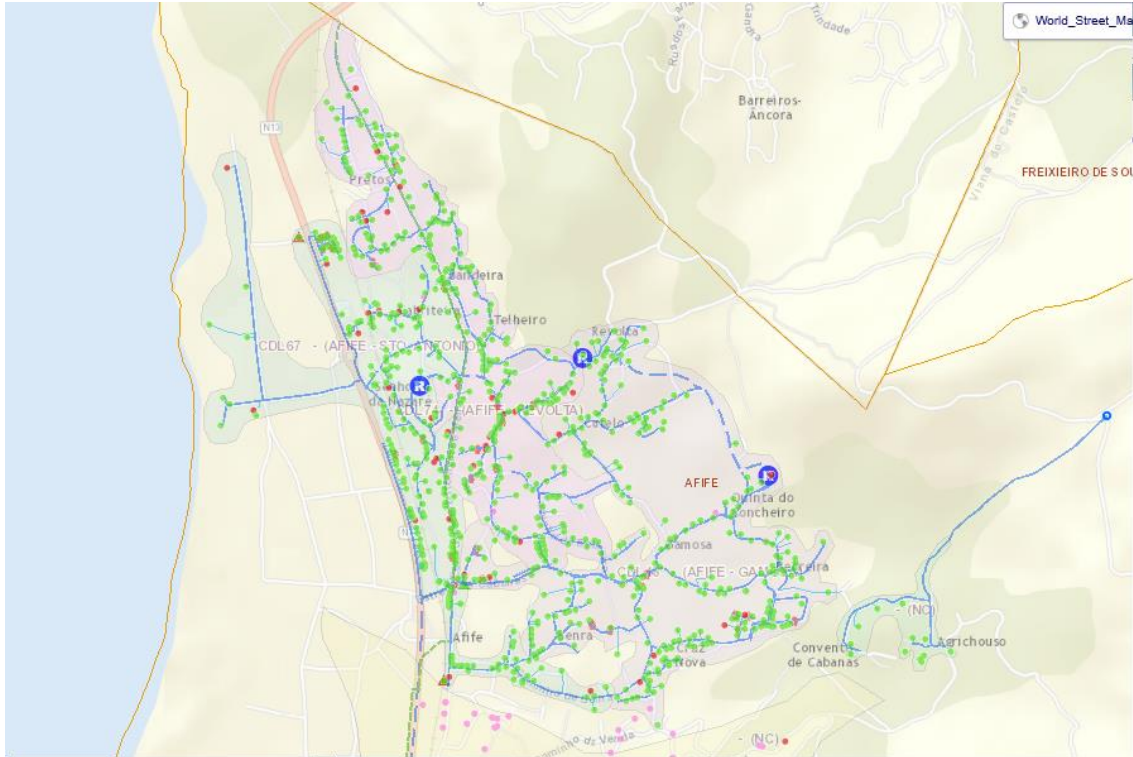


Figura 36 - Representação da ZMC de Afife

A Figura 36 apresenta uma imagem dos limites da ZMC completa e das divisões efetuadas posteriormente. Os reservatórios que abastecem cada ZMC encontram-se destacados por uma bola azul com a letra R e cada bola, independentemente da cor, representa uma instalação. A cor das instalações está relacionada com o estado da instalação, isto é, se a instalação se encontra ligada ou desligada da rede ou informações sobre a idade da ligação dos ramais.

A ZMC tem 861 ramais de ligação distribuídos por uma área total de 2,0 km² e uma densidade populacional de 1252,6 hab/km². Nesta ZMC encontra-se instalado o sistema de telemetria de rádio móvel e, atualmente, não existem VRP associadas a esta ZMC.

5.1.4. ZMC DE GERAZ DO LIMA

A ZMC de Geraz do Lima situa-se no limite este do concelho de Viana do Castelo a sul do Rio Lima. Esta ZMC faz parte do subsistema de Bertandos sendo efetuada uma divisão posterior em ZMC mais pequenas, porém, estas ZMC não foram consideradas individualmente. Esta divisão teve origem devido à grande extensão de rede e pelo elevado número de clientes abrangidos pela ZMC inicial. A implementação desta ZMC foi efetuada nos finais do ano de 2013 registando, aquando da implementação da ZMC, valores de ANF de cerca de 46%. Através da observação do Quadro 9 e da Figura 37 é possível verificar a extensa rede e área abrangida por esta ZMC.

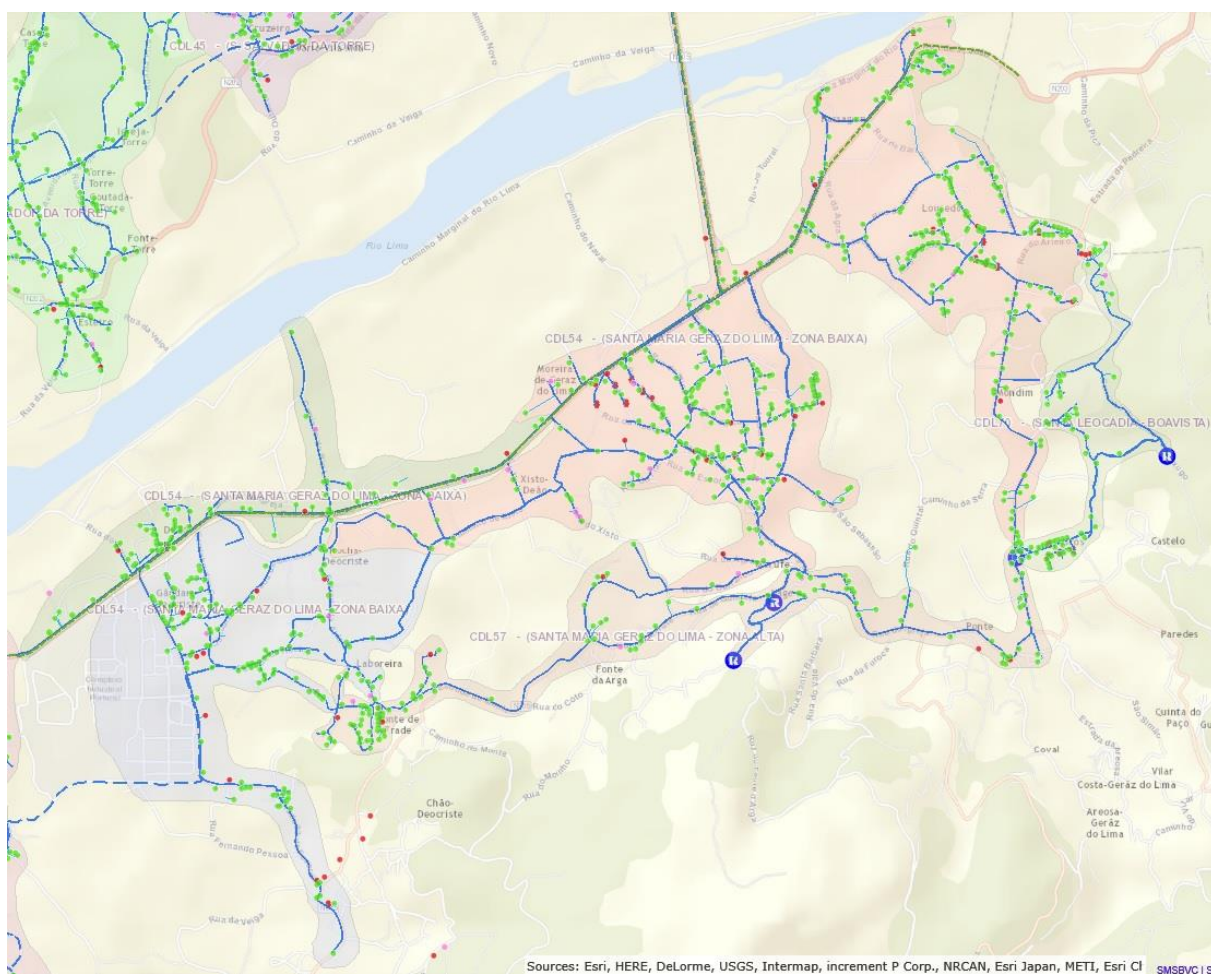


Figura 37 - Representação da ZMC de Geraz do Lima

Esta zona tem ao todo 756 ramais distribuídos por 50.4 km de extensão de rede e por uma área de 4.38 km². Como anteriormente foi referido, devido à grande área e extensão desta ZMC, a razão entre o número de ramais e a área e extensão vai ser inferior às registadas nas ZMC anteriores.

5.1.5. ZMC DE BARROSELAS

A ZMC de Barrocelas situa-se na margem esquerda do Rio Lima e pertence ao subsistema de Barrocelas. Esta ZMC tem uma característica diferenciadora das restantes. A característica em situação é o uso simultâneo da rede para sistema de distribuição de água e como sistema de adução, quando possível. O sistema em adução é utilizado para abastecer reservatórios próximos e é usado essencialmente em períodos noturnos. Deste modo, os limites desta ZMC foram estabelecidos ignorando o sistema adutor visto que uma das regras principais para definição da ZMC é ter em conta que o sistema adutor e distribuidor são totalmente independentes. Apesar disso, é possível determinar o volume distribuído em zonas com adução e distribuição através dos caudalímetros de sectorização da rede e de entrada dos reservatórios abastecidos. A extensão de rede total é de 15,3 km abrangendo uma área de 1,74 km² contendo cerca de 634 ramais ligados à rede. A Figura 38 mostra, na mancha a verde, os limites da ZMC de Barrocelas.

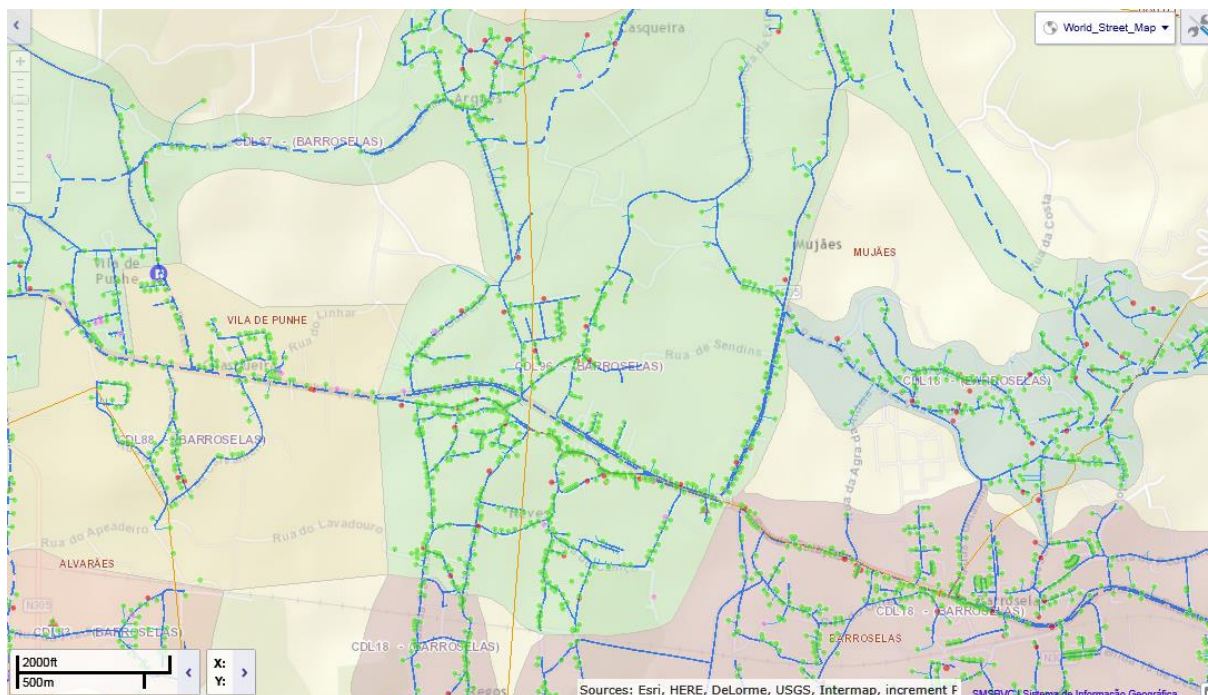


Figura 38 - Representação da ZMC de Barrocelas

A ZMC de Barrocelas, desde 2014, que tem associada uma VRP devido ao elevado número de ocorrências verificadas nesta zona. Em 2014 instalou-se uma VRP de pressão fixa e procedeu-se à verificação da evolução do número de ocorrências ao longo do tempo. Em 2015 e após avaliação das ocorrências, chegou-se à conclusão que estas eram ainda elevadas. De modo a reduzir este valor foi alterado o modo de funcionamento da VRP de pressão fixa para uma VRP modulada por ponto crítico. Esta alteração ocorreu em junho de 2015 com recurso a um ponto situado no exterior da ZMC. Apesar do ponto se encontrar fora dos limites da ZMC, a regulação da VRP tem impacto na ZMC de Barrocelas.

5.2. CAP, QUALIDADE E RAPIDEZ DAS REPARAÇÕES DE ROTURAS

A aplicação do Controlo Ativo de Perdas e a Qualidade e Rapidez das reparações de roturas são instrumentos de redução e controlo das perdas reais. Estas medidas são excelentes do ponto de vista custo/benefício e do controlo eficiente de perdas.

O CAP surge associado às ZMC visto usufruir do controlo efetuado por estas para a deteção de fugas enquanto que a qualidade e rapidez das reparações de roturas são um mecanismo usual nas EG. A eficiência destas medidas depende do interesse no tema das perdas de água e do investimento disponível.

As ocorrências, nomeadamente o número total e a evolução destas, levam a que o CAP consiga atuar com maior eficiência uma vez que poderá prever a origem das ocorrências.

O CAP nos SMSBVC é realizado, primeiramente, através da análise dos perfis de consumo e alterações ao longo do tempo. Após a deteção de alguma anomalia é efetuado um *step-test* com recurso a fecho de válvulas, utilização de *loggers* acústicos e para deteção exata da fuga o uso de geofones.

5.2.1. ESTUDO DAS OCORRÊNCIAS

O estudo das ocorrências permite detetar problemas existentes na rede uma vez que caso o número de determinada ocorrência ou tipo de ocorrência aumente poderá ser indicativo de algum problema na rede. Este problema pode ser derivado de pressão excessiva ou insuficiente, rotura em condutas ou ramais ou até mesmo má instalação dos equipamentos.

Os problemas mais recorrentes de excesso de pressão são problemas em condutas e em todos os acessórios associados às condutas. Os problemas com contadores e ramais são geralmente provocados por terceiros havendo ainda problemas de falsa informação e problemas imputáveis a terceiros.

O índice AA11ab é o índice que relaciona o número de avarias por 100 km de rede e fornece uma ideia do estado da rede uma vez que valores elevados do índice significam que existem muitas ocorrências na rede. Este índice apenas relaciona as ocorrências com relação direta com as condutas, isto é, só contam eventos ocorridos em condutas ou em acessórias das mesmas.

O índice é calculado através da seguinte expressão:

$$AA11ab = \frac{dAA31ab}{dAA30ab} * 100 \quad (12)$$

Onde AA11ab representa as ocorrências de avarias em condutas (nº/ (100 km*ano)), dAA31ab as avarias em condutas (nº/ano) e dAA30ab o comprimento total das condutas (km). O índice *a* resulta do sistema em “alta” e o índice *b* do sistema “baixa”. Na análise efetuada o índice *b* foi o utilizado.

A avaliação das zonas vai ser efetuada recorrendo ao Quadro 10 elaborado pela ERSAR. Para valores entre 0 e 30 a qualidade do serviço é considerada boa, para valores entre 30 e 60 é considerada qualidade de serviço mediana e para valores superiores a 60 a qualidade é considerada insatisfatória. Os valores usados para o cálculo foram sujeitos, numa primeira fase, a um filtro para seleção das ocorrências efetivamente causada em condutas. O valor dos comprimentos total das condutas vai ser mantido constante uma vez que estes valores só foram alterados pontualmente e acabam por não ter influência nos resultados obtidos.

Quadro 10 - Valores de referência para o índice AA11ab

Valores de referência para sistemas em	alta	baixa
Qualidade do serviço boa	[0; 15]	[0; 30]
Qualidade do serviço mediana]15; 30]]30; 60]
Qualidade do serviço insatisfatória]30; +∞ []60; +∞ [

As ocorrências provenientes da utilização do controlo ativo de perdas são excluídas do cálculo do indicador AA11b.

5.2.2. AMOROSA

A Amorosa, tal como anteriormente referido, regista atualmente valores de ocorrências de problemas imputáveis à EG próximos de zero. A partir do momento em que se implementou a ZMC verificaram-se apenas 2 ocorrências: uma relacionada com condutas e outra com válvula de seccionamento.

O Quadro 11 resulta da análise e da filtração das ocorrências registadas na ZMC da Amorosa entre o ano de 2010 e 2014. O quadro que dá origem ao Quadro 11 segue em anexo. Esta filtração teve em conduta as ocorrências relacionadas com avarias em condutas e acessórios. O Quadro 11 apresenta as ocorrências que compõem o índice AA11b.

Quadro 11 - Ocorrências derivadas de avarias em condutas e acessórios na ZMC da Amorosa

Causas	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Conduta antiga	0	0	0	0	1	1
Válv. seccionamento partida	0	1	0	0	0	1
Total Geral		1			1	2

O índice AA11b encontra-se representado no Quadro 12 e, como é possível concluir, insere-se na qualidade de serviço boa dos valores de referência da ERSAR.

Quadro 12 - Valores do índice AA11b para a ZMC da Amorosa

	2010	2011	2012	2013	2014
AA11b (nº/(ano*100km))	0	11	0	0	11
dAA13ab (nº/ano)	0	1	0	0	1
dAA30ab (km)	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1

É possível afirmar que a ZMC da Amorosa se encontra estável face ao número de avarias por 100 km de rede.

5.2.3. AFIFE

A zona de Afife, devido à grande extensão de rede, é expectável que apresente valores de ocorrências superiores à zona da Amorosa. De facto, as ocorrências verificadas são bastantes superiores às da Amorosa porém, desde o ano de 2013 tem-se verificado um decréscimo significativo no número total. O Quadro 13 resulta da filtragem do quadro de ocorrências em anexo e dá-nos os elementos a utilizar no cálculo do índice AA11b. A análise do Quadro 13 permite perceber que a ZMC de Afife tem vindo a sofrer uma evolução positiva ao longo dos anos.

Quadro 13 - Ocorrências derivadas de avarias em condutas e acessórios na ZMC de Afife

Causas	2010	2011	2012	2013	2014	Total Geral
Conduta antiga	7	6	11	3	3	30
Solda partida	1	2	1	1		5
Tubo esmagado/furado por pedra	1		3			4
Tubo sem resistência	2	2	3	1	1	9
União danificada		2	1	1		4
Total Geral	11	12	19	6	4	52

O Quadro 14 permite verificar que no 2014 a qualidade de serviço encontrava-se no patamar mais alto enquanto que no ano de 2012 a qualidade de serviço foi altamente insatisfatória.

Quadro 14 - Valores do índice AA11b para a ZMC de Afife

	2010	2011	2012	2013	2014
AA11b (nº/(ano*100km))	58	63	100	32	21
dAA13ab (nº/ano)	11	12	19	6	4
dAA30ab (km)	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9

A evolução do índice está a ser positiva sendo de esperar que estabilize em virtude das medidas tomadas.

5.2.4. GERAZ DO LIMA

A ZMC de Geraz do Lima entrou em funcionamento, como ZMC, no final do ano de 2013. Deste modo, só foi possível perceber o funcionamento desta ZMC a partir de janeiro de 2014.

As ocorrências em condutas e acessórios registadas até junho de 2015 encontram-se apresentadas no Quadro 15.

Quadro 15 - Ocorrências derivadas de avarias em condutas e acessórios na ZMC de Geraz do Lima

Causas	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total Geral
Conduta antiga	20	13	5	18	11	3	70
Solda partida		3	3	2	3	2	13
Tubo esmagado/furado por pedra	2	4		4	2	2	14
Tubo sem resistência	4	4	2	3	7		20
União danificada	3		1		3		7
Total Geral	29	24	11	27	26	7	124

O número de ocorrências encontra-se aproximadamente estável nos últimos anos sendo expectável que ocorra uma diminuição no ano de 2015.

O Quadro 16 evidencia que a qualidade de serviço encontra-se num patamar mediano denotando um potencial de atuação nesta ZMC. Os valores encontram-se próximos do patamar de qualidade de serviço insatisfatória havendo uma urgência na redução destes valores.

Quadro 16 - Valores do índice AA11b para a ZMC de Geraz do Lima

	2010	2011	2012	2013	2014
AA11ab	57.5	47.6	21.8	53.6	51.6
dAA13ab	29	24	11	27	26
dAA30ab (km)	50.4	50.4	50.4	50.4	50.4

A análise do índice AA11b não foi elaborada para o ano de 2015 uma vez que este foi elaborado tendo um período de tempo de um ano.

5.2.5. BARROSELAS

A situação em Barrocelas é algo diferente das restantes. Nesta zona verifica-se uma flutuação do número total de ocorrências bastante acentuada. A instalação de uma VRP vai permitir uma redução do número de ocorrências relacionadas com condutas e acessórios além do impacto provocado nas perdas reais. No Quadro 17 sumariza-se as causas por ano de registo.

Quadro 17 - Ocorrências derivadas de avarias em condutas e acessórios na ZMC de Barrocelas

Causas	2010	2011	2012	2013	2014	Total Geral
Conduta antiga		3	3	4		10
Solda partida	1	2	2	5		10
Tubo esmagado/furado por pedra		5		3	2	10
Tubo sem resistência		3	1		1	5
União danificada		3		1		4
Total Geral	1	16	6	13	3	39

O Quadro 17 permite verificar que existem situações pontuais de ocorrências sendo estas, geralmente, de fácil resolução. Este tipo de situações, por norma, não têm grande impacto a nível de faturação e ambiental para as EG.

O Quadro 17 permite afirmar que, apesar do reduzido número de ocorrências, é necessário efetuar o cálculo do índice AA11b para avaliar o real impacto destas situações na ZMC.

O Quadro 18 apresenta os valores do índice AA11b e, como é possível deduzir, apesar do reduzido número de ocorrências, os valores obtidos não são satisfatórios. Contudo, em 2013 e aquando da instalação da VRP, os valores das ocorrências diminuiriam verificando-se que em 2014 a qualidade de serviço já era considerada boa. É expectável que com a alteração do funcionamento da VRP os valores continuem a reduzir até à estabilização.

Quadro 18 - Valores do índice AA11b para a ZMC de Barroselas

	2010	2011	2012	2013	2014
AA11	6.5	104.4	39.1	84.8	19.6
dAA13ab	1	16	6	13	3
dAA30ab (km)	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3

5.2.6. CONCLUSÕES

A análise de ocorrências é uma ferramenta simples mas, como foi possível verificar, muito útil quer pela identificação de casos extremos quer pela validação dos métodos de redução de perdas e água não faturada utilizados. Tendo em conta que a reparação destes problemas exige investimento, muitas vezes escasso, e pessoal necessário no local é de considerar obter um sistema que permita, de forma automática, fazer esta análise de modo a evitar situações extremas.

O índice AA11b fornece um valor que está intimamente ligado à necessidade de estudo de pressões ou à reabilitação das condutas e seus acessórios. Está, implicitamente, referido que a redução de pressões ou reabilitação das condutas diminuiriam estes valores até estes se tornarem casos pontuais.

Quadro 19 - Comparação dos valores do índice AA11b dos SMSBVC e das ZMC estudadas

	Índice	2010	2011	2012	2013	2014
Ocorrência de avarias em condutas (nº/(100km.dia))	AA11b	99.0	79.0	52.0	53.4	56.8
Amorosa	AA11b	0.0	11.0	0.0	0.0	11.0
Afife	AA11b	58.0	63.0	100.0	32.0	21.0
Geraz do Lima	AA11b	57.5	47.6	21.8	53.6	51.6
Barroselas	AA11b	6.5	104.4	39.1	84.8	19.6
Média das ZMC's estudadas	AA11b	30.5	56.5	40.2	42.6	25.8

A comparação com os valores dos SMSBVC mostra que os dados obtidos nas ZMC são inferiores aos do sistema todo havendo assim zonas no sistema com valores bastante elevados comparativamente às ZMC em estudo. A nível individual, a ZMC de Geraz do Lima necessita de medidas mais restritivas, quer seja pela redução do tamanho da ZMC, alterar as condições da VRP ou introdução de CAP. A zona da Amorosa apresenta resultados bastante positivos, porém, para a manutenção destes valores é necessária uma contínua monitorização da EG.

5.3. ESTUDO DO CAUDAL MÍNIMO NOTURNO

O caudal mínimo noturno é um dado que permite às EG perceber o comportamento das ZMC. Estimando de antemão um valor de CMN da ordem dos 2 l/hab/h é possível perceber a variação do caudal mínimo noturno e assim estimar as perdas reais. A análise deste valor está dependente da consideração de diversas variáveis tais como a sazonalidade da zona em questão e da existência de grandes consumos tais como hospitais e indústrias.

A análise de consumos e caudais permite, desde logo, ver a variação do caudal ao longo do dia. Esta variação tem motivos diversos tais como o acordar das pessoas pela manhã, a hora das refeições, a chegada a casa das pessoas durante o final da tarde entre outros. É interessante ainda ver a diferença da variação do consumo entre a semana e o fim-de-semana /feriados e a variação dos consumos durante os dias da semana.

O consumo mínimo noturno é calculado com recurso à análise dos caudais noturnos. Esta análise é efetuada, geralmente, entre as 4h e as 5h uma vez que é durante este período que se verificam os caudais mínimos noturnos. Com o consumo mínimo noturno é possível tirar a informação do consumo de cada habitante na hora de menor consumo e assim estimar o valor das perdas reais do sistema.

A avaliação do caudal mínimo noturno, quando efetuada mensalmente, é considerada uma macromedição. Este tipo de análise realiza-se para ZMC bem estudadas, isto é, onde os padrões de consumo se encontram bem definidos, em locais onde a pressão apresenta valores regulares, em locais onde os valores das perdas de água são reduzidos e/ou EG com pouca capacidade de investimento. Em ZMC que não verifiquem as condições anteriores é imperativo realizar esta análise diariamente de modo a obter-se um histórico dos padrões de consumo, do conhecimento da variação da pressão na rede e estimar, com a maior precisão possível, o valor das perdas reais.

No estudo elaborado procedeu-se a um macro estudo na ZMC da Amorosa enquanto que nas restantes zonas se optou por detalhar alguns aspetos.

5.3.1. ZMC DA AMOROSA

Uma das formas de validação das medidas de redução das perdas é através da análise dos consumos da rede. Desta forma, é possível verificar as modificações ocorridas ao longo do tempo assim como potenciais problemas.

O impacto da implementação da ZMC vai ser efetuado recorrendo à avaliação dos consumos do mês de junho do ano de 2012 até ao ano de 2015 e aos Balanços Hídricos dos mesmos anos. Para isso obteve-se os caudais de 10 em 10 minutos, efetuou-se e estudou-se o padrão de consumo resultante, analisou-se o consumo mínimo noturno e fez-se a comparação com o Balanço Hídrico.

A Figura 39 representa o padrão de consumo para o mês de junho e optou-se por fazer uma representação do consumo efetuado à semana, ao fim-de-semana e do consumo médio do mês de junho de 2012.

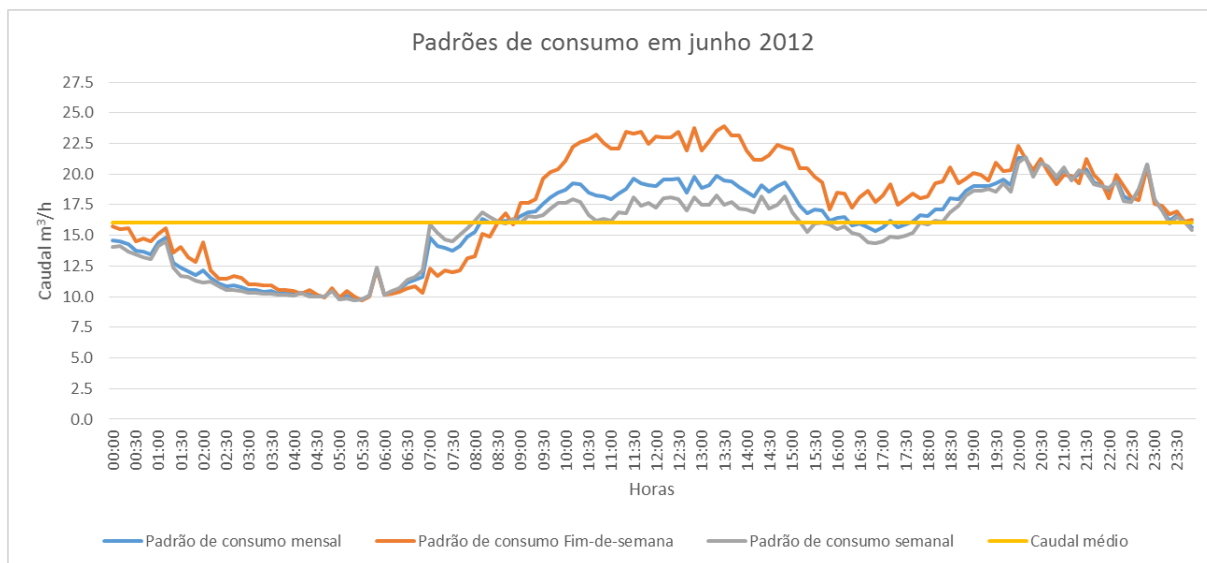


Figura 39 - Padrões de consumo da ZMC da Amorsosa no mês de junho de 2012.

Como é possível de verificar, o padrão de consumo atinge valores mínimos durante as 3h e as 5h, regista um pico de consumo entre as 7h e as 7h30, o pico máximo de consumo é atingido por volta das 12h e regista-se outro pico de consumo por volta das 20h. O valor médio do caudal no mês de junho de 2012 situa-se nos 16 m³/h e verifica-se que o valor é excedido no intervalo entre 8h30 e as 16h e é claramente inferior durante o período da manhã.

É curioso verificar que durante o padrão de consumo do fim-de-semana o caudal é superior, em praticamente em todas as ocasiões, ao padrão de consumo mensal enquanto que o padrão de consumo semanal é, praticamente, sempre inferior.

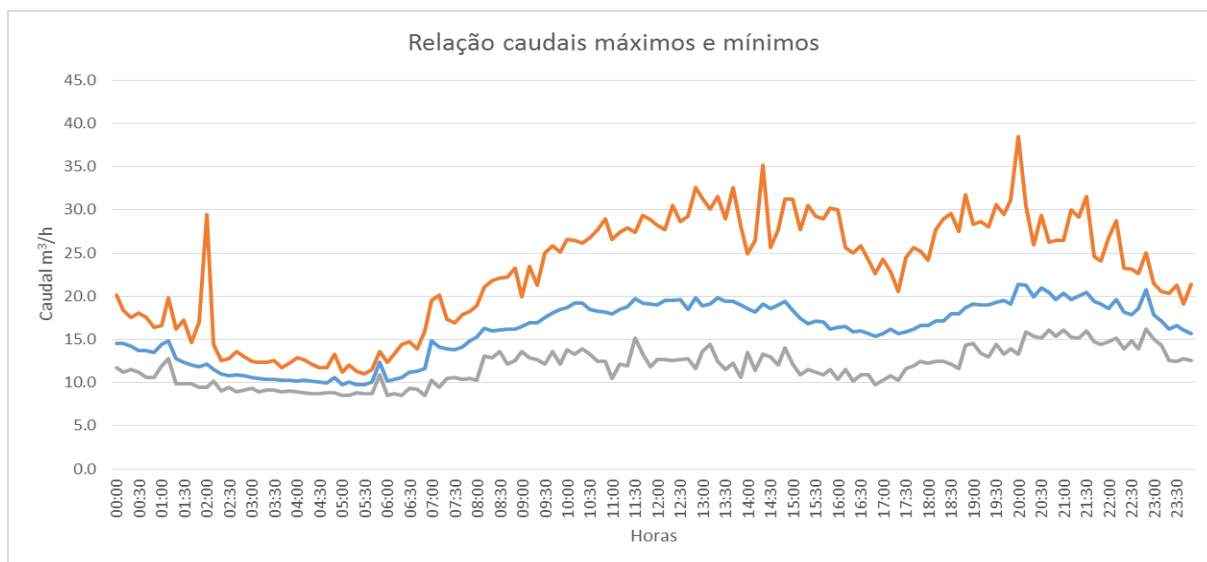


Figura 40 - Relação caudais máximos e mínimos.

A Figura 40 foi elaborada com o intuito de detetar problemas que possam ter sido diluídos pela média. Como é possível reparar, às 2h o pico máximo de consumo atingiu valores registados normalmente durante a hora de almoço. Este facto pode indiciar o surgimento de uma fuga, abertura pontual de um marco de incêndio ou simplesmente um consumo anormal. Em qualquer das situações, deverá ser efetuada uma averiguação para deteção e esclarecimento do evento.

No final de 2012 foi implementado a ZMC da Amorosa. Este evento traduziu-se num maior e melhor conhecimento da zona em estudo permitindo atuações mais rápidas ao nível da reparação das fugas e da atuação do CAP.

Em 2013, devido à implementação da ZMC, a situação sofreu alterações ao nível do caudal mínimo noturno assim como do caudal máximo atingido ao longo do dia. O caudal mínimo noturno sofreu uma redução superior a 80% face aos valores de 2012 e o caudal máximo atingido sofreu também uma redução bastante significativa.

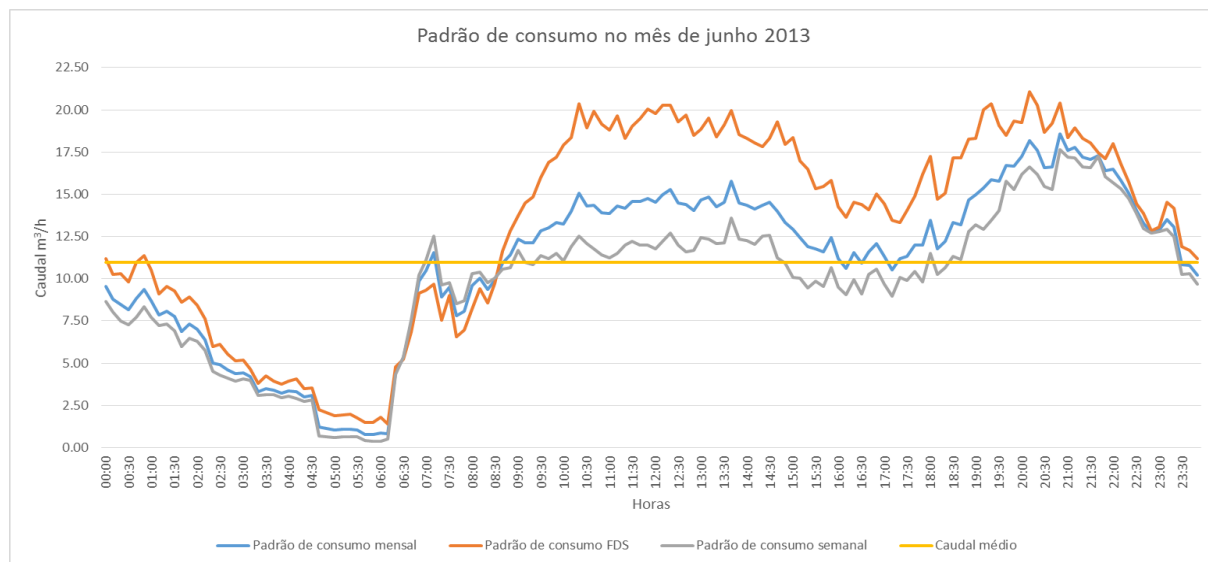


Figura 41 - Padrões de consumo da ZMC da Amorosa no mês de junho de 2012.

A Figura 41 realça, por outro lado, através da observação do caudal médio que os consumos observados neste período foram bastante inferiores aos observados em 2012. Era de esperar que isto acontecesse visto que o caudal mínimo noturno tinha reduzido, logo, conseqüentemente o caudal perdido em fugas e roturas diminuiu também. O caudal médio, registado em 2013, foi de 10,96 m³/h e obteve-se valores de ANF de 11%.

A Figura 42 mostra a relação entre os caudais máximos e mínimos durante o mês de junho de 2013.

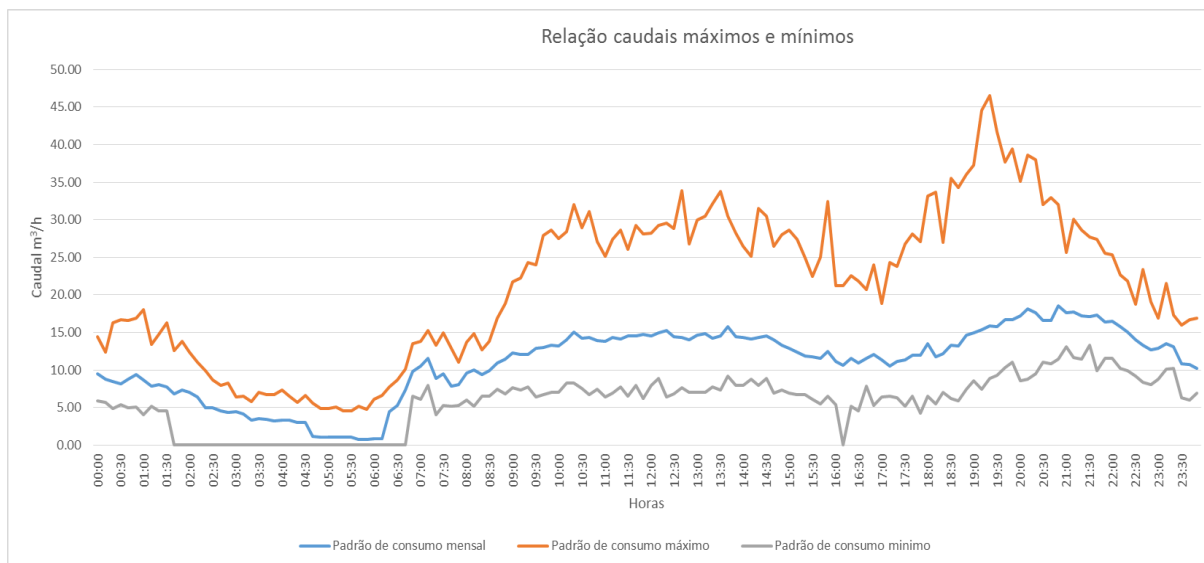


Figura 42 - Relação entre os caudais máximos e mínimos durante o mês de junho de 2013.

A análise da Figura 42 permite detetar um evento anormal no decorrer dos consumos ao longo do dia. Às 16h10 do dia 14/06/2013 verificou-se que o caudal, sem que fosse expectável, atinge o valor de 0 m³/h. Este evento pode ser resultado de um problema técnico ocorrido no caudalímetro ou algum corte de energia anormal.

O caudal máximo atingido no mês de junho de 2013 atinge os 46 m³/h porém, este valor não é estranho visto ser um mês de calor e este valor ter ocorrido durante um fim-de-semana. O valor de ANF associado é de 14%.

Os valores dos caudais em 2014, Figura 43, são muito semelhantes aos obtidos em 2013. A principal diferença ocorre no horário de almoço onde estão são cerca de 2.5 m³/h inferiores aos de 2013.

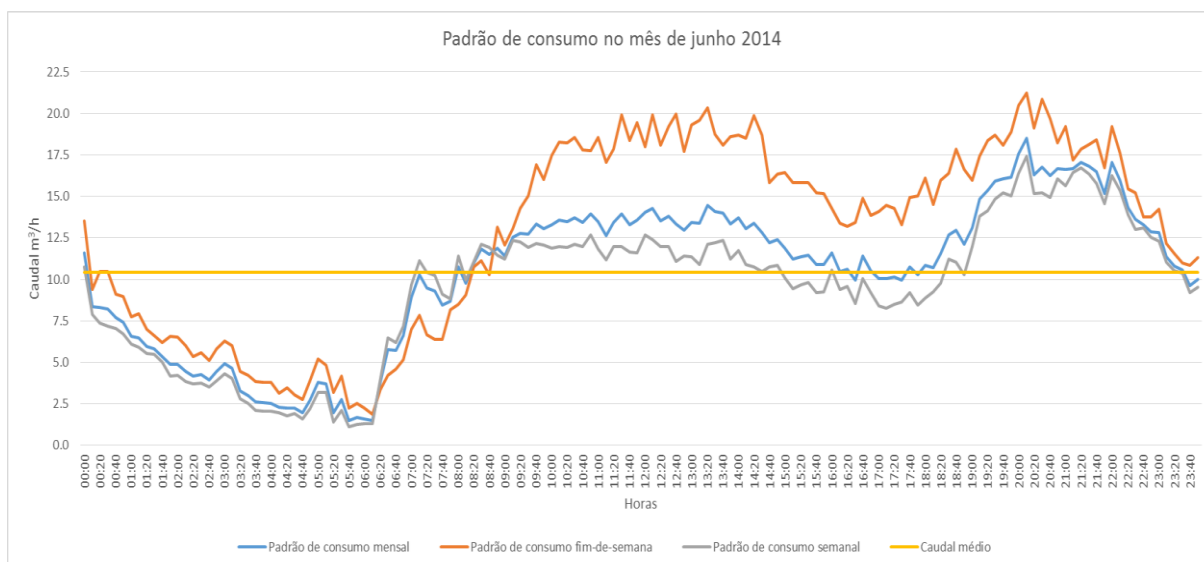


Figura 43 - Padrões de consumo da ZMC da Amorosa no mês de junho de 2014.

O caudal mínimo noturno situa-se nos 2,5 m³/h, valor ligeiramente superior ao verificado em 2013. Ao nível da ANF o valor, em 2014, foi de 5%.

A ANF expectável para 2015 é da ordem dos 3.6%, tendo um padrão de consumo para o mês de junho o representado na Figura 44.

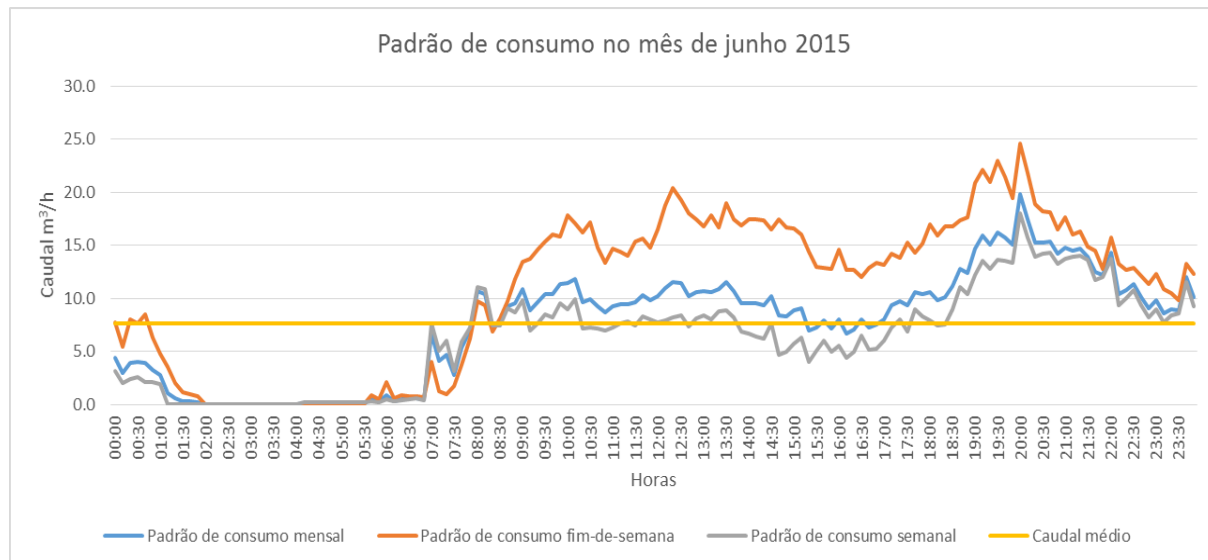


Figura 44 - Padrão de consumo da ZMC da Amorosa no mês de junho 2015.

O valor que imediatamente salta à vista é o valor do caudal médio. Este valor sofreu uma redução de 27% face ao valor de 2014. Esta redução é um indicador claro da redução das perdas reais e aparentes presentes no sistema. O caudal mínimo noturno, devido à falta de precisão do medidor de caudal, é de 0 m³/h sendo este valor irreal uma vez que a precisão do medidor se situa nos 0.01 m³/h.

A ANF ao longo dos anos sofreu uma redução, como anteriormente mencionado, sendo expectável que estabilize a partir de determinada altura. A relação observada entre os valores de ANF e os anos decorridos permite afirmar que este valor vai estabilizar nos 2% num prazo de 2 anos. Contudo, este valor, surge da manutenção das condições verificadas ao longo do tempo e da atualização do valor da ANF para o ano de 2015. No Quadro 20 apresenta-se os valores de ANF e CMN assim como os valores dos caudais médios, caudais máximos e caudais mínimos verificados.

Quadro 20 - Valores de ANF e CMN na ZMC da Amorosa

	ANF (%)	CMN (l/(hab*h))	Caudais médios (m ³ /h)	Caudais mínimos noturnos (m ³ /h)	Caudais máximos registados (m ³ /h)
2012	25	1.280	16	10.153	38.5
2013	14	0.290	10.96	2.302	46.7
2014	5	0.295	10.42	2.339	38.3
2015	3.6	0.015	7.6	0.118	42.6

O Quadro 20 apresenta valores de CMN muito reduzidos. Caso se opta-se por considerar que o CMN era da ordem dos 2 l/hab/h os valores dos caudais mínimos noturnos não se verificariam e seriam ultrapassados em larga escala. A conclusão que se retira do Quadro 20 é a de que esta zona é uma zona de atividades diurnas e onde apenas uma pequena parte da população reside efetivamente nesta zona.

A Figura 45 apresenta a equação mencionada assim como o valor de R^2 e a evolução ao longo do tempo.

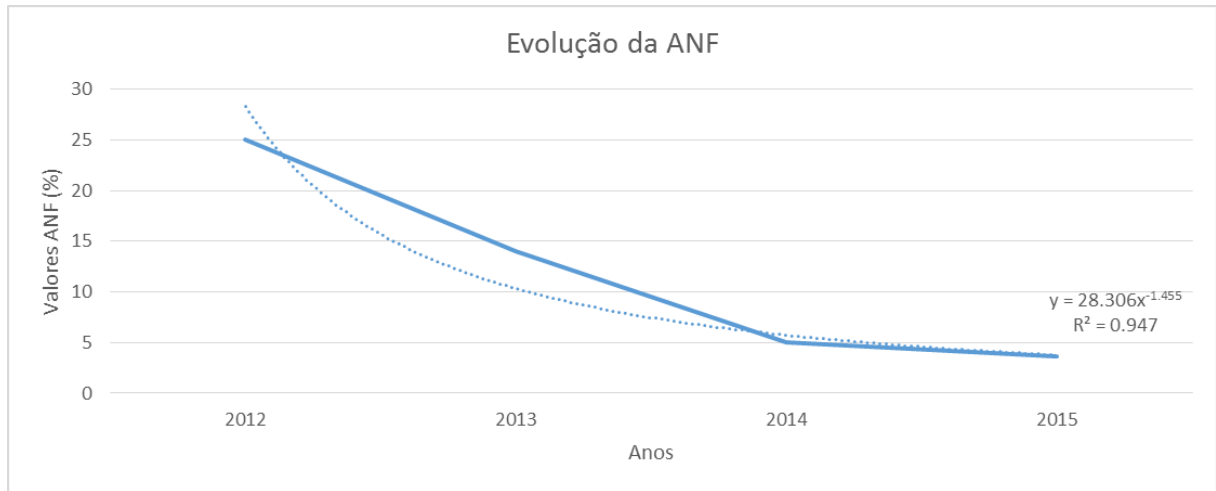


Figura 45 - Evolução da ANF na ZMC da Amorosa

O CMN sofreu uma redução acentuada uma vez que os caudais mínimos noturnos também reduziram bastante. Esta redução entre os anos de 2014 e 2015 é da ordem dos 95%. A evolução do CMN ao longo do tempo encontra-se representada na Figura 46

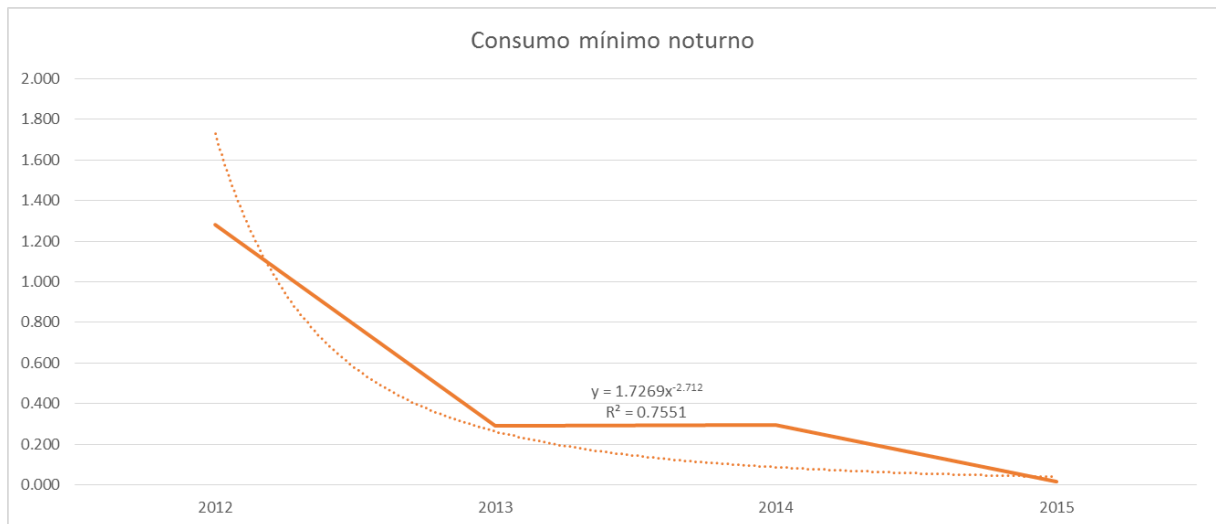


Figura 46 - Evolução do CMN na ZMC da Amorosa

Como é possível verificar, o CMN aproxima-se do valor registado em 2015 estando este a estabilizar.

A relação entre ANF e CMN verificada ao longo dos anos (2012 a junho de 2105) encontra-se relacionada através da Figura 47. Esta relação assume uma linha de tendência potencial com um valor de R^2 aproximadamente igual a 1.

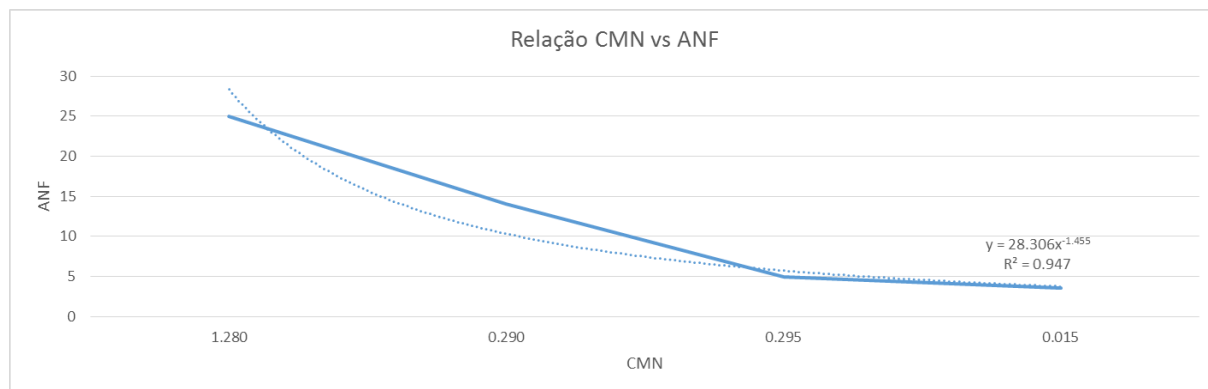


Figura 47 - Relação entre a ANF e o CMN

O CMN varia com a ANF, na ZMC da Amorosa, de forma potencial evidenciando uma estabilização assim que a ANF estabilize.

O próximo passo poderá passar para redução da ANF e das perdas reais passa pela análise das ZMC mais pequenas. A redução da ANF poderá passar essencialmente pelo estudo do parque de contadores e, caso seja necessário, colocar contadores novos. Ao nível das perdas reais e uma vez que o número de ocorrências é muito reduzido é de boa prática a manutenção das medidas tomadas previamente.

5.3.2. ZMC DE AFIFE

A ZMC de Afife, como anteriormente mencionado, é composta por 3 ZMC mais pequenas e é abastecida por um único reservatório. Este reservatório é importante do ponto de vista da análise das perdas reais verificadas nas ZMC abastecidas.

O CMN, geralmente, ronda os 2 l/hab/h sendo este um valor característico de várias ZMC. Caso o valor obtido seja bastante diferente dos 2 l/hab/h é necessário averiguar a origem desta diferença. Esta diferença pode ocorrer em casos de zonas que sirvam para atividades recreativas, tais como praias, e onde a população efetiva seja reduzida ou na presença de alguma fuga de dimensão considerável face à população residente.

De modo a avaliar o impacto da implementação da ZMC foi elaborado um gráfico do mês de junho dos anos 2013, 2014 e 2015. Deste modo é possível verificar as mudanças no CMN, potenciais alterações dos consumos da ZMC e estimar um valor aproximado das perdas reais.

O ano 2013 encontra-se representado na Figura 48. O padrão de consumo atinge o valor mínimo entre as 5h e as 6h porém, de modo a manter a coerência com a ZMC da Amorosa, optou-se por manter as horas para estimativa do CMN das 4h às 5h. Como seria de esperar, os picos de consumo ocorrem na hora de almoço e por volta das 21h.

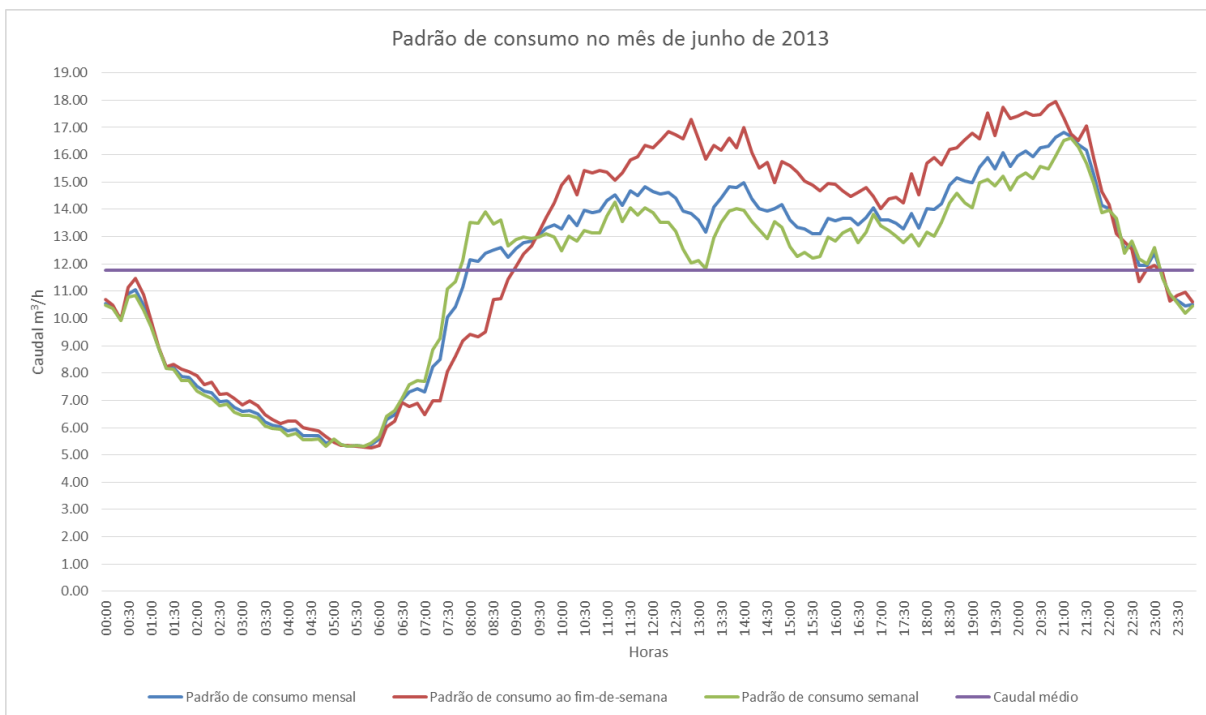


Figura 48 - Padrão de consumo na ZMC de Afife no mês de junho de 2013

A Figura 49 representa o padrão de consumo no ano de 2014. O padrão de consumo obtido é em tudo semelhante ao de 2013 verificando-se que o caudal mínimo noturno é praticamente o mesmo, o caudal médio alterou mas sem grande significado e os picos de consumo verificaram-se às mesmas horas.

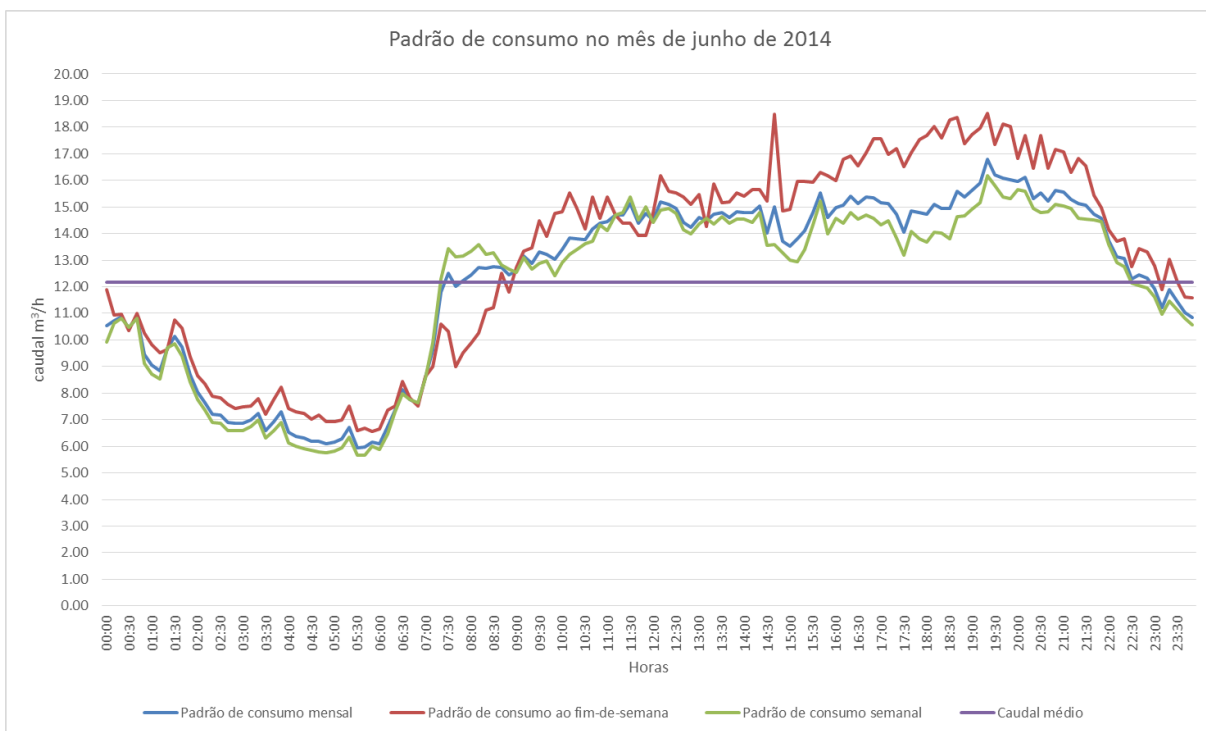


Figura 49 - Padrão de consumo na ZMC de Afife no mês de junho de 2014

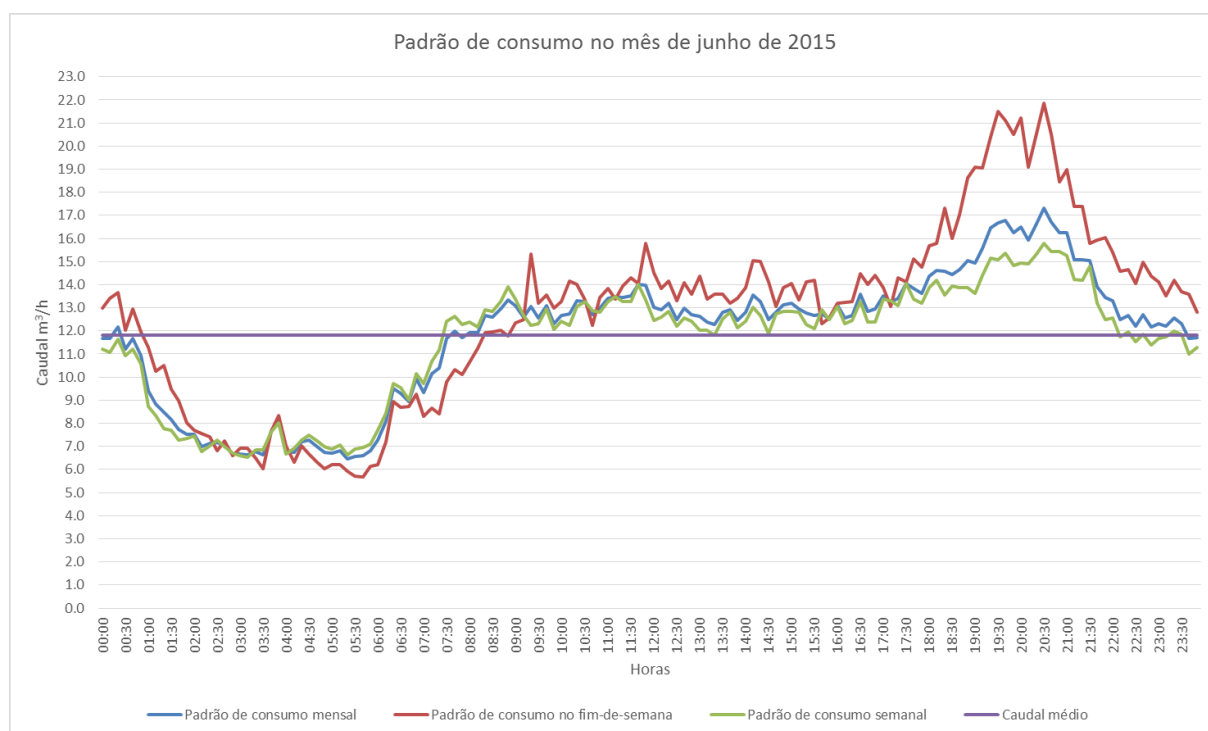


Figura 50 - Padrão de consumo na ZMC de Afife no mês de junho de 2015

Na Figura 50 surge o padrão de consumo no ano de 2015. O caudal mínimo noturno aumentou relativamente aos anos anteriores podendo ser um indicador de aumento de população e/ou de presença de fugas. O maior pico de consumo, por volta das 20h30, sofreu um decréscimo de 1 m³/h mantendo o resto dos picos sensivelmente constantes.

O Quadro 21 apresenta uma estimativa do valor das perdas reais no mês de junho de cada ano.

Quadro 21 - Evolução do CMN em função das perdas reais

	ANF (%)	PR (%)	CMN (l/hab/h)	Qmn (m3/h)	Caudais médios (m3/h)
2013	31,3	20,9	1,8	5,7	11,8
2014	27,9	18,6	2,1	6,3	12,2
2015	40,5	27,0	2,1	6,9	11,8

A avaliação dos dados obtidos pelo Quadro 21 permite afirmar que, apesar das perdas reais terem aumentado, o CMN manteve-se próximo do valor de 2 l/hab/h. Caso se optasse por considerar o valor usual CMN o valor das perdas reais iria ser da mesma ordem de grandeza que o apresentado no Quadro 21

O valor das perdas reais, apesar de estimado, é um valor elevado. De modo a perceberem-se melhor as causas é possível isolar as ZMC (resultado da divisão antes efetuada) e verificar se o problema é geral ou se resulta de uma única ZMC. Caso seja a segunda opção, isola-se essa ZMC e adotam-se novas de medidas de redução de perdas reais.

A micro medição, isto é, análise mais detalhada do caudal mínimo noturno permite uma observação mais rápida do aparecimento de fugas. Uma vez que a ZMC de Afife ainda apresenta valores de perdas reais elevados optou-se por fazer este tipo de análise apesar da análise efetuada anteriormente.

A Figura 51 apresenta os caudais mínimos noturnos registados ao longo do mês de junho de 2013. A análise da figura permite verificar o aparecimento de uma fuga no dia 13 sendo posteriormente reparada por volta do dia 28. Esta fuga verifica-se tanto pelo pico de consumo verificado como pelo aumento do caudal mínimo noturno em 50%.

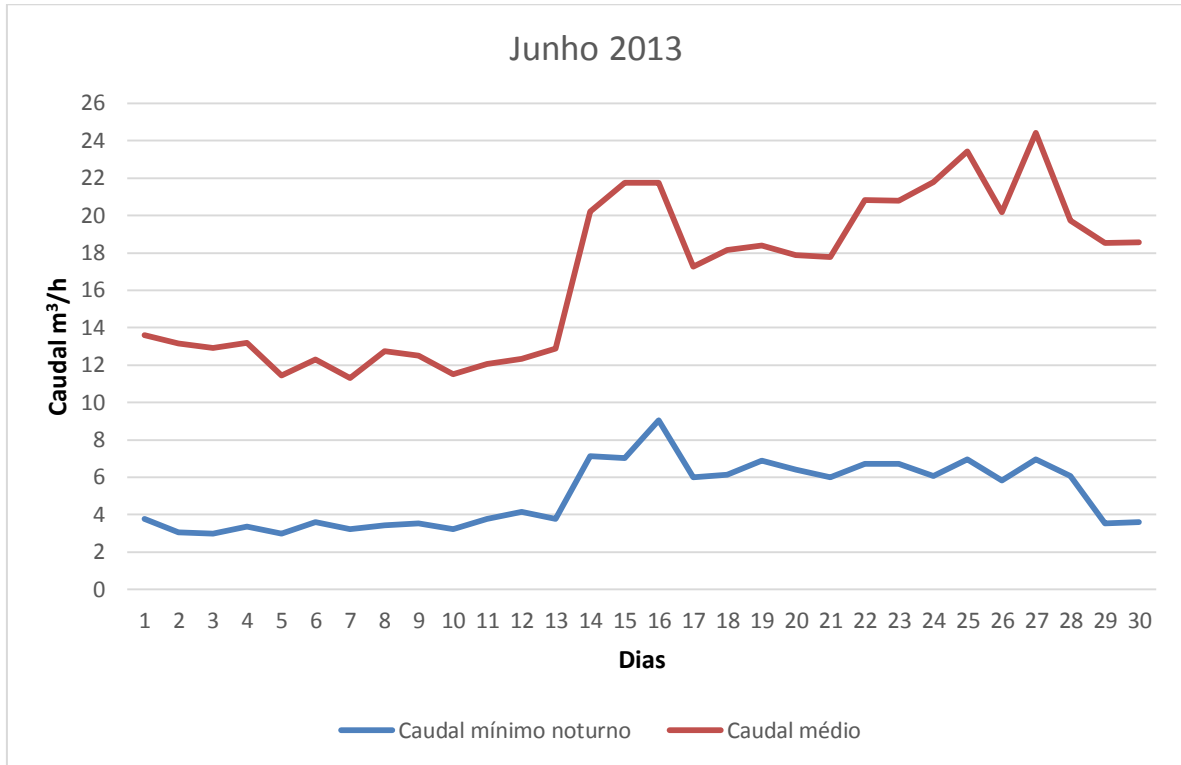


Figura 51 - Caudal mínimo noturno na ZMC de Afife em junho de 2013

Na Figura 52 apresenta-se o caudal mínimo noturno registado no mês de junho de 2014. Esta figura, ao contrário da Figura 51, não apresenta evidências de fugas. Os picos de consumo registaram-se durante o feriado de 10 de junho e durante os fins-de-semana estabilizando para os valores habituais durante a semana.

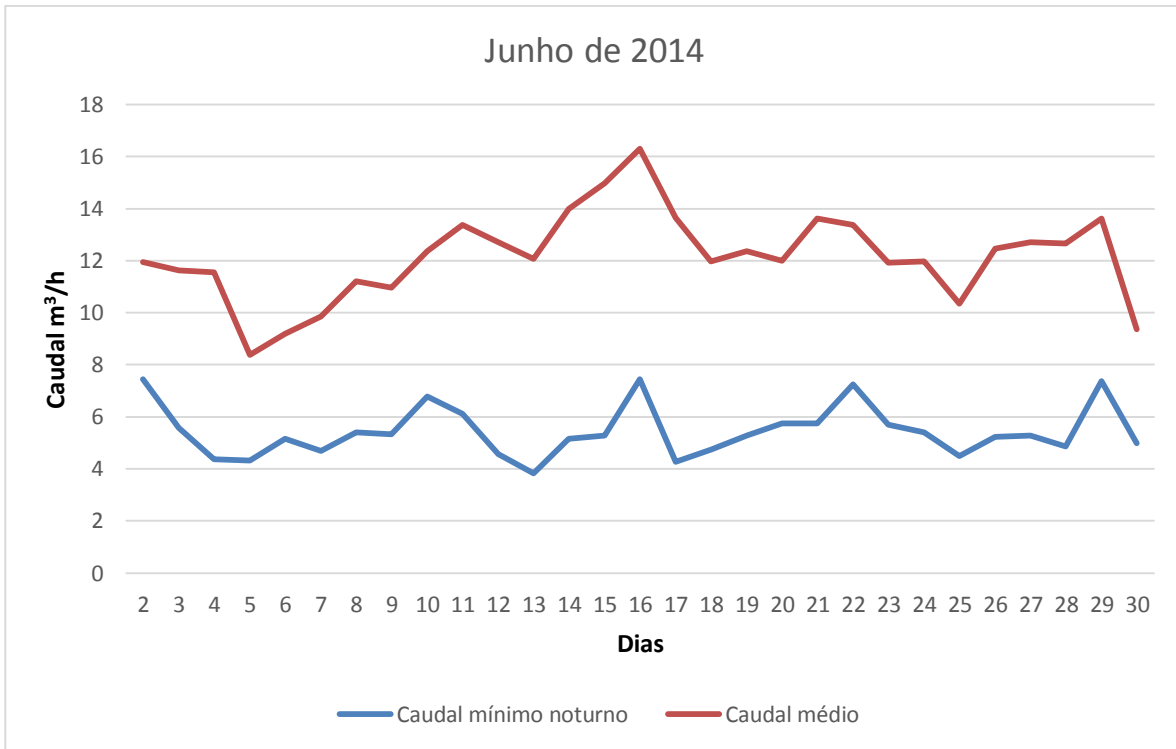


Figura 52 - Caudal mínimo noturno na ZMC de Afife em junho de 2014

A Figura 53 mostra o caudal mínimo noturno em junho de 2015. O valor que salta à vista é o aumento do pico de consumo no dia 10. Este valor, visto estar próximo do feriado de dia 10, pode ser confundido como um consumo atípico porém, os consumos do dia 8 e 9 indicam o aparecimento de uma fuga.

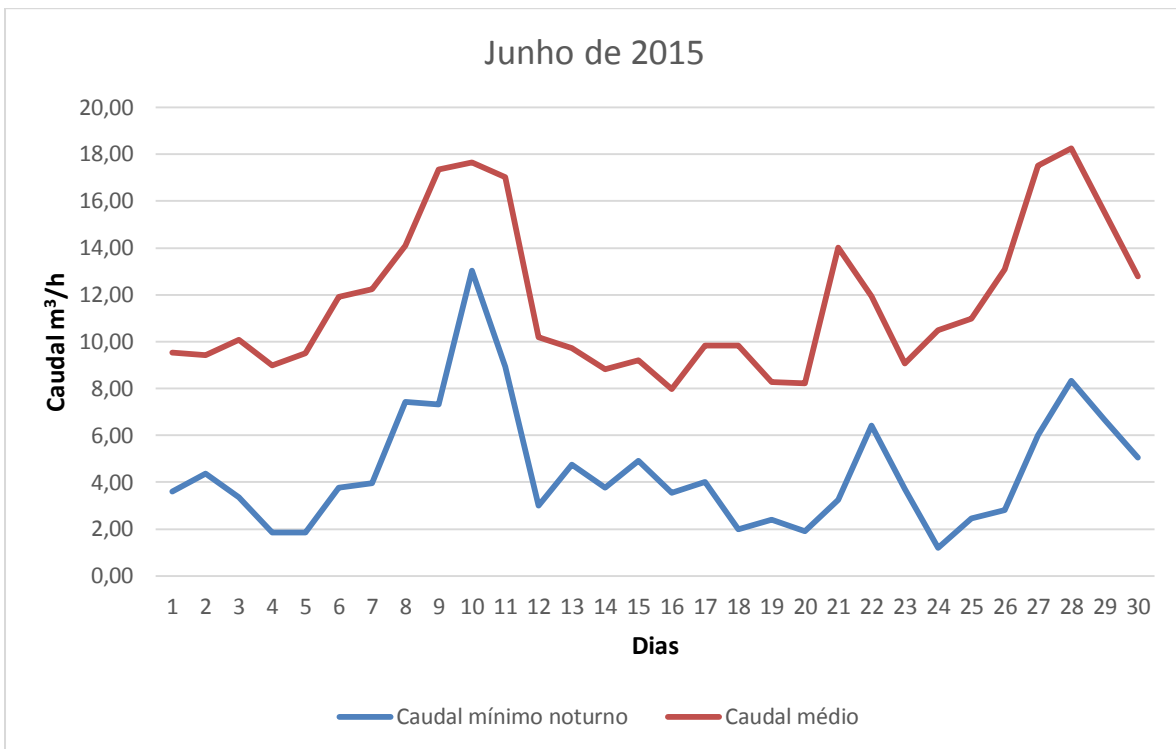


Figura 53 - Caudal mínimo noturno na ZMC de Afife em junho de 2015

Este tipo de análise é efetuada com o objetivo principal de detetar fugas. Caso haja telemetria de rádio fixo instalada é possível estimar o valor de perdas reais diariamente apesar deste valor estar sujeito a fatores externos tais como dias da semana, sazonalidade, feriados entre outros.

5.3.3. ZMC DE GERAZ DO LIMA

A implementação da ZMC de Geraz do Lima, como anteriormente referido, foi efetuada no final do ano de 2013. Deste modo, os dados obtidos são dados recentes e sem grande histórico. A população de Geraz do Lima é de cerca de 2148 habitantes não sendo de esperar grandes consumos ao longo do dia em virtude da baixa população residente.

A Figura 54 mostra o padrão de consumo ao longo do mês de junho de 2014 na ZMC de Geraz do Lima. Os valores dos caudais obtidos são bastantes reduzidos quando comparados com a ZMC da Amorosa e Afife.

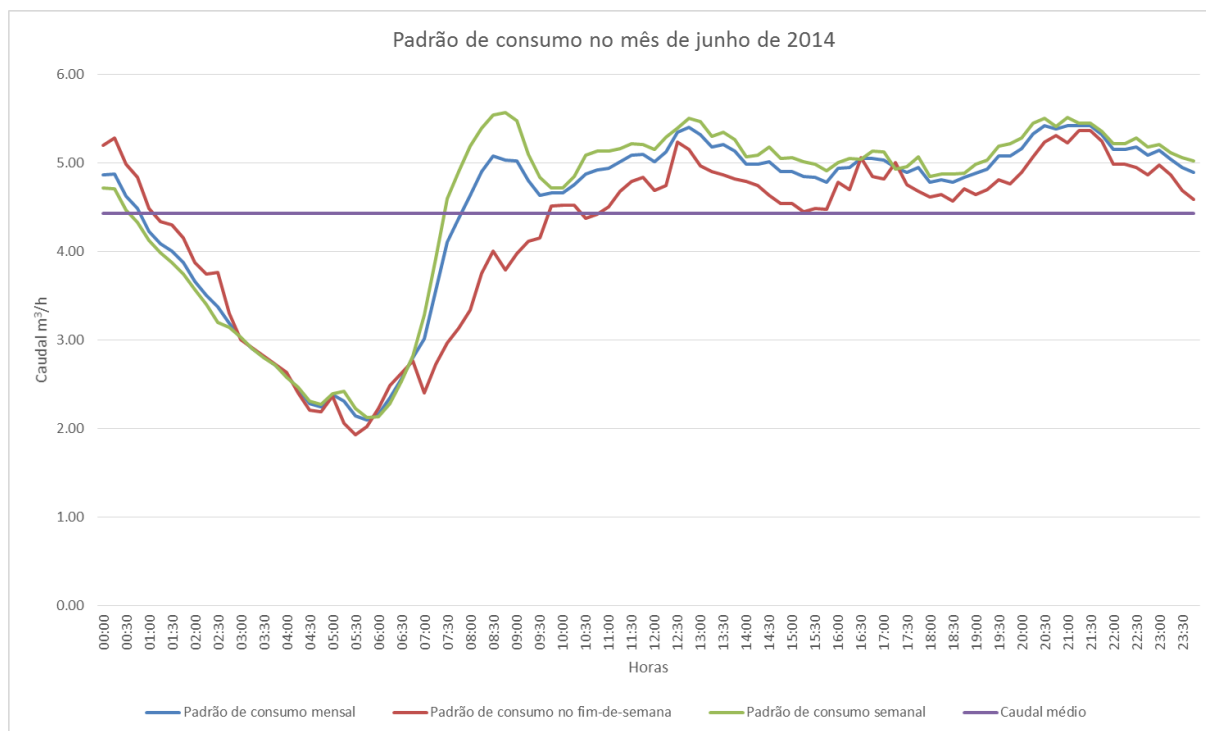


Figura 54 - Padrões de consumo da ZMC de Geraz do Lima no mês de junho de 2014

A ANF registada no mês de junho de 2014 foi de 36.51%. Considerando um valor de perdas da ordem dos 2/3 da ANF obtêm-se um CMN de 0.8 l/hab/h sendo este um valor reduzido. Por outro lado, verifica-se uma oscilação do caudal durante a noite acabando esta por ter influência ao nível do cálculo do CMN. O consumo mensal, semanal e ao fim-de-semana não registam valores atípicos podendo e o caudal médio situa-se nos 4.4 m³/h.

A Figura 54, visto ser a primeira após implementação, vai servir como único termo de comparação para a validação das medidas implementadas em Geraz do Lima.

A Figura 55 apresenta os padrões de consumo verificados em Geraz do Lima durante o mês de junho de 2015. O valor que salta imediatamente à vista é o consumo anómalo verificado às 02h15 no padrão de consumo do fim-de-semana porém, este valor encontra-se inflacionado por um valor registado no

dia 7 que acaba por ter um impacto preponderante no cálculo da média. Este valor resulta de uma fuga, que foi reparada num espaço de 4h, mas que influenciou a média do padrão de consumo.

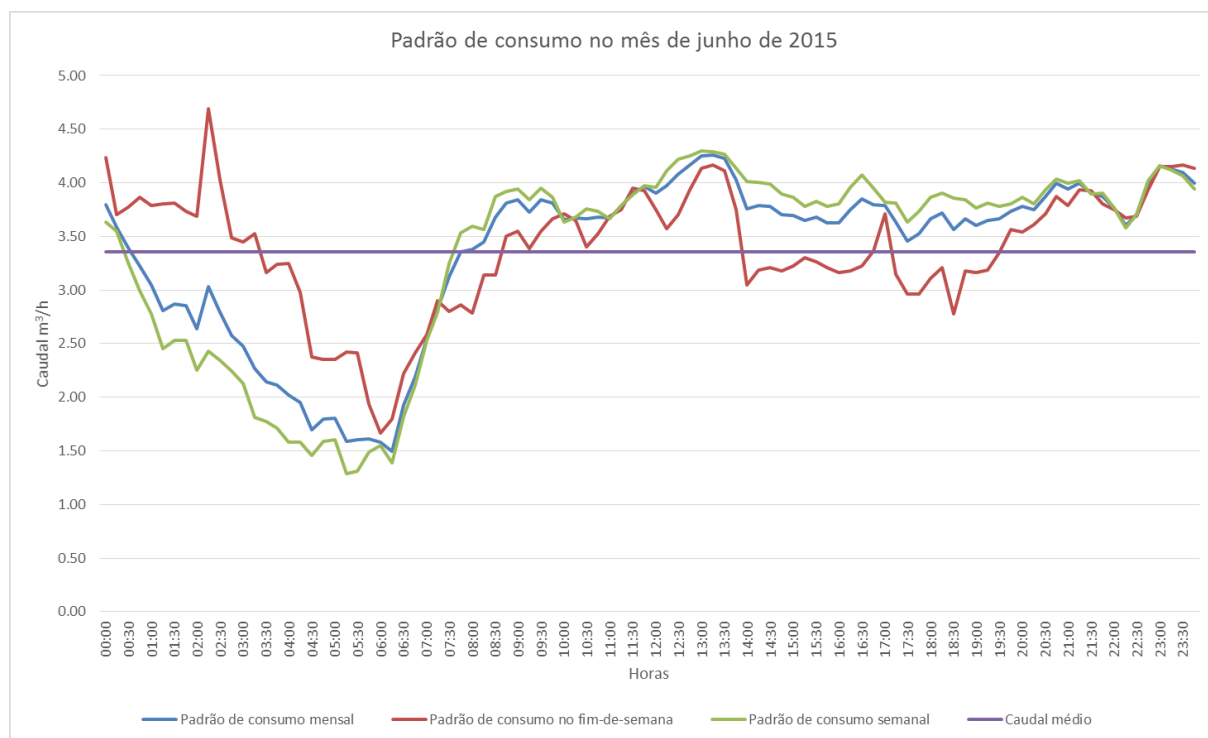


Figura 55 - Padrões de consumo da ZMC de Geraz do Lima no mês de junho de 2014

O valor de ANF para o mês de junho de 2015 foi de 17.38% originando assim um valor de perdas reais de 12.6%. Consequentemente, o valor do CMN em função do valor de perdas reais foi de 0.67 l/hab/h.

A Figura 56 apresenta o caudal mínimo noturno verificado na ZMC de Geraz do Lima em junho de 2014. É evidente o aparecimento de uma fuga no dia 4 sendo esta reparada dia 10. Considerando um CMN constante é possível ainda afirmar que a perda de água é superior neste curto espaço de tempo que nos restantes dias do mês. A origem desta fuga já foi detetada tendo sido colocada uma VRP a montante do ponto de entrega da água à ZMC.

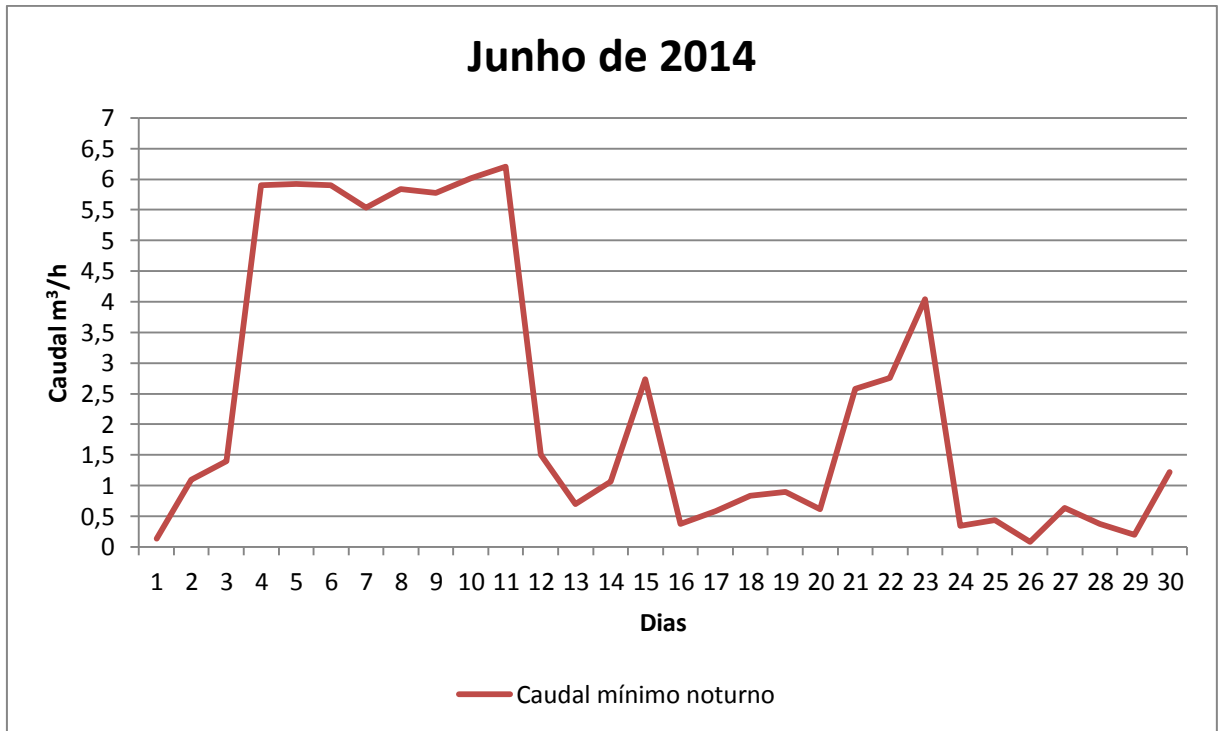


Figura 56 - Consumos mínimos noturnos em junho de 2014 na ZMC de Geraz do Lima

Em 2015 a situação é a demonstrada na Figura 57. Os picos de consumo verificados, apesar de poderem indiciar fugas, não são de todo estranhos. Tendo em conta o CMN de 2 l/hab/h, o valor espetável do caudal mínimo noturno é da ordem dos 4.3 m³/h logo a situação apresentada pela Figura 57 enquadra-se numa situação perfeitamente normal.

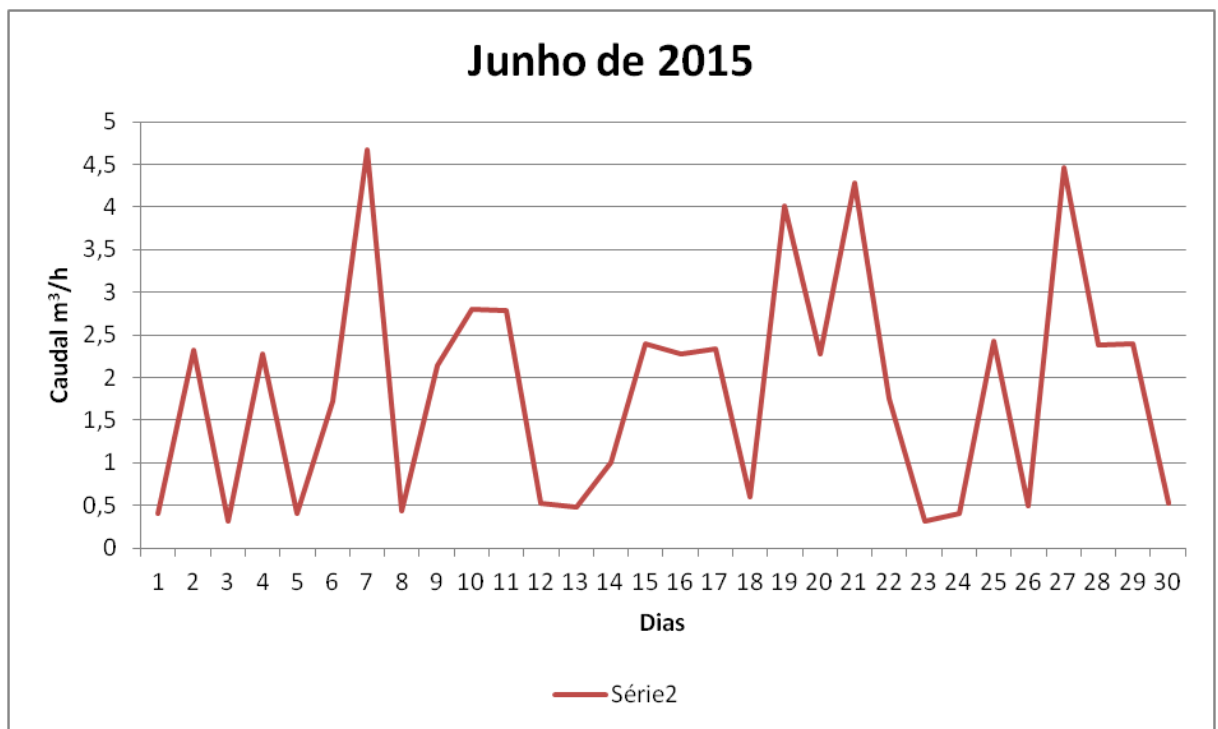


Figura 57 - Consumos mínimos noturnos em junho de 2015 na ZMC de Geraz do Lima

5.5. ESTUDO DO IMPACTO DA VRP EM BARROSELAS

A análise a esta zona foi efetuada de modo diferente das restantes ZMC estudadas derivado do modo de combate às perdas aplicado. A solução foi estudada ao nível do reservatório tendo implicações não só ao nível da ZMC como ao nível do subsistema de Barrocelas.

O modo de funcionamento da rede de distribuição de água em Barrocelas tem a particularidade de, em determinados períodos de tempo, se efetuar adução para o reservatório. Este reservatório ainda abastece outros reservatórios porém, como a ZMC de Barrocelas tem um impacto importante nos consumos deste reservatório, optou-se por efetuar uma análise ao nível do reservatório.

O controlo e gestão de pressão, em Barrocelas, é efetuada recorrendo a uma VRP. Esta VRP localiza-se à entrada da ZMC e, atualmente, é modulada por ponto crítico. A instalação da VRP por pressão fixa foi efetuada em 2013 enquanto que a VRP modulada por ponto crítico foi instalada em 2015.

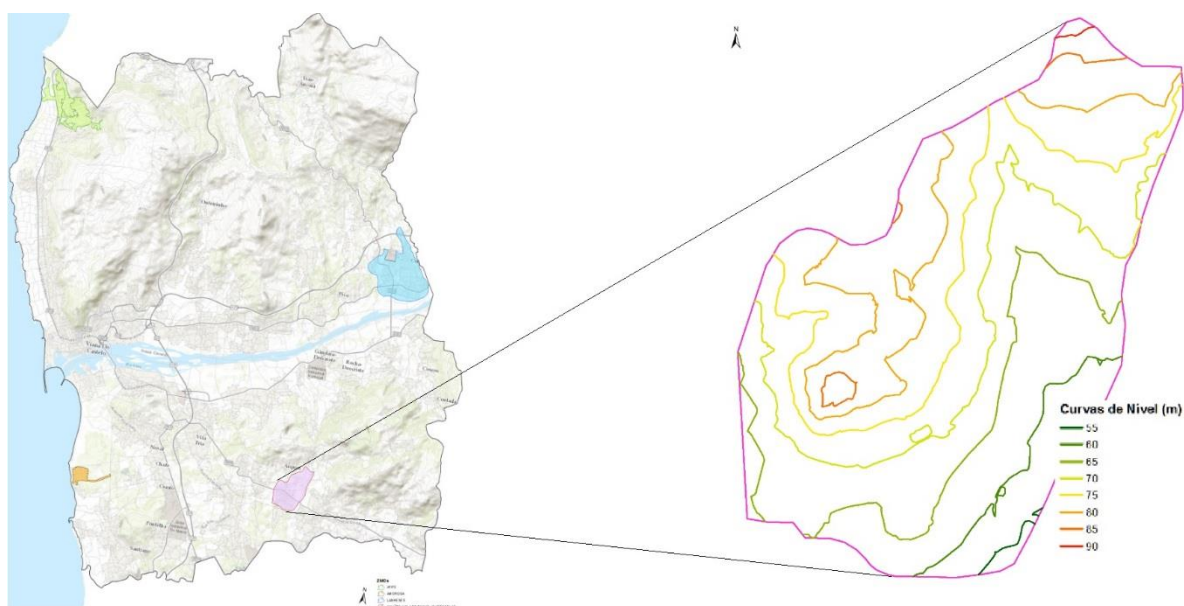


Figura 58 - Representação dos patamares de pressão na ZMC de Barrocelas

A Figura 58 apresenta os patamares de pressão presentes na ZMC de Barrocelas. Como é possível verificar, esta ZMC apresenta várias curvas de nível. Estas curvas de nível influenciam a pressão na rede e é necessário ter em conta os pontos mais baixos da rede de modo a não se verificar pressão excessiva e os pontos mais altos de modo a não haver falta de pressão.

A VRP controlado por pressão fixa, como anteriormente referido, tem como função introduzir uma perda de carga a jusante da VRP. Esta perda de carga vai originar uma pressão inferior na rede levando a menores caudais perdidos por fugas e roturas. Na ZMC de Barrocelas, a VRP controlada por pressão fixa foi a primeira a ser instalada.

A análise da pressão e a quantidade de ocorrências verificadas em determinada zona da rede levaram a EG a implementar outra solução. A solução escolhida passou pela instalação de uma VRP modulada por ponto crítico. Esta modulação tem em conta um ponto desfavorável da rede onde se instala um medidor de pressão. Neste medidor de pressão introduz-se um intervalo de pressão admissível sendo a rede, a montante deste ponto, naturalmente condicionada pelas pressões admitidas pelo ponto crítico.

Para analisar o impacto da VRP é necessário analisar a situação anterior e posterior à introdução da válvula. Deste modo procedeu-se à análise dos caudais que passaram no medidor de causal associado às VRP.

A VRP por pressão fixa, como surge a seguir ao reservatório, foi a primeira a ser analisada. A VRP foi instalada em 2013 ligada a um sistema de telemetria em maio de 2015.

A Figura 59 apresenta o padrão de consumo registado em junho de 2013 no reservatório que abastece a ZMC de Barroselas mostrando a situação anterior à instalação da VRP.

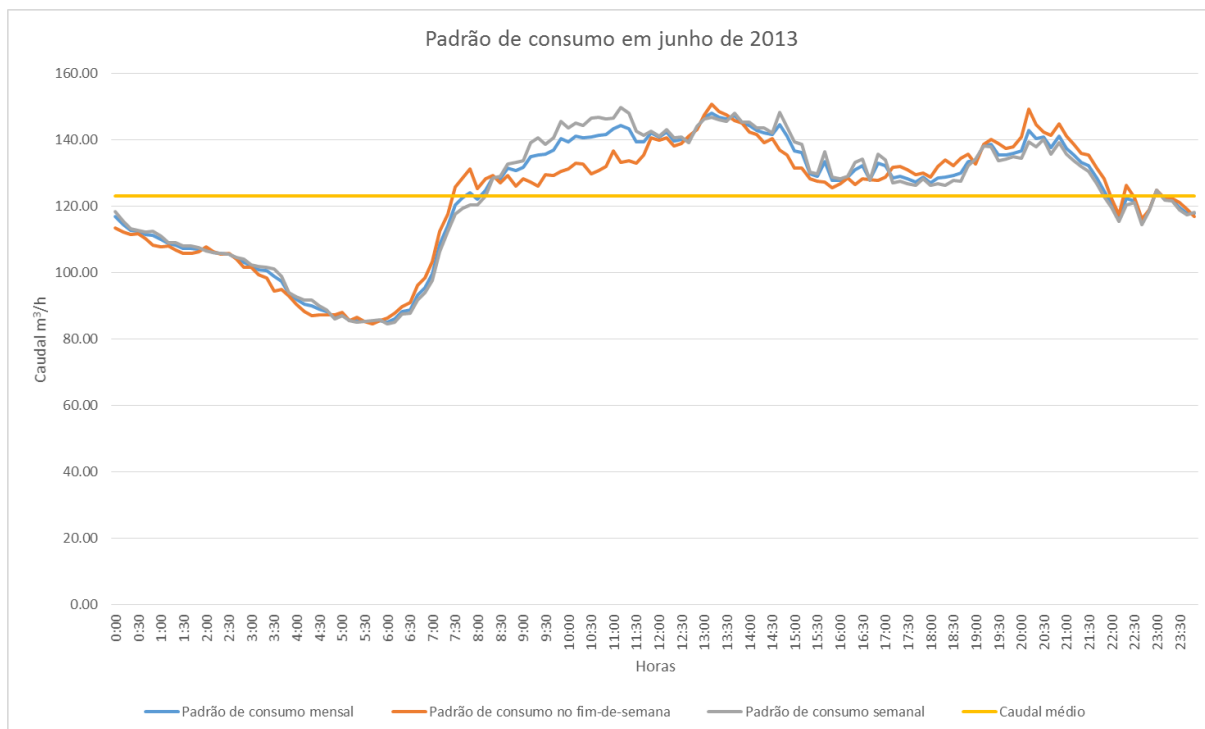


Figura 59 - Padrão de consumo no mês de junho de 2013

O caudal mínimo noturno regista valores da ordem dos 85,7 m³/h (período entre as 5h e as 6h), valores máximos de consumo de 140 m³/h e um caudal médio de 123 m³/h. Uma vez que se trata de uma análise ao reservatório é necessário ter em conta outras medidas impostas noutras ZMC abrangidas por este reservatório. Apesar disso, achou-se pertinente ver os impactos provocados pela instalação da VRP no reservatório.

Como já foi referido anteriormente, a VRP foi instalada em agosto podendo-se avaliar o impacto causado por esta a partir do mês seguinte. Deste modo, efetuou-se a análise desta VRP no mês de junho de 2014, de forma a manter as condições semelhantes.

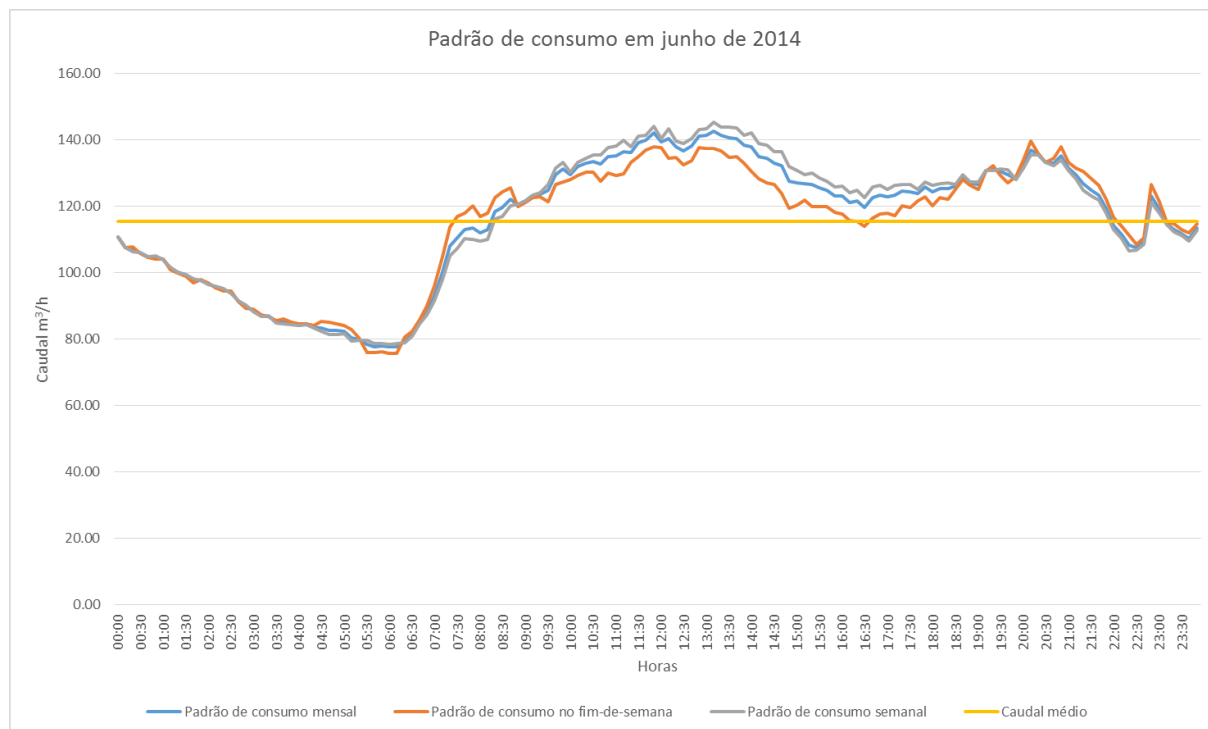


Figura 60 - Padrão de consumo no mês de junho de 2014

O caudal mínimo noturno sofreu uma redução de 11% passando para os 79 m³/h e o caudal médio reduziu cerca de 6,14% face a 2013. Esta redução transmite ainda uma potencial redução do valor das perdas reais sendo esta análise efetuada mais tarde.

No mês de junho de 2015 foi instalada a VRP modulada por PC. A análise foi efetuada para a situação anterior à instalação (dia 1 a 23 junho) não sendo efetuada para a situação posterior uma vez que a situação ainda estava a estabilizar.

A Figura 61 apresenta o padrão de consumo para o mês de junho, do dia 1 a 23. Nesta análise verifica-se o decréscimo acentuado do caudal mínimo noturno e do caudal médio registado. De facto, estas reduções foram da ordem dos 54% no caudal mínimo noturno enquanto que o caudal médio reduziu 26,2%. Os picos de consumo permaneceram praticamente constantes indicando que as solicitações na rede foram semelhantes.

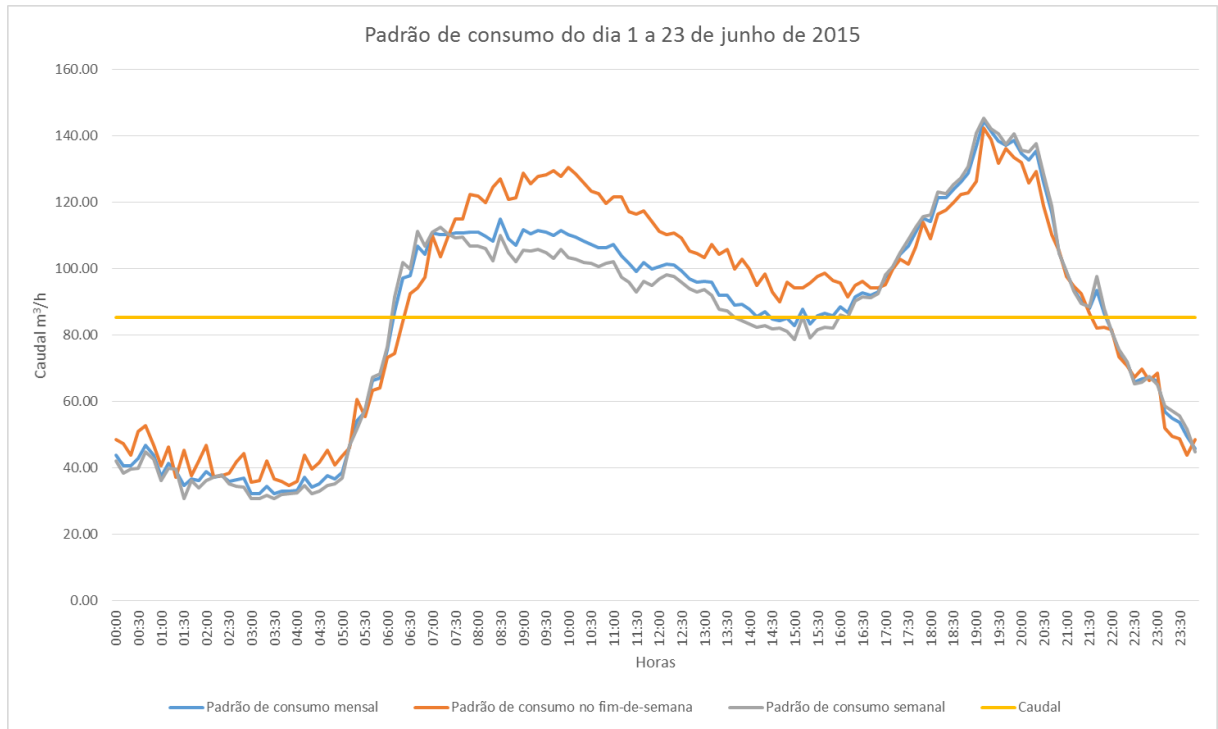


Figura 61 - Padrão de consumo de junho de 2015

Os volumes distribuídos na ZMC de Barroelas entre junho de 2014 e junho de 2015 encontram-se representados na Figura 62.

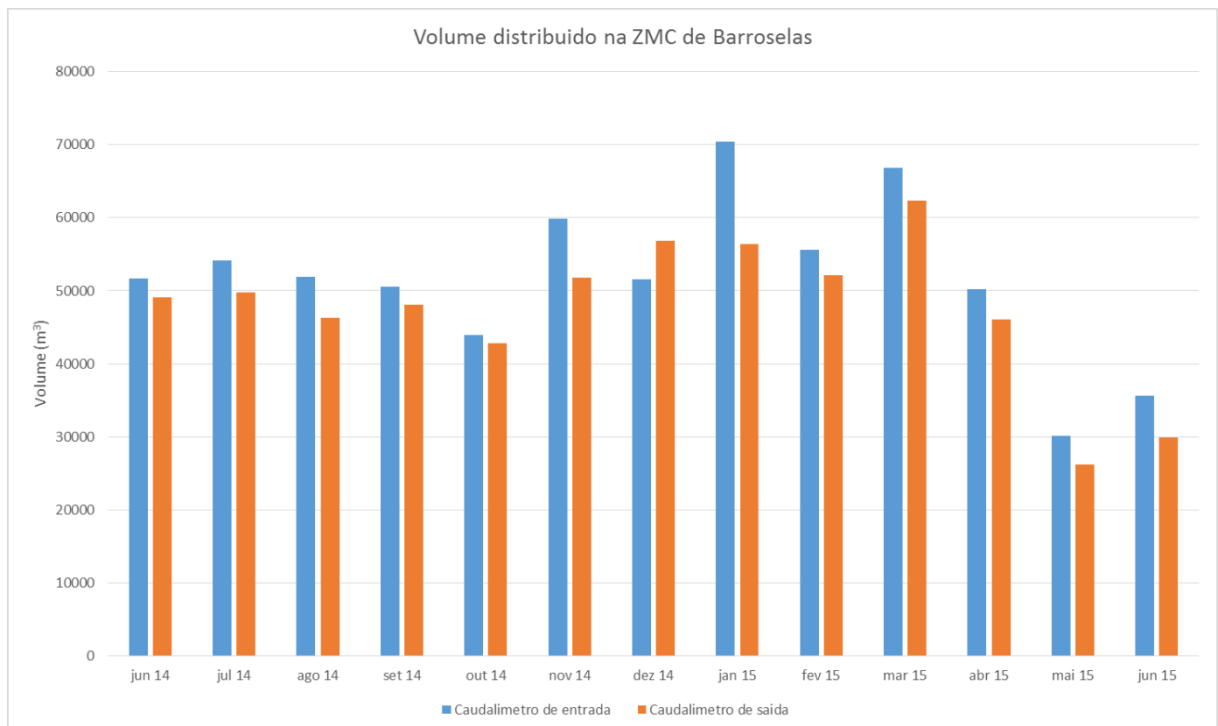


Figura 62 - Volumes distribuídos na ZMC de Barroelas

Como é possível verificar, o volume distribuído na ZMC de Barroelas sofreu uma redução de 40% entre o mês de abril e maio de 2015. Isto deveu-se à descoberta de uma fuga, através do CAP, que debitava cerca de 800 m³/dia.

A VRP controlada por pressão fixa sofreu ligeiros ajustes no modo de funcionamento no mês de junho de modo a funcionar em conjunto com a VRP modulada por PC. A Figura 63 mostra o comportamento antes e depois do ajuste efetuado. Este ajuste resultou numa pressão (pressão em mca) sensivelmente constante e sem alterações excessivas.

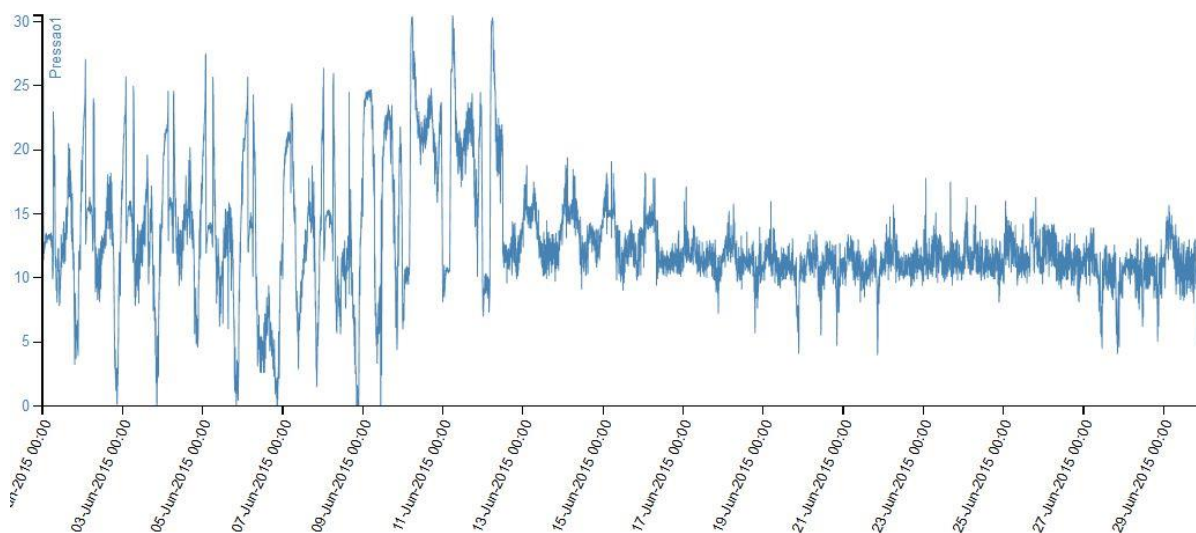


Figura 63 - Comportamento da VRP de pressão fixa ao longo do mês de junho de 2015

A Figura 64 apresenta o percurso efetuado pela VRP ao longo do mês de junho de 2015. A introdução de um *datalogger* foi efetuada no dia 9 de junho fazendo-se um estudo ao longo de 15 dias. Neste período analisou-se a pressão na rede, que rondava os 35mca, e o caudal passado pelo *datalogger*. A análise levou a um estabelecimento da pressão na ordem dos 30 mca representado uma redução de 16.6%.

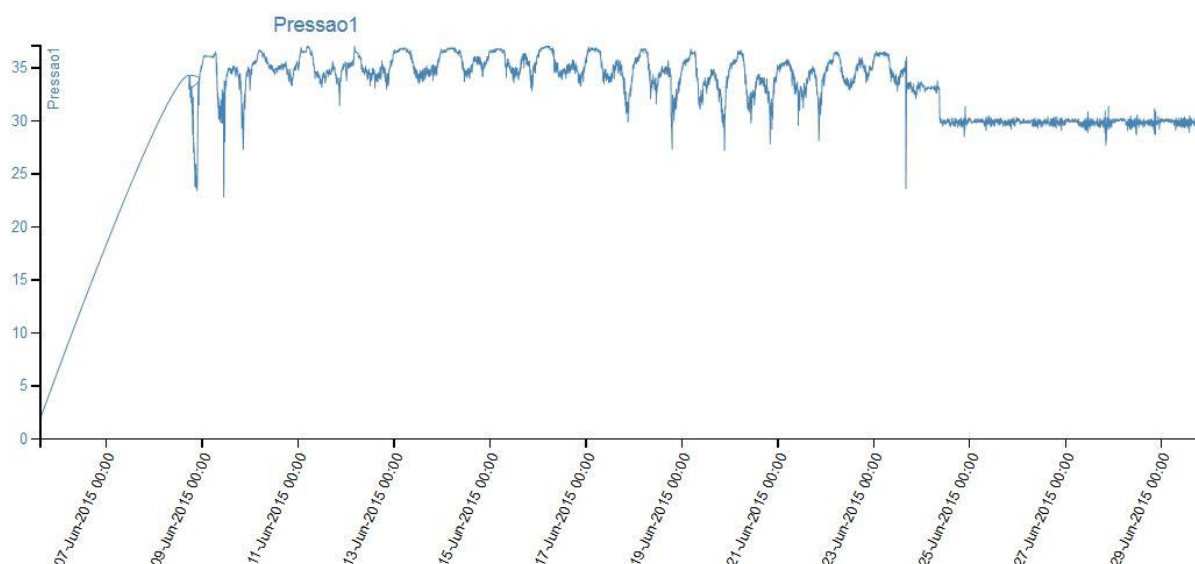


Figura 64 - Comportamento da VRP modulada por PC ao longo de junho de 2015

A Figura 65 mostra a poupança alcançada com a introdução da VRP no espaço de um ano. Esta poupança é alcançada apenas com a diminuição dos caudais derivados das fugas. Estimou-se uma capitação de 150 l/hab, uma redução da pressão de 14.3% face à pressão verificada na rede e um custo de serviço (produção, distribuição e depuração) de 1.13 €/m³. A estimativa para o nível de perdas reais

utilizado foi efetuada utilizando os valores registados no mês de junho de 2015 enquanto que os volumes de água fornecidos foram os registados no ano de 2014.

	Barrocelas (2015)
Setor ou população (hab)	1252
Volume de água por habitante (l/hab)	150
Nível de perdas (%)	31,73
Pressão média (mca)	45,94
Custo de produção, distribuição e depuração (€/m3)	1,13
Valor estabelecido da pressão (mca)	39,38
Volume total fornecido (m3/ano)	68547
Volume de perdas reais (m3/ano)	21749,96
Valor em perdas reais (€)	24577,46
Poupança na redução de pressão efetuada (€)	3511,07

Figura 65 - Efeito económico ao nível da redução das perdas reais da aplicação da VRP

A estimativa carece de correções como um histórico do nível de perdas reais após introdução da VRP mais extenso, da precisão do número de habitantes efetivo e da capitação da ZMC.

A poupança estimada com a redução do número de ocorrências é apresentada na Figura 66.

	Barrocelas
Setor ou população (hab)	1252
Quilómetros de rede (km)	15,30
Taxa de roturas (nº roturas/km/ano)	0,46
Pressão máxima (média) (mca)	45,94
Custo de reparação por rotura (€/nº rotura)	81,84
Pressão máxima reduzida (10% Pm)	39,38
Redução da taxa de roturas	26,55
Número de roturas anuais (nº)	2,00
Redução da pressão máxima %	34,64
Taxa de roturas não dependente da pressão	13,00
Redução do nº de roturas (%)	26,55
Redução no nº de roturas (nº)	0,53
Poupança (€)	2172,74

Figura 66 - Efeito económico ao nível da redução do número de ocorrências da aplicação da VRP

Os dados utilizados para a elaboração da Figura 66, tal como a figura anterior, necessitam de correções. O valor de taxas de roturas não dependente da pressão foi arbitrado e a extensão da rede carece de atualização (o valor real não é muito diferente do referido).

A redução da taxa de roturas foi obtida através da expressão (IWA, 2012):

$$\% \text{ redução da taxa de roturas} = \left(1 - \frac{BF_{npd}}{BF_0}\right) * \left(1 - \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^3\right)$$

Em que o fator BF_{npd} representa a taxa de roturas não dependentes da pressão, o fator BF_0 é a taxa de roturas inicial à pressão inicial, P_1 a pressão final e P_0 a pressão inicial. Para redes de distribuição adota-se BF_{npd} como sendo 13.

A aquisição de uma VRP de pressão fixa custa por volta dos 2500€, uma VRP de modulação horária, por caudal e por ponto crítico custam entre 5000 a 7000€ sendo necessários uns 5000€ de trabalhos de construção civil. A poupança por ano da aplicação de uma VRP modulada por ponto crítico é de 5683,81 €/ano logo a aplicação da VRP começa a gerar lucros para a EG no final do 2º ano de aplicação.

Nesta estimativa financeira não se teve em conta o prolongamento do tempo de vida útil das condutas, acessórios e ramais uma vez que estes dependem de várias características dos materiais.

5.6. CONCLUSÕES

Para a análise das ZMC foram analisadas as medidas postas atualmente em prática e o valor mínimo atingível de perdas reais. Para o cálculo do UARL foi necessário proceder à avaliação da pressão de serviço nas ZMC em questão. Deste modo e com o auxílio do programa ArcMap10 foi possível obter a distribuição das pressões ao longo das áreas de estudo, proceder à avaliação de áreas potencialmente desfavoráveis e calcular a pressão de serviço média presente na rede. A Figura 67 representa as ZMC e respetivas pressões. As pressões apresentadas resultam da medição efetuada aquando da reparação de ocorrências. As freguesias de Mujães e Vila de Punhe pertencem à ZMC de Barroselas.

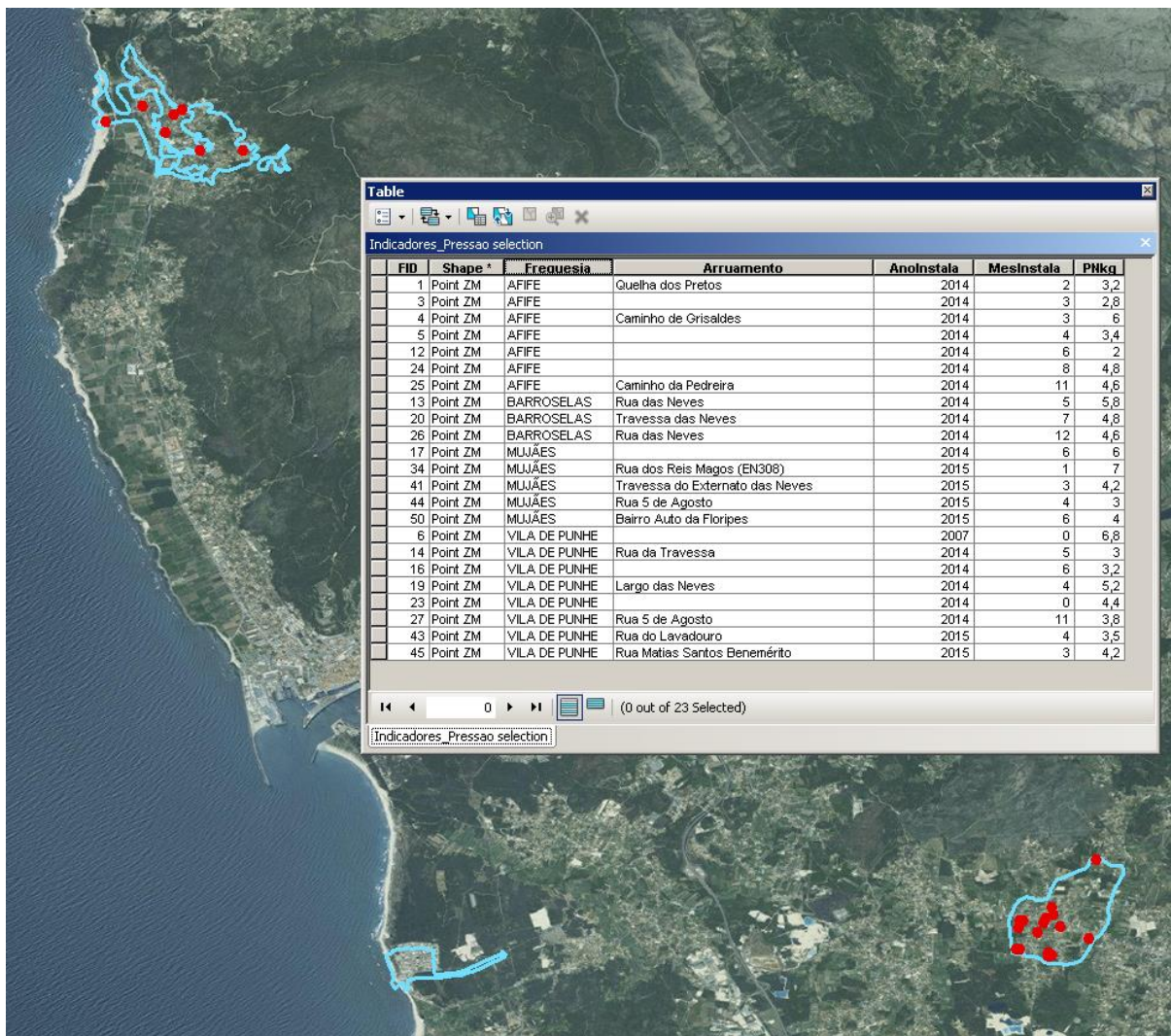


Figura 67 - Mapa de pressões nas ZMC em estudo

Como é possível observar, existem pontos na tabela em que a pressão assume valores elevados e, pontualmente, superiores ao previsto na legislação portuguesa. Contudo, os casos de pressão excessiva localizam-se na ZMC de Barrocelas e já foram alvo de medidas de redução de pressão.

O Quadro 22 apresenta os valores de pressão média de serviço utilizados para o cálculo do UARL. A ZMC de Geraz do Lima, visto apresentar uma relação entre a extensão e o número de ramais inferior às restantes, origina um valor do índice UARL algo diferente das restantes.

Quadro 22 - Valores de UARL das ZMC em estudo

ZMC	Telemetria (Tipo)	Pmed (mca)	Pmed (kPa)	UARL (l/ramal/hora)	Nº habitantes	Dens. Populacional (hab/km ²)
Amorosa	Sim (Rádio fixo)	43.5	426.3	2.49	7755	19162.5
Barrocelas	Sim (Rádio móvel)	45.9	449.82	2.65	1570	901.7
Afife	Sim (Rádio móvel)	38.3	375.34	2.15	2460	1252.6
Geraz do Lima	Sim (Rádio móvel)	42.5	416.5	3.81	2148	490.2

A expressão (10) dá-nos o processo de cálculo do UARL e através dessa mesma expressão é possível verificar que a pressão tem um peso bastante elevado no resultado. De facto, a pressão tem um peso superior relativamente ao número de instalações e da extensão da rede. A Figura 68 dá-nos a relação entre a pressão e o UARL.

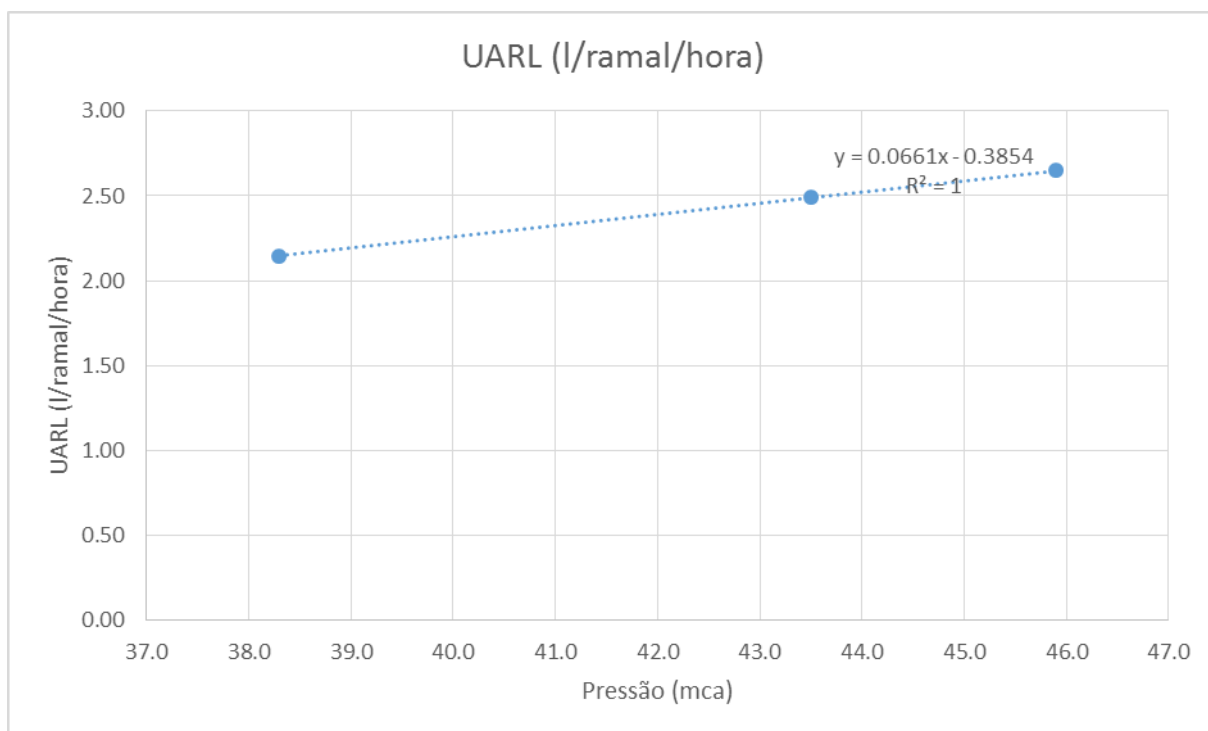


Figura 68 - Relação entre UARL e a pressão

Na Figura 69 optou-se por calcular o índice ILI de modo a perceber em que estado se encontram as ZMC em 2015 (os valores adotados correspondem os volumes entre janeiro de 2015 e maio 2015).

	CAPL	UARL	ILI
Amorosa		2,43	
Barrocelas	3,69	2,65	1,39
Afife	5,51	2,15	2,56
Geraz do Lima	12,76	3,81	3,35

Figura 69 - Cálculo do ILI para as ZMC em estudo

A Amorosa não apresenta valores de CAPL e do ILI devido a um problema no reservatório e/ou medidor de caudal. As ZMC de Barroselas e de Afife apresentam valores bastante satisfatórios enquanto que a ZMC de Geraz do Lima, em parte por ser muito recente, inspira a aplicação de mais medidas ou prolongamento das atuais.

De forma análoga à efetuada para o estudo do impacto da VRP em Barroselas, segue a Figura 70.

Redução da pressão em 10%			
	Afife	Amorosa	Geraz do Lima
Setor ou população (hab)	1968	6204	1268
Volume de água por habitante (l/hab)	150	150	150
Nível de perdas (%)	20,14	2,19	20,50
Pressão média (mca)	38,29	43,5	42,5
Custo de produção, distribuição e depuração (€/m ³)	1,13	1,13	1,13
Pressão média reduzida (10% Pm)	34,46	39,15	38,25
Volume total fornecido (m ³)	107748	339669	69423
Volume de perdas reais (m ³)	21698,39	7448,57	14231,72
€ em perdas reais	24519,18	8416,89	16081,84
Poupança em redução de 10% da Pm (€)	2451,92	841,69	1608,18

Figura 70 - Efeito da redução em 10% da pressão inicial nas restantes ZMC

A introdução de uma VRP de pressão fixa que diminua a pressão em 10% tem impacto significativo na ZMC de Afife passado 3 anos. Nas restantes ZMC a introdução de uma VRP não é justificável do ponto de vista económico uma vez que a recuperação do investimento só efetuado a médio/longo prazo.

O efeito desta redução relativamente ao número de ocorrências apresenta-se na Figura 71.

	Afife	Amorosa	Geraz do Lima
Setor ou população	1968,0	6204,0	1268,0
Quilómetros de rede	18,9	9,1	50,4
Taxa de roturas	1,1	0,0	0,4
Pressão máxima (média) (mca)	38,3	43,5	42,5
Custo de reparação por rotura	81,8	81,8	81,8
Pressão máxima reduzida (10% Pm)	34,5	39,2	38,3
Redução da taxa de roturas	17,9	19,0	18,8
Número de roturas anuais	7	0	7
Redução da pressão máxima %	10	10	10
Taxa de roturas não dependente da pressão	13	13	13
Redução do nº de roturas %	17,90	19,00	18,81
Redução no nº de roturas	1,25	0,00	1,32
Poupança (€)	1464,87	0,00	1539,46

Figura 71 - Efeito económico ao nível da redução do número de ocorrências da aplicação da VRP

Analisando a Figura 71 em conjunto com a Figura 70 a introdução de uma VRP de pressão fixa já justifica o investimento na ZMC de Geraz do Lima no final do 3º ano.

	Afife	Amorosa	Geraz do Lima
Total Poupança (€)	3916,79	841,69	3147,64

Figura 72 - Poupança total decorrente da redução da pressão em 10% da pressão inicial

A Figura 72 representa a poupança total estimada nas ZMC restantes em função da redução de pressão. A ZMC de Afife justifica a aplicação de uma VRP mais complexa (VRP por modulação horária, modulação temporal ou modulação por ponto crítico) enquanto que a ZMC de Geraz do Lima aponta para uma VRP de pressão fixa. A ZMC da Amorosa, em virtude da ANF e número de ocorrências reduzida, não justifica o investimento numa VRP a curto/médio prazo.

6

CONCLUSÕES

O assunto da ineficiência das EG relativamente à água não faturada e perdas reais de água é atual e com grande impacto mediático. Isto tem impacto ao nível da AES uma vez que as perdas reais são uma parcela importante da AES. A redução das perdas reais implica uma redução da AES e consequentemente um índice de ineficiência dos recursos hídricos menor. Consequentemente, é possível fazer um ajuste da tarifa cobrada aos clientes em função dos custos de produção e de distribuição da água.

A redução da ANF e das perdas reais para ser efetuada necessita da implementação de ZMC e sistemática análise e monitorização permanente dos dados recolhidos. A análise dos dados permite identificar prioridades diferentes de atuação e, face aos dados recolhidos, decidir sobre as medidas a aplicar. A análise dos dados resultantes da ZMC necessita de uma análise com frequência regular (de preferência diária) de modo a não prolongar os impactos negativos causados pelas perdas de água.

A mudança de paradigma das EG passa pela alteração da análise ao sistema para a análise por ZMC e em termos de periodicidade passar de análise anual para uma análise mais frequente.

A utilização do CAP e da Qualidade e Rapidez da reparação de roturas tem vindo a introduzir melhorias nas áreas de estudo ao nível do índice AA11b contudo, este valor poderá ser melhorado nalgumas das áreas. A ZMC da Amorosa apresenta valores de ANF e do número de ocorrências relacionadas com problemas em condutas muito reduzidos sendo possível afirmar que as medidas tomadas foram as corretas e foram devidamente aplicadas. A ZMC de Afife tem vindo, progressivamente, a registar melhores resultados quer ao nível da ANF, perdas reais e número de ocorrências sendo expectável que a situação estabilize em breve. A ZMC de Barroselas encontra-se em estudo e após instalação das VRP registou-se uma diminuição significativa do valor das perdas reais.

A análise de CMN e dos caudais mínimos noturnos, tendo em consideração um valor base para o CMN, levou à deteção de áreas deficitárias podendo este ser usado como critério de segmentação da rede. Verifica-se que o caudal mínimo noturno tem implicações ao nível da segmentação das áreas estudadas podendo-se optar por isolar determinadas áreas com CMN semelhantes.

Na ZMC de Barroselas após a implementação da gestão de pressões por ponto crítico permitiu a redução das perdas reais e do número de ocorrências. A instalação da gestão e monitorização de pressões por ponto crítico, revelou-se um instrumento fundamental no combate à ANF e, mais fundamentalmente, às perdas reais.

A importância de uma correta análise das causas das ocorrências permite obter diferente tipo de informação, quer ao nível da quantidade, frequência, localização e custos das ocorrências e depois deste tratamento decidir novas medidas a aplicar, caso necessário. A implementação na ZMC de Barroselas da gestão de pressões por ponto crítico permitiu que fosse detetada uma fuga que representava cerca de 800 m³ de água desperdiçada por dia.

Com a implementação da ZMC da Amorosa e do sistema de telemetria fixa como foi possível detetar um conjunto de fugas nas redes prediais que, tiveram um impacto significativo na redução das perdas reais e da água não faturada. Este impacto ao nível da ANF, permitiu baixar de 25% em 2012 para os 5% em 2014, ao nível do CMN havendo uma redução de 70% entre o ano de 2012 e 2014. Em 2015, dados até junho, o CMN apresenta valores ainda mais reduzidos representando uma redução de cerca de 98% contudo, faltando a informação referente ao resto do ano.

A telemetria fixa associada a um conjunto de *software* criados para suporte do sistema permitem uma análise diária do sistema, balanço hídrico diário, que facilita a ação da E.G. no combate á água não faturada e às perdas reais e assim atingir valores de ANF muito baixos.

Em suma, a segmentação da rede de água quando associada a Telemetria fixa permite obter valores de ANF muitos bons assim como a implementação de sistema de gestão de pressão por ponto crítico.

A EG estudada, os SMSBVC estão a implementar esta metodologia em outras ZMC onde já obtiveram e esperam continuar a obter ganhos significativos de eficiência do sistema de abastecimento de água.

7

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho realizado na presente dissertação encontra-se limitado por um período de tempo. Esta limitação introduz, naturalmente, problemas ao nível da abrangência na escolha de critérios a usar no desenvolvimento do trabalho assim como a definição da importância de todos os parâmetros. A opção tomada ao longo do desenvolvimento da dissertação foi a exploração de novos critérios para a segmentação de uma rede de abastecimento face aos critérios, de carácter físico e infraestrutural, geralmente considerados.

O desenvolvimento do trabalho resultou no estabelecimento de alguns critérios de aplicabilidade ao sistema de abastecimento de Viana do Castelo podendo sofrer adaptações para aplicabilidade noutros sistemas.

As sugestões para trabalhos futuros surgem com base na limitação de tempo imposto na realização desta dissertação. Seguem-se as seguintes recomendações:

- ➔ Estudo da viabilidade e sustentabilidade económica das ZMC. A implementação da ZMC deveria ter em conta estudos sobre o estado da rede, quer ao nível do funcionamento quer ao nível da verificação do ano horizonte. Estes fatores poderão implicar outras medidas aplicadas tais como a substituição de parte da rede antes da aplicação da ZMC;
- ➔ Estudo da influência da redução das perdas reais nos parâmetros de qualidade da água. O aumento ou diminuição da capacidade da rede, em função das medidas aplicadas, poderão mudar os parâmetros de qualidade da água da rede. De modo a verificar-se a manutenção das características da rede poderão ser instalados sensores que meçam estes parâmetros e permitam decidir mais acertadamente sobre a ação mais adequada a tomar por forma a atingir melhores resultados;
- ➔ Elaboração de um programa que analise, de forma automática, as causas de ocorrências em conjunto com uma ferramenta SIG e de modulação atuando como uma ferramenta de controlo de perdas reais;
- ➔ Análise das características físicas, infraestruturais e não estruturais da rede de modo a tentar, se possível, chegar a relações e expressões entre estas de modo a otimizar a limitação das ZMC;
- ➔ Implementação real dos critérios definidos. A aplicação dos critérios definidos para o sistema de Viana do Castelo poderão melhorar as perdas de água e a água não faturada noutras ZMC

do sistema e assim contribuir para a sustentabilidade económico-financeira e ambiental dos SMSBVC. As medidas podem ser adaptadas para aplicabilidade noutras EG;

- Integração de sistemas de telemetria na segmentação para melhoria na medição dos caudais faturados e continuação do estudo da telemetria ao nível do BG e do cálculo das perdas totais de água;
- Extensão da telemetria de rádio fixo a outras ZMC para comparação com os resultados obtidos na ZMC da Amorosa;
- Modulação da rede para casos atípicos de consumo tais como consumos industriais e consumos relativos a incêncios.

BIBLIOGRAFIA

- Agência Portuguesa do Ambiente, Governo de Portugal. 2012.** *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água.* 2012.
- Bairos, André Filipe Alves. 2008.** *Válvulas de Controlo Automático na Segurança e Gestão Operacional de Sistemas de Abastecimento e Drenagem: o comportamento das VRP.* 2008.
- Conselho Nacional da Água. 2014.** *PENSAAR 2020 Uma nova estratégia para o setor de abastecimento de água e saneamento de águas residuais.* 2014.
- EPAL. 2015.** *Controlo Ativo de Perdas de Água.* 2015.
- ERSAR. 2013.** *ÁGUA NÃO FATURADA NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO CORRESPONDE A 167 MILHÕES DE EUROS ANUAIS.* 2013.
- ERSAR, INAG. 2007.** *PEAASAR II: Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Águas Residuais 2007-2013. Relatório de Acompanhamento 2008.* 2007.
- Farley, Malcolm. 2008.** *The Manager's Non-Revenue Water Handbook.* 2008.
- Figueiredo, Manuel Maria Pacheco. 2012.** *Apontamentos de HUAM - Captações 2012/2013.* 2012.
- Gestão do ciclo urbano da água: Que soluções para a sustentabilidade?* **Poças-Martins, Joaquim. 2012.** 2012.
- Governo de Portugal. 2014.** *Reestruturação do setor das águas. Ciclo Urbano.* 2014.
- Helena Alegre, Sérgio Teixeira Coelho, Maria do Céu Almeida e Paula Vieira. 2005.** *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição.* 2005.
- Helena Alegre, Wolfram Hirner, Jaime Melo Baptista e Renato Parena. 2004.** *Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água.* 2004.
- Helena Alegre, Wolfram Hirner, Jaime Melo Baptista. 2004.** *Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água.* 2004.
- 2015.** <https://poseur.portugal2020.pt/pt/po-seur/estrutura/>. [Online] 2015.
- 2015.** <https://poseur.portugal2020.pt/pt/po-seur/sobre-o-programa>. [Online] 05 de 20 de 2015. <https://poseur.portugal2020.pt/pt/po-seur/sobre-o-programa>.
- iGPI. 2015.** [Online] 2015. <http://igpi.aware-p.org/np4/3>.
- iPerdas. 2015.** [Online] 2015. <http://iperdas.org/np4/about/>.
- J. Thornton, A. Lambert. 2005.** *Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships.* 2005.
- Jaime Baptista Melo, Carlos Lopes Pereira, David Alves, Álvaro Carvalho. 2013.** *Relatório anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal (2012). Volume 1 - Caracterização geral do setor.* 2013.
- John Morrison, Stephen Tooms, Dewi Rogers. 2007.** *District Metered Areas Guidance Notes.* 2007.
- LNEC, ERSAR. 2013.** *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 2.ª geração do sistema de avaliação.* 2013.
- Poças-Martins, Joaquim. 2014.** *Apontamentos SAAG. Redução de Perdas e Gestão de Empresas de Água.* 2014.
- Poças-Martins, Joaquim Poças. 2014.** *Management of Change in Water Companies.*

Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. 2012.

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. 2007. *PEAASAR II. Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais.* 2007.

ONU. 2007.

Pato, João Howell. *História das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal.* 2011.

Portugal, Governo de. 1995. *Decreto Regulamentar n° 23/95.* 1995.

R S Mckenzie, W Wegelin. *Implementation of pressure management in municipal water supply systems.* 2009.

SMSBVC. 2015. [Online] <http://www.smsbvc.pt/>.

2015. [Online] <http://www.smsbvc.pt/>.

2015. [Online] <http://portal.smsbvc.pt/quem-somos/indicadores-de-gestao>.

2015. *Relatório de atividades e contas 2014.*

Valente, José Carlos Tentúgal. 2013. Apontamento HUAM. Água para consumo humano. Controlo de Qualidade.

2015. www.setme.com.br. [Online] http://www.setme.com.br/estacao_reduutora_pressao.php.

2015. www.tecnilab.pt. [Online] <http://sm.vectweb.pt/media/33/File/Flyers/EN/Flucon%20-%20Pressure%20Management%20Valve%20-%20Flyer.pdf>.

OUTROS SÍTIOS DA INTERNET CONSULTADOS:

<http://www.apambiente.pt/ajaxpages/destaque.php?id=461> (acedido a 20 de abril de 2015)

www.cienciaviva.pt/img/upload/PEAASAR.pdf (acedido a 23 de abril de 2015)

<https://poseur.portugal2020.pt/pt/po-seur/sobre-o-programa> (acedido a 23 de abril de 2015)

<http://portal.smsbvc.pt/quem-somos/historia> (acedido a 15 de junho de 2015)

<http://noticias.sapo.pt/economia/artigo/agua-distribuida-e-nao-faturada-5745.html> (acedido a 15 de junho de 2015)

<http://igpi.aware-p.org/np4/3/> (acedido a 15 de junho de 2015)

http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_milestones_por.pdf (acedido a 15 de junho de 2015)

ANEXOS

ANEXO A – DIVISÃO TERRITORIAL APRESENTADA PELO PEAASAR I

ANEXO B – REDE DA ZMC DA AMOROSA MODULADA PELO EPANET

ANEXO C – REDE DA ZMC DE AFIFE MODULADA PELO EPANET

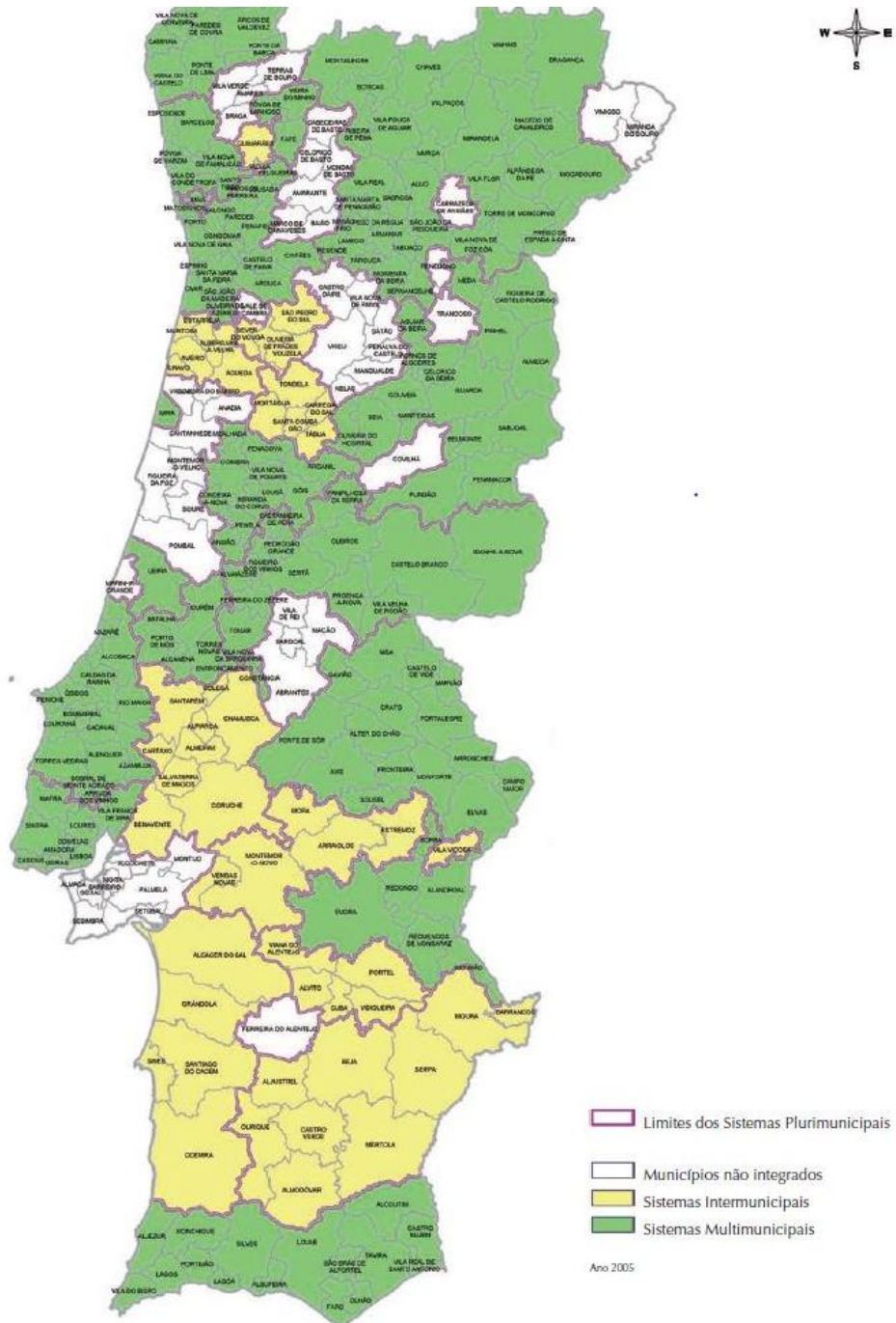
ANEXO D – QUADRO DE OCORRÊNCIAS VERIFICADAS NA ZMC DA AMOROSA ENTRE O ANO DE 2010 E DE 2014

ANEXO E – QUADRO DE OCORRÊNCIAS VERIFICADAS NA ZMC DA AFIFE ENTRE O ANO DE 2010 E DE 2014

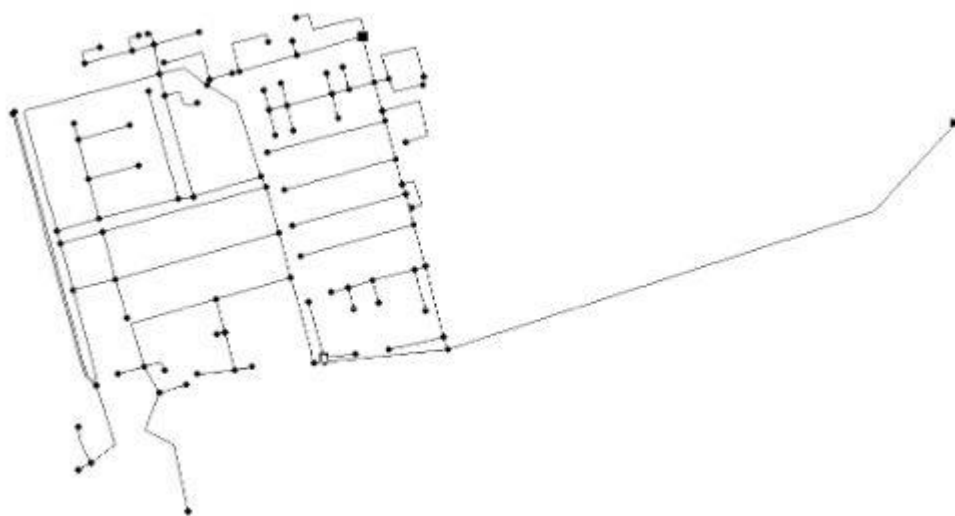
ANEXO F – QUADRO DE OCORRÊNCIAS VERIFICADAS NA ZMC DE GERAZ DO LIMA ENTRE O ANO DE 2010 E DE 2014

ANEXO G – QUADRO DE OCORRÊNCIAS VERIFICADAS NA ZMC DE BARROSELAS ENTRE O ANO DE 2010 E DE 2014

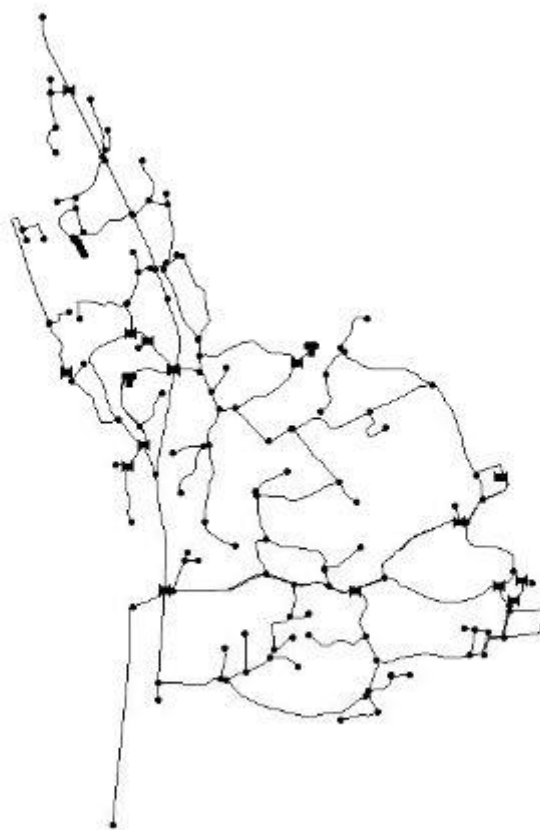
ANEXO A - DIVISÃO TERRITORIAL APRESENTADA PELO PEAASAR



ANEXO B – Rede da ZMC da Amorosa modulada pelo epanet



ANEXO C – Rede da ZMC de Afife modulada pelo epanet



ANEXO D – Quadro de ocorrências verificadas na ZMC da Amorosa entre o ano de 2010 e de 2014

Causas	2010	2011	2012	2013	2014	Total Geral
Boca de rega fechada/danificad		1			1	2
Boca incêndio mal fechada		2		1		3
Conduta antiga			1		1	2
Falsa informação			1			1
Falta de água			3			3
Fuga água na rede predial		1	1	2	1	5
Imputável a 3ºs		4	3	1		8
Olho de boi reduzido		1	1			2
Outros problemas			2			2
Ramal antigo	1	2	1		1	5
Ramal tamponado			1	1		2
Torneira partida	1					1
Tubo esmagado/furado por pedra		1				1
União danificada		1		1	1	3
Válv. seccionamento partida		2			1	3
Verter pelo record		1	3	2		6
Total Geral	2	16	17	8	6	49

ANEXO E – Quadro de ocorrências verificadas na ZMC da Afife entre o ano de 2010 e de 2014

Causas	2010	2011	2012	2013	2014	Total Geral
Boca de rega fechada/danificada				1		1
Conduta antiga	8	7	11	4	4	34
Contador obstruído	1	2				3
Depósito vazio			2			2
Falsa informação		5	5	1	1	12
Falta de água		1	3	1		5
Falta de aperto dos records		1				1
Fuga água na rede predial	1	4	4	2		11
Imputável a 3ºs		2	8	11	2	23
Pressão baixa			3	1		4
Ramal antigo	40	23	27	12	6	108
Ramal entupido	1	1	1	1	1	5
Ramal tamponado			1			1
Solda partida	1	2	1	2		6
Torneira partida	2					2
Tubo esmagado/furado por pedra	1	1	5	11	4	22
Tubo sem resistência	3	4	14	5	3	29
União danificada			1	5	1	7
União mal montada		1	1			2
Válv. controle nível avariada			1	2		3
Válv. seccionamento partida		3	1			4
Verter pelo record		1			1	2
Total Geral	58	58	89	59	23	287

ANEXO F – Quadro de ocorrências verificadas na ZMC de Geraz do Lima entre o ano de 2010 e de 2014

Causas	2010	2011	2012	2013	2014	Total Geral
Abraçadeira danificada	1					1
Avaria no quadro eléctrico	2					2
Boca incêndio mal fechada					1	1
Conduta antiga	21	13	5	17	9	65
Contador obstruído			1			1
Depósito vazio	1	2		1		4
Excesso de pressão					1	1
Falsa informação	4	1	3	1	3	12
Falta de água	3	1	2			6
Falta de energia eléctrica		1				1
Fuga água na rede predial	2	1		1	2	6
Imputável a 3ºs	13	7	4	6		30
Outros problemas		1	1			2
Pressão baixa			1		1	2
Ramal antigo	7	6	4	2	3	22
Ramal tamponado		1	1			2
Reb. provocado p/ ocorrência	1		1			2
Solda partida	1	3	3	2	3	12
Torneira partida				1		1
Tubo esmagado/furado por pedr	5	5		6	2	18
Tubo sem resistência	5	4	2	3	7	21
União danificada	1	2	2	1	7	13
União mal montada	2		1			3
Verter pelo record		2	1		5	8
#N/D					2	2
Total Geral	69	50	32	41	46	238

ANEXO G – Quadro de ocorrências verificadas na ZMC de Barrocelas entre o ano de 2010 e de 2014

Causas	2010	2011	2012	2013	2014	Total Geral
Boca de rega fechada/danificad					1	1
Conduta antiga		5	4	4		13
Falsa informação		1	1			2
Falta de água			1			1
Falta de aperto dos records		1				1
Fuga água na rede predial		1				1
Imputável a 3ºs	2	11	1	1		15
Obstrução da rede predial		1				1
Passador segurança não veda		1				1
Portinhola a verter					1	1
Ramal antigo	4	7	4	1	1	17
Ramal entupido			1	1		2
Ramal tamponado		1				1
Reb. provocado p/ ocorrência				1		1
Solda partida	1	2	2	5		10
Tubo esmagado/furado por pedra		6	1	6	4	17
Tubo sem resistência		4	2	2	1	9
União danificada		2	1	2	1	6
União mal montada		2				2
Verter pelo record			1			1
#N/D				1		1
Total Geral	7	45	19	24	9	104