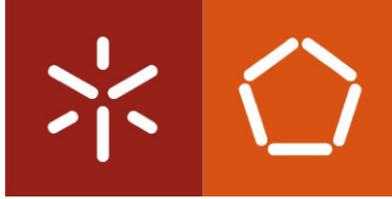


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Valdo Ricardo Alves Martins

Análise de perdas de água dos sistemas de captação, tratamento e adução dos subsistemas de abastecimento de água de Andorinhas, Queimadela e Rabagão



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Valdo Ricardo Alves Martins

Análise de perdas de água dos sistemas de captação, tratamento e adução dos subsistemas de abastecimento de água de Andorinhas, Queimadela e Rabagão

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Biológica

Trabalho Efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Maria Madalena dos Santos Alves
e da
Doutora Lara Cristina Coutinho de Castro

Declaração

Valdo Ricardo Alves Martins

Endereço eletrónico: a58842@alunos.uminho.pt

Telefone: 919584169

Número do Bilhete de Identidade: 13950866

Título da Dissertação:

Análise de perdas de água dos sistemas de captação, tratamento e adução dos subsistemas de abastecimento de água de Andorinhas, Queimadela e Rabagão.

Orientadores:

Maria Madalena dos Santos Alves

Lara Cristina Coutinho de Castro

Ano de conclusão: 2014

Dissertação submetida na Universidade do Minho para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biológica

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura: _____

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à professora Dra. Madalena Alves pela sua orientação na escolha e realização do estágio curricular e todos os conselhos que me concedeu para esta nova fase da minha vida.

Agradecer à Engenheira Lara Castro por toda a dedicação, ensinamento, carinho, disponibilidade, oportunidade, confiança e simpatia que sempre me concedeu, durante todos estes 8 meses de trabalho, que embora no início parecessem “assustadores”, graças a ela revelaram-se numa experiência fantástica da qual me vai certamente deixar muita saudade.

Ao Engenheiro Rui Vilaverde gostaria de agradecer todo o apoio e motivação que me deu e simpatia com que sempre me recebeu.

À Ana Delgado e à Rosa pelo acolhimento e simpatia com que me receberam na empresa, e pela constante preocupação com o meu bem-estar com que sempre tiveram comigo e à Engenheira Cristina por toda a disponibilidade e ajuda nas Andorinhas e Rabagão.

Ao Engenheiro Pedro Pinto e ao Engenheiro Carreiras que me ensinaram e disponibilizaram material de trabalho para a realização deste estudo, um muito obrigado.

Aos meus queridos pais, irmã e avós, que sempre estiveram presentes na minha vida, que sempre me educaram, amaram e aconselharam nas decisões da minha vida.

Aos meus irmãos, colegas, amigos para vida! A todos eles, um muito obrigado por estes cinco anos (sim! Já passaram cinco anos) onde fizeram parte da minha vida e que todos os dias me fizeram feliz. À Maria, à Cátia, à Marisa e ao David, meus “manos” do Gerês, que desde sempre estiveram, estão e vão estar comigo, para tudo o que possa vir, muito obrigado por fazerem parte da minha felicidade e me mostrarem que a vida vale a pena quando vocês estão por perto.

Por último, gostaria de agradecer a todos estes 11 grandes amigos que desde o primeiro dia em que cheguei me receberam de braços abertos, que me ajudaram, ensinaram e que sempre me fizeram sentir em “casa”, ser-vos-ei grato para todo o sempre pela amizade que me deram. Alberto, Barros, César, Daniel, Francisco, Júlio, Luís, Nuno, Orlando, Pedro e Victor, a todos vós, muito obrigado.

Resumo

A crescente preocupação mundial com os gastos excessivos da utilização de água, bem como os custos associados à captação, tratamento e distribuição deste recurso às populações levam às entidades gestoras dos sistemas de tratamento e abastecimento de água implementar medidas de minimização de perdas de água, que ocorrem nos seus sistemas de tratamento.

Na empresa Águas do Noroeste S.A. estão em curso medidas que pretendem a minimização das perdas de água nas estações de tratamento de água de Andorinhas, Queimadela e Rabagão. No subsistema de abastecimento das Andorinhas as perdas de água, no período em estudo, representam cerca de 90 000 m³. Os gastos energéticos associados a estas perdas de água representam 20 % da totalidade despendida. No subsistema de Queimadela, pelo período em estudo, foram verificadas perdas de água na ordem dos 88 000 m³. Da totalidade do valor gasto em energia, cerca de 6,7 % foram aplicados em perdas de água. No subsistema do Rabagão, pelo período em estudo, verificaram-se perdas superiores a 464 000 m³, estando este subsistema ainda em fase de arranque. Os gastos energéticos aplicados em perdas de água correspondem a 57 % do valor energético total.

A aplicação de *softwares* informáticos como o EPANET 2.0 permite uma melhor gestão e perceção da ocorrência de perdas de água nas redes de distribuição, permitindo uma atuação mais rápida e eficaz na correção destas falhas.

Palavra-chave: Perdas de água, sistemas de tratamento de água, Águas do Noroeste S.A., gastos energéticos, EPANET 2.0.

Abstract

The increase of the international concern about water losses, as well as the higher costs associated with the collection, treatment and adduction of water to the population, has led the water treatment/distribution management entities into the implementation of measures for reduction of water losses that has been occurring in their own distribution systems.

In Águas do Noroeste S.A. there are ongoing several actions in order to lower the water losses in water treatment stations of Andorinhas, Queimadela and Rabagão. In the subsystem of Andorinhas the water losses, in the study period, represent 90 000 m³. The energy costs spent in water losses were about 20 % of the main value spent in energy. In Queimadela subsystem the water losses were lost 88 000 m³ of water. From the main value of energy spending, there were 6,7 % who were applied in water losses. In the subsystem of Rabagão, in the research period, the water losses were 464 000 m³, approximately. Circa 57 % of the total amount spent on energy was applied in water losses. This subsystem is still in the beginning period.

The application of software's like EPANET 2.0 allows a better control and perception of the water losses occurrence in the distribution system, allowing faster and more efficient actions in the corrections of those fails.

Key-words: water losses, water treatment systems, Águas do Noroeste S.A., energetic wastes, EPANET 2.0.

Índice

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	IV
ABSTRACT	VI
ÍNDICE	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação do tema	1
1.2 . Objetivos.....	2
1.3 . Organização da Dissertação	3
1.4 . Águas do Noroeste, S.A.	4
2. ESTADO DE ARTE	7
2.1. Introdução ao Tema.....	7
2.2. Entidades Reguladoras	17
2.3. Plano Nacional ara o Uso Eficiente da Água	20
3. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	22
3.1. Subsistema de Abastecimento das Andorinhas	22
3.1.1. Descrição do Processo de Tratamento.....	22
3.1.2. Resultados Obtidos	24

3.1.3. Medidas de Minimização.....	29
3.2. Subsistema de Abastecimento de Queimadela.....	31
3.2.1. Descrição do Processo de Tratamento.....	31
3.2.2. Resultados Obtidos	35
3.2.3. Medidas de Minimização.....	42
3.3. Subsistema de Abastecimento do Rabagão	44
3.3.1. Descrição do Processo de Tratamento.....	44
3.3.2. Resultados Obtidos	48
3.3.3. Medidas de Minimização.....	53
4. MODELAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE QUEIMADELA	56
4.1. Enquadramento Teórico	56
4.2. EPANET.....	57
4.3. Utilização do EPANET para a aplicação do método de Caudais Mínimos Noturnos	60
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	62
BIBLIOGRAFIA	64
ANEXOS	I
Anexo 1	i

Lista de Figuras

Figura 1 - Logotipo Águas do Noroeste S.A. - Grupo Águas de Portugal.	4
Figura 2 - Componentes do Estudo de Perdas de Água.....	10
Figura 3 - Variados tipos de perdas que podem ocorrer nos sistemas de abastecimento de água	14
Figura 4 - Variação da ineficiência nacional no uso da água entre 2000 e 2009.....	20
Figura 5 - Zona de captação da ETA das Andorinhas.	22
Figura 6 - Vista do topo do local de captação de água, na albufeira das Andorinhas, concelho de Póvoa de Lanhoso.	22
Figura 7 - Esquema de tratamento do subsistema das Andorinhas.	23
Figura 8 - Dados obtidos dos caudais captado, fornecido e faturado, de Janeiro a Setembro de 2014, do SAA das Andorinhas.	24
Figura 9 - Gráfico de perdas de água em metro cúbico, na estação de tratamento de água das Andorinhas.....	25
Figura 10 - Gráfico de perdas de água por metro cúbico de água, no sistema Adutor das Andorinhas.....	26
Figura 11 - Custo mensal em valores percentuais, das perdas de água no SAA das Andorinhas.	27
Figura 12 - Consumos específicos, em função do mês, do sistema de abastecimento de água das Andorinhas em euros por kWh, euros por metro cúbico e kW por metro cúbico.	28
Figura 13 - Vista Superior da Estação de Tratamento de Queimadela, com todas as etapas do processo e barragem de Queimadela.....	31
Figura 14 - Esquema de tratamento da ETA de Queimadela.	32
Figura 15 - Kit de medição ultrassónica de caudal.....	35
Figura 16 - Aplicação do aparelho ultrassónico na conduta de água de lavagem dos filtros.....	37
Figura 17 - Aplicação do aparelho ultrassónico num outro local de medição do caudal de água de lavagem de filtros.	37
Figura 18 - Registo dos caudais captado, fornecido e faturado, em metros cúbicos, do SAA de Queimadela, entre Janeiro e Setembro de 2014.....	38

Figura 19 - Perdas de água em metros cúbicos, na ETA de Queimadela.	39
Figura 20 - Perdas de água em metros cúbicos, do sistema adutor de Queimadela.....	40
Figura 21 - Custo mensal em valores percentuais, das perdas de água no SAA de Queimadela.	41
Figura 22 - Consumos específicos, em função do mês, do sistema de abastecimento de água de Queimadela em euros por kWh, euros por m ³ e kW por m ³	41
Figura 23 e Figura 24 - Da esquerda para a direita: zona de captação do subsistema do Rabagão, na barragem da Venda Nova. Vista superior ETA do Rabagão.	44
Figura 25 - Esquema do processo de tratamento da ETA do Rabagão.....	45
Figura 26 - Local provisório da captação de água. Vista do impacto do abaixamento do nível da albufeira da Venda Nova por parte da EDP.....	48
Figura 27 - Caudais de água captada, fornecida e faturada do subsistema do Rabagão, em m ³ , pelo período de Janeiro a Setembro de 2014.	49
Figura 28 - Perdas de água registadas na ETA do Rabagão.....	50
Figura 29 - Perdas de água no sistema adutor do Rabagão.	51
Figura 30 - Custo mensal em euros, das perdas de água no SAA do Rabagão.....	52
Figura 31 - Consumos específicos, em função do mês, do SAA do Rabagão em euros por kWh, euros por metro cúbico e kW por metro cúbico.	52
Figura 32 - Sistema poente do sistema de abastecimento de Queimadela, através do EPANET.	59

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Método de Cálculo dos Volumes de Água do Sistema	13
Tabela 2 - Medidas de redução do impacte financeiro e ambiental a serem aplicadas no SAA das Andorinhas - (Verde - sem efeito; Vermelho - impacte negativo; Azul - impacte positivo)	30
Tabela 3 - Medição em "V" do caudal de água	36
Tabela 4 - Medidas de redução do impacte financeiro e ambiental a serem aplicadas no SAA de Queimadela (Verde - sem efeito; Vermelho - impacte negativo; Azul - impacte positivo)	43
Tabela 5 - Medidas de redução do impacte financeiro e ambiental a serem aplicadas no SAA do Rabagão (Verde - sem efeito; Vermelho - impacte negativo; Azul - impacte positivo)	54
Tabela 6 - Componentes dos caudais mínimos noturnos	61
Tabela 7 - Conceitos e definições relativos ao balanço hídrico	i

Lista de Abreviaturas

IWA – International Water Association (Associação Internacional da Água)

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

EE – Estação Elevatória

AdNw – Águas do Noroeste S.A.

EDP – Energia de Portugal

SAA – Subsistema de Abastecimento de Água

CAP – Carvão ativado em Pó

ERSAR – Entidade Reguladora de Serviços de Águas e Resíduos

1. Introdução

1.1. Apresentação do tema

A água é um bem indispensável ao ser humano sem a qual não consegue sobreviver. Com o crescente aumento da população humana, o gasto deste recurso para as mais variadas atividades industriais, agrícolas ou domésticas, bem como o crescente aumento da poluição gerada por estas mesmas atividades, conduz à necessidade de proceder à correta captação, tratamento e distribuição de água.

Segundo o Banco Mundial, cerca de 45 milhões de metros cúbicos de água são diariamente perdidos, nos países em desenvolvimento, através das redes de distribuição, que dariam para abastecer cerca de 200 milhões de pessoas (Pena, 2010). É portanto necessário proceder à correta implementação de um sistema eficiente que impeça a perda excessiva de água tratada e deste modo evitar gastos desnecessários em captação e tratamento.

Através da aplicação das metodologias de controlo e perdas de água apresentadas pela IWA (*International Water Association*) é possível proceder à discriminação destas perdas (Santos, 2008). Assim sendo podem ser classificadas em *perdas reais*, que resultam das perdas físicas de água do sistema em pressão, até ao contador do cliente e de *perdas aparentes*, que contabilizam todo o tipo de imprecisões associadas às medições de água produzida e de água consumida, e ainda consumo não-*autorizado* que está associado ao uso ilícito de água. (Alegre et al., 2005)

Para efeitos de balanço hídrico, é indispensável monitorizar caudais de entrada e saída dos sistemas de abastecimento de água. No entanto, existem alguns consumos autorizados que, numa parte significativa das instalações, não são contabilizados, ocorrendo em perdas (Pena, 2010). Estas perdas devem ser calculadas e discretizadas por forma a serem levadas a cabo medidas corretivas e preventivas que possibilitem uma maior e melhor gestão deste recurso.

1.2. Objetivos

A presente dissertação tem por objetivo o estudo de perdas de água nos sistemas de captação, tratamento e distribuição de água das estações de tratamento de água de Andorinhas, Queimadela e Rabagão, sob a gestão da empresa Águas do Noroeste S.A. tendo por base as medições de caudais captado, fornecido e faturado.

Far-se-á então a discretização de todos os consumos de água nos respetivos subsistemas de abastecimento de águas por forma a proceder à sua contabilização. Da análise das perdas nos sistemas de captação, tratamento e distribuição resultará um plano de gestão com vista à minimização de consumos e/ou perdas no sistema.

Pretende-se ainda reforçar a importância da água na sociedade atual, bem como a necessidade de um tratamento de água eficaz que confira à água qualidade suficiente, tendo por base os parâmetros legais presentes na legislação nacional.

1.3. Organização da Dissertação

No primeiro capítulo é efetuada uma introdução teórica ao trabalho dando a conhecer um panorama geral sobre a água e a empresa Águas do Noroeste S.A..

No segundo capítulo é introduzido o tema de estudo da qual se realiza esta dissertação, bem como as entidades reguladoras e legislação sobre a matéria.

No terceiro capítulo são apresentados os três subsistemas de abastecimento de água, com uma introdução inicial a cada um deles, explicando processos de tratamento, com os respetivos resultados obtidos nos balanços hídricos, políticas de minimização de perdas e balanços energéticos aos sistemas.

No quarto capítulo é efetuada um enquadramento teórico sobre sistemas de modelação de redes de distribuição de água, em particular do subsistema de Queimadela, por aplicação do *software* EPANET 2.0.

No quinto e último capítulo são apresentados as várias conclusões e recomendações futuras, do estudo efetuado.

1.4. Águas do Noroeste, S.A.

Pertencente ao grupo Águas de Portugal, a Águas do Noroeste S.A. (AdNw) (Figura 1) foi constituída pelo Decreto-lei n.º 41/2010, de 29 de Abril, e resultou da fusão de três outras sociedades existentes: Águas do Cávado, S.A., Águas do Minho e Lima, S.A. e Águas do Ave, S.A (Figueiredo, 2013). Sendo uma das maiores empresas portuguesas gestoras de sistemas multimunicipais de abastecimento de água e de saneamento (Pereira, 2009). Iniciou as suas funções no ano de 2010, após o estabelecimento de um contrato de concessão com o Estado Português do sistema multimunicipal de abastecimento e tratamento de água da quase totalidade da região Noroeste portuguesa, por um período de cinquenta anos (Fernandes, 2013).



Figura 1 - Logotipo Águas do Noroeste S.A. - Grupo Águas de Portugal (Águas do Noroeste S.A., 2014).

Esta empresa atua no desenvolvimento socioeconómico da região, contribuindo para o bem-estar das populações e da promoção da requalificação ambiental como parte integrante de um desenvolvimento sustentável que faça frente aos problemas ambientais do século XXI. Com uma área geográfica de atuação de mais 6000 km², encontra-se presente em mais de 30 concelhos. Os investimentos do grupo entre 1995 e 2010 são superiores a 800 milhões de euros, com um acréscimo de 300 milhões de euros até 2017. No que se refere ao saneamento, o investimento total previsto é de 416 milhões de euros e no abastecimento de água serão de 413 milhões de euros (Figueiredo, 2013).

O sistema de abastecimento de água alberga os municípios de Arcos de Valdevez, Barcelos, Caminha, Celorico de Basto, Esposende, Fafe, Maia (Norte), Melgaço, Monção, Mondim de Basto, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Santo

Tirso, Trofa, Valença, Viana do Castelo, Vieira do Minho, Vila do Conde, Vila Nova de Cerveira e Vila Nova de Famalicão, estando dimensionado para fornecer 5403 milhões de m³ de água tratada para pouco mais de 1 milhão de habitantes (Fernandes, 2013). Possui quatro centros operacionais e são eles o centro operacional do Minho e Lima, centro operacional do Cávado, centro operacional do Ave e centro operacional do Tâmega e Sousa. Está previsto um investimento total a efetuar de 416,1 milhões de euros, estando previsto a construção/integração de 10 novas captações e estações de tratamento de água, a construção de redes adutoras de distribuição de água potável com 1 325 km de distância, de 112 novas estações elevatórias (EE) e de 300 reservatórios de abastecimento de água. Excetuando os habitantes do concelho de Braga, onde a AdNw não tem presença, estes novos investimentos vão permitir o atendimento a aproximadamente 97 % da população total de toda a região Noroeste portuguesa. Até ao ano de 2017, este sistema de abastecimento de água terá a capacidade de fornecimento de 64 milhões de metros cúbicos anuais (Águas do Noroeste S.A., 2014).

A importância deste investimento vem impor a promoção do desenvolvimento socioeconómico da região sendo o seu financiamento justificado, a fundo perdido em cerca de 50% pelo Fundo de Coesão da União Europeia (Figueiredo, 2013).

Para além das infraestruturas de saneamento e abastecimento, esta empresa dispõe ainda de um laboratório onde são executas análises de água para consumo humano, onde são mantidos um conjunto de 56 parâmetros acreditados, dos quais 48 são físico-químicos e 8 são microbiológicos, segundo a norma NP EN ISO/IEC 17025 (Águas do Noroeste S.A., 2014), permitindo uma melhoria contínua do sistema de gestão, por forma a garantir:

- a) Que a execução dos ensaios decorre em condições de segurança, confidencialidade e boas práticas profissionais;
- b) A total confiança nos resultados analíticos;
- c) A máxima qualidade dos serviços prestados;
- d) O estabelecimento e acompanhamento dos seus objetivos anuais definidos na reunião de revisão do Sistema de Gestão da Qualidade;
- e) Que a recolha de amostras e os ensaios são executados estritamente de acordo com as normas, procedimentos internos e/ou especificações técnicas estabelecidas, com os requisitos especificados pelo cliente, bem como com requisitos estatutários ou regulamentares;

- f) Que todo o pessoal relacionado com as atividades de ensaio dentro do laboratório esteja familiarizado com a documentação da qualidade e que aplique as políticas e procedimentos no seu trabalho;
- g) Que a integridade do sistema de gestão é mantida quando são planeadas e implementadas alterações ao mesmo.

A AdNw tem como missão conceber, construir e explorar as infraestruturas de abastecimento de água e de saneamento do sistema multimunicipal e do sistema de águas da região do noroeste português, num quadro de sustentabilidade económica, social e ambiental, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e para o desenvolvimento socioeconómico da região. Tendo por visão ser uma empresa de referência nacional no setor da água em termos da qualidade do serviço público prestado e constituir-se como um parceiro ativo para o desenvolvimento sustentável da região onde se insere (Águas do Noroeste S.A., 2014).

2. Estado de Arte

2.1. Introdução ao Tema

A sedentarização por parte do Homem conduziu a um crescimento significativo da população criando a necessidade de maior produção de alimento e, deste modo, uma maior necessidade de consumo de água. Dada esta carência, iniciou-se assim a canalização de cursos de água por forma a abastecer as populações com água doce para satisfação das suas necessidades. Com o tempo, estruturas cada vez mais eficazes, como os aquedutos romanos ou até mesmo os muito eficientes sistemas de rega árabes, permitiram a populações maiores, ou populações em zonas de escassez de água, serem abastecidas a grande escala. No entanto, no século passado, começa-se a constatar que a quantidade de água que é extraída não é igual àquela que é fornecida às populações (Mendes & Santos, 2004).

No atual quadro de conjuntura económico, com a difícil situação financeira em que as sociedades modernas enfrentam, os gastos públicos tendem a ser reduzidos por forma a promover o crescimento económico e a estabilidade das contas públicas. Sendo a água um bem essencial na qual todas as pessoas devem ser abastecidas com, toda e qualquer medida que possa permitir uma redução significativa do custo deve ser aplicada. Deste modo, a redução das perdas de água, quer nas próprias unidades de tratamento quer nos sistemas de adução e de distribuição, trará benefícios económicos para toda a população por via de um melhor aproveitamento dos dinheiros públicos e por via de uma diminuição das tarifas de captação de água aplicada ao consumidor final. De acordo com a teoria marginalista de Kneese, aceita-se corretamente que a maximização do bem-estar da comunidade pode ser alcançada, para uma dada distribuição de rendimentos e num sistema de mercado funcionando corretamente, desde que os diversos consumidores e produtores procurem racionalmente maximizar a sua própria (Cunha et al., 1980).

Segundo Drumond, em todo o mundo um terço da água potável é perdido, o que corresponde a 49 mil milhões de metros cúbicos, que em valores monetários representam cerca de 11 mil milhões de euros por ano (Drumond, 2013). Em Portugal, segundo entidade reguladora dos serviços de águas e resíduos (ERSAR), perdem-se cerca de 300 milhões de metros cúbicos de

água todos os anos, com uma tendência crescente dado o aumento de redes de distribuição resultante do aumento de consumidores de água de rede. O Banco Mundial estimou um investimento superior a seiscentos mil milhões de euros para o investimento mundial, na década passada, para o controlo e redução das perdas de água em sistemas de abastecimento (Alves, 2010).

Um estudo conduzido por Covas em 1998 e citado em (Costa, 2007) refere que o conceito de perdas de água é entendido como “(...) *sendo o volume de água perdido, avaliado pela diferença entre o volume de água entrado no sistema de abastecimento e o volume de água medido e estimado à saída, para os diferentes serviços de percurso (...)*”.

Tendo em consideração a dimensão económico-financeira resultante das perdas de água, têm sido efetuados várias iniciativas de controlo ativo de perdas, uma vez que a água tratada perdida possui um elevado valor patrimonial, com custos de operação, tratamento e de manutenção muito significativos, com gastos de reagentes, de recursos humanos e energéticos. Segundo Alegre *et al* quando as entidades gestoras desconhecem o real valor das suas perdas, tendem a subestimar o seu impacte, não sendo considerado significativo nos balanços hídricos efetuados, desvalorizando a sua dimensão económica. No entanto, nos dias de hoje o aumento dos custos de tratamento e de transporte de água são cada vez mais caros e com isso tendem a ter uma maior expressão e preocupação nas políticas internas das entidades gestoras, contribuindo para uma maior racionalização da água, com uma maior eficiência de tratamento e distribuição (Alegre et al., 2005). Esta mudança de mentalidades deve-se muito em conta à alteração dos sistemas de gestão, onde as entidades de distribuição passaram a ter de comprar água a entidades produtoras.

Por forma a obter uma melhor compreensão dos termos aplicados neste estudo, segue-se um conjunto de definições (ver figura 2) que melhor dão a entender todas as componentes no estudo de perdas de água, que também podem ser consultadas com maior detalhe no anexo 1.

Segundo a IWA, as perdas de água podem ser divididas em dois tipos: perdas reais e perdas aparentes. Consideram-se *perdas reais* as perdas físicas que correspondem aos volumes de água que são perdidos por vazamentos, fugas, fissuras, hidrómetros, sistema pressurizados, desde a captação da água até ao consumidor desta. As *perdas aparentes* resultam de perdas não-físicas, ou seja, todas aquelas perdas económicas/comerciais resultantes de consumos não autorizados,

furtos, erros de medição e de leitura, estimativas mal efetuadas, consumos não autorizados que podem resultar do combate a incêndios, lavagem de pavimentos públicos, lavagem de reservatórios, aplicação em fontes e chafarizes de domínio público, no fundo, toda a água que é entregue sem que gere receita por parte da entidade gestora (Drumond, 2013). A *água produzida* corresponde ao volume de água tratada que é injetada nas condutas de adução ou simplesmente transferida diretamente ao sistema de distribuição. É entendido como *água tratada* o volume de água, após passar por todo o sistema de tratamento, que é transferido para o sistema de distribuição. O *consumo autorizado* refere-se ao volume de água medido e não medido, faturado e não faturado, fornecido a todos os consumidores registados e a todos os outros que estejam autorizados ao seu uso, quer sejam domésticos, comerciais ou industriais, bem como a própria entidade gestora. A *água não faturada* corresponde ao volume de água que resulta da diferença entre a água de entrada no sistema de distribuição e o consumo autorizado faturado, incluindo as perdas reais, as perdas aparentes e o consumo autorizado não faturado (Alegre et al., 2005).

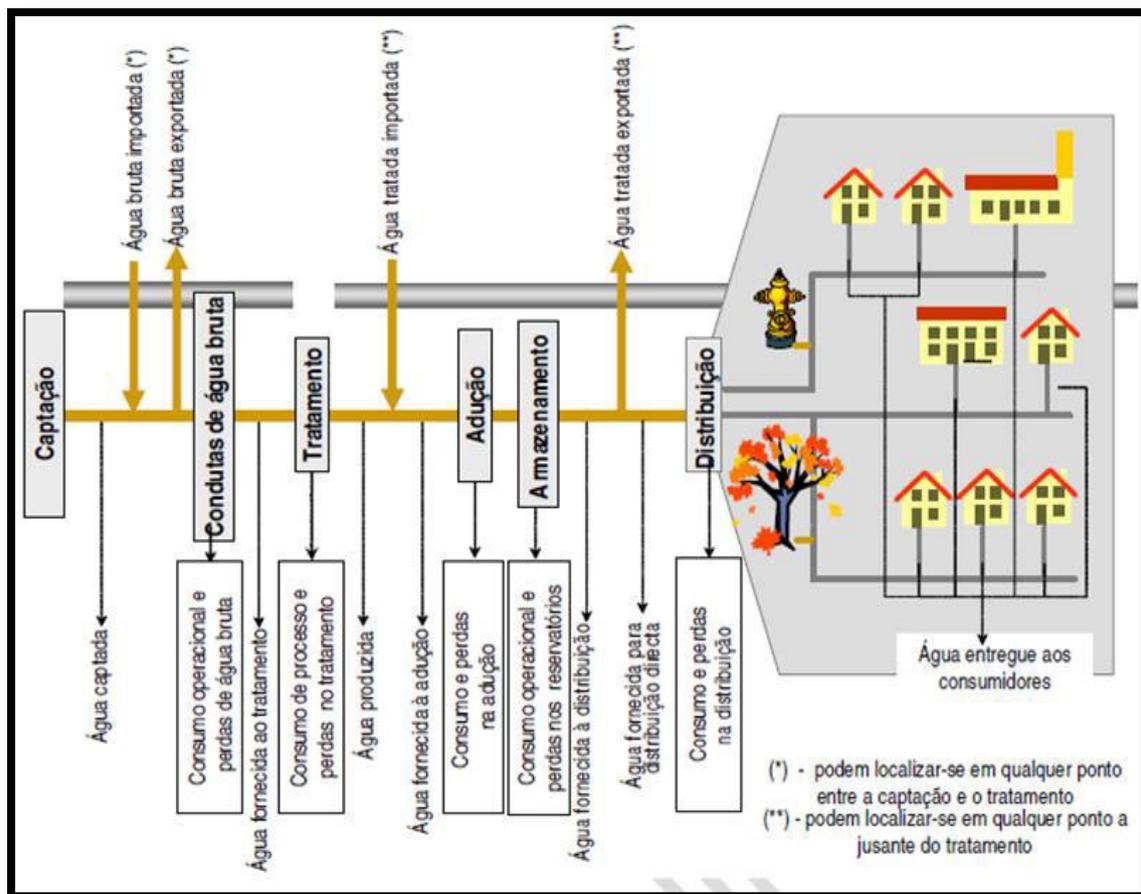


Figura 2 - Componentes do Estudo de Perdas de Água (Alegre et al., 2005).

2.1.1. Perdas Reais de Água

São vários os fatores que podem influenciar as perdas reais de água.

- O estado das condutas e outros componentes;
- O material que compõe as redes de distribuição de água;
- A frequência de fugas e de roturas;
- A pressão de serviço média, quando o sistema está pressurizado;
- A densidade e comprimento médio de ramais;
- A localização do medidor domiciliário no ramal;
- O comprimento total de condutas;

- O tipo de solo e as condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;
- A percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (fator muito relevante em regiões com abastecimento intermitente).

A identificação dos componentes das perdas reais pode ser subcategorizada em perdas base (que se referem a pequenas fugas não detetáveis com aparelhos de deteção tipicamente disponíveis, caracterizados por caudais baixos, de longa duração e de volumes elevados), perdas por fugas e roturas reportadas (correntemente caracterizadas como caudais elevados, de breve duração com volumes moderados), perdas por fugas e roturas passíveis de identificação por deteção ativa de fugas (correntemente caracterizadas por caudais médios, com duração e volume dependente da política de controlo ativo de perdas seguido e fugas e volumes de extravasamento ocorridos em reservatórios).

2.1.2. Perdas Aparentes

Refere-se a todas as imprecisões associadas às medições de água produzida e consumida (condições sanitárias, descalibração dos aparelhos de contagem, qualidade da água, mau dimensionamento e/ou instalação de contadores, aplicação de métodos de leitura ineficientes, etc.), e ao consumo não autorizado (furto/uso ilícito) (Gomes, 2011).

2.1.3. Componente do Balanço Hídrico

Dada à ambiguidade existente entre os componentes hídricos instaurados por diferentes entidades quer ao nível internacional, quer ao nível nacional, torna-se necessário a aplicação de uma terminologia universal que garanta uma clara definição de cada conceito e respetivo método de cálculo.

Segundo uma publicação de (Alegre et al., 2005), são necessárias algumas etapas para efetuar o cálculo das perdas de água e da água não faturada, etapas essas que estão a seguir resumidas, para construção da tabela 1.

1. Estabelecer os limites exatos do sistema (rede) a auditar, com definição do período de estudo (normalmente 1 ano).
2. Determinação do volume de água de entrada no sistema, introduzindo esse valor na coluna A.
3. Inserir os valores de consumo faturado medido e do consumo faturado não medido, na coluna D. O total desses valores são introduzidos como consumo autorizado faturado na coluna C e água faturada na coluna E.
4. O volume de água não faturada (coluna E) é obtido pela subtração da água faturada (coluna E) à água de entrada no sistema (coluna A).
5. Inserir os valores de consumo não faturado medido e o consumo não faturado não medido na coluna D e registrar o total em consumo autorizado não faturado – coluna C.
6. O consumo autorizado (coluna B) é calculado pela soma do consumo autorizado faturado e do consumo autorizado não faturado, coluna C.
7. Da diferença entre a água de entrada no sistema (coluna A) e o consumo autorizado (coluna B) obtém-se o valor das perdas de água (coluna B).
8. Com os valores das somas de usos não autorizados e de erros de medição, na coluna D, obtém-se o resultado das perdas aparentes na coluna C.
9. As perdas reais (coluna C) obtém-se pela subtração das perdas aparentes (coluna C) e das perdas de água (coluna C).
10. Com a aplicação de metodologias disponíveis, proceder à avaliação das perdas reais. Estas metodologias podem ser a análise de caudais noturnos, dados de medição zonada, modelação de perdas, etc.

Por questões que se prendem com o desfasamento de resultados o período de balanço hídrico deverá completar 12 meses, representando a média anual de todos os componentes.

Tabela 1 - Método de Cálculo dos Volumes de Água do Sistema (Alegre et al., 2005)

A	B	C	D	E
Água entrada no sistema [m ³ /ano]	Consumo autorizado [m ³ /ano]	Consumo autorizado facturado [m ³ /ano]	Consumo facturado medido (incluindo água exportada) [m ³ /ano]	Água facturada [m ³ /ano]
			Consumo facturado não medido [m ³ /ano]	
		Consumo autorizado não facturado [m ³ /ano]	Consumo não facturado medido [m ³ /ano]	Água não facturada (perdas comerciais) [m ³ /ano]
			Consumo não facturado não medido [m ³ /ano]	
	Perdas de água [m ³ /ano]	Perdas aparentes [m ³ /ano]	Consumo não autorizado [m ³ /ano]	
			Perdas de água por erros de medição [m ³ /ano]	
		Perdas reais [m ³ /ano]	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
		Fugas nos ramais de ligação (a montante do ponto de medição) [m ³ /ano]		

Os mais variados tipos de perdas que podem ocorrer num sistema de abastecimento de água podem ser visualizados na figura 3. Os fatores que podem influenciar as perdas de água estão relacionados com a topografia dos terrenos onde as condutas se inserem, a densidade dos ramais existentes, o comprimento das condutas, a pressão média de serviço aquando da pressurização do sistema, a qualidade de operação e de manutenção do sistema de abastecimento, a duração média e a frequência com que ocorrem as roturas, entre outros fatores.

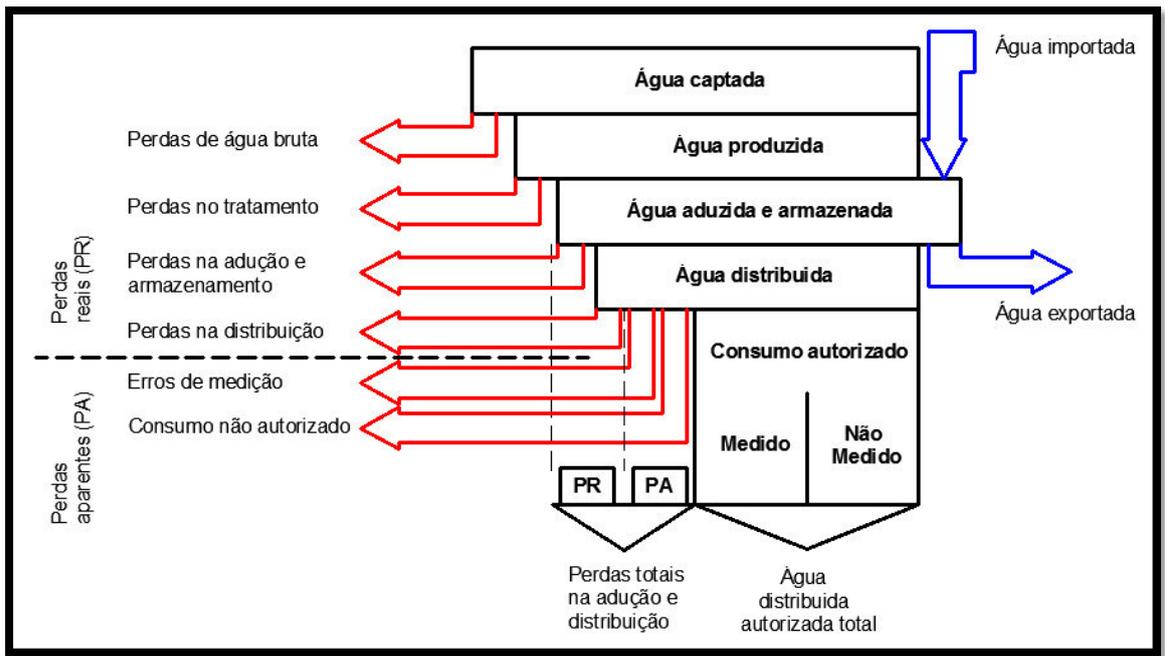


Figura 3 - Variados tipos de perdas que podem ocorrer nos sistemas de abastecimento de água (Gomes, 2011).

2.1. Panorama Nacional

Em Portugal Continental, a procura anual de água é cerca de 7 500 milhões de metros cúbicos, sendo a agricultura (valores superiores a 80 %) o setor nacional que mais água consome, sendo que, em termos de custos energéticos é o setor urbano aquele que requer maiores investimentos.

Através de um estudo elaborado pela ERSAR, em entrevista à *Agência Lusa*, a entidade reguladora dos sistemas de abastecimento informa que, em Portugal, um terço da água distribuída não é faturada, quer por ser perdida nas redes de distribuição, quer por não serem efetuadas exigências de pagamento ao cliente. Isto reflete-se em custos na ordem dos 170 milhões de euros por ano. Segundo Jaime Melo Batista, presidente da entidade reguladora, em 2013, os valores de perdas “aceitáveis” internacionalmente rondam os 15 %, da totalidade do valor distribuído. Em Portugal, a média é de aproximadamente o dobro, embora em termos geográficos não haja homogeneidade nos valores de perdas de água. Segundo Melo Baptista, a região Norte portuguesa apresenta os casos mais problemáticos, com perdas que podem chegar aos 80 %. Em contrapartida, as áreas urbanas do Centro, Lisboa e Vale do Tejo apresentam os melhores valores de desempenho.

Os concelhos de Celorico de Basto, Murça e Macedo de Cavaleiros são aqueles que apresentam pior cotação, com água não faturada na ordem dos 70 % - fonte ERSAR. Por oposição a EPAL (empresa portuguesa de águas livres) no centro de Lisboa, apresenta perdas na ordem dos 10 % da totalidade de água distribuída.

Segundo Melo Baptista, a rede de distribuição de água tratada apresenta cerca de 50 ruturas por cada 100 km de conduta, conduzindo a um desperdício em cerca de 850 milhões de metros cúbicos de água que é captada, tratada, transportada, armazenada e distribuída às populações, sendo cerca de 300 milhões de metros cúbicos de água que não chegam ao consumidor final.

No que diz respeito aos tipos de situações de não faturação por parte das entidades gestoras, deve-se sobretudo à falta de investimento na manutenção dos sistemas de distribuição de água, causando a degradabilidade destes sistemas. Estas razões dizem respeito às perdas físicas por roturas ou fissuras nas condutas de distribuição, imprecisão nos sistemas de medição ou mesmo por uso ilícito por parte das populações. No mesmo contexto também ocorrem variadas perdas comerciais resultantes da não faturação de lavagens de ruas, sistemas de rega municipal,

alimentações de fontes públicas (ou fontanários), lavagens de condutas e/ou coletor municipal de esgotos, ou até mesmo no auxílio dos bombeiros para combate a incêndios florestais.

Embora muitos destes consumos não faturados possam para o senso comum parecerem justificáveis, para a ERSAR, “Toda a água consumida deve ser faturada, até porque ao não faturar a consumidores municipais, na prática estamos a dizer que devemos faturar um pouco mais aos restantes consumidores”, destaca Melo Batista na sua entrevista.

Por outro lado, o valor cobrado pelas entidades gestoras ao cliente, muitas vezes não é suficiente para cobrir as despesas existentes na captação, tratamento (elevação se for o caso) e adução de água tratada, agravando ainda mais a situação financeira destas entidades, não estando depois capacitadas de fazer face aos problemas de perdas de água existentes nos seus sistemas.

A ERSAR conclui que os serviços em alta (serviço abrangido desde a captação até ao reservatório) não apresentam níveis satisfatórios de reabilitação de condutas, com muitas entidades gestoras a apresentarem planos de ação de investimento por períodos de tempo muito curtos, e não a longo prazo como a entidade reguladora recomenda.

2.2. Entidades Reguladoras

2.2.1. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

A ERSAR é a entidade reguladora dos serviços de águas e resíduos que tem como função a regulação de todas as atividades de abastecimento público de água a toda a população, de saneamento das águas residuais urbanas e da gestão dos resíduos sólidos urbanos, contribuindo para o bem-estar e de saúde pública de todos os cidadãos e proteção do meio ambiente. Foi criada pelo Decreto-Lei n.º 207/2006, de 27 de Outubro. Tem como objetivos a defesa do consumidor dos sistemas multimunicipais e municipais, assegurando a sustentabilidade económica dos mesmos, procedendo também à regulação do sector como instrumento de intervenção do Estado português, sempre tendo em vista a defesa do interesse público nacional. Esta regulação da atividade permite a promoção de um serviço de qualidade por parte das entidades gestoras, quer pelo produto e/ou serviço que fornecem, quer pelas tarifas que aplicam ao cliente, materializada nos princípios de “*essencialidade, indispensabilidade, universalidade, equidade, fiabilidade e de custo-eficácia associada à qualidade de serviços*”. As suas ações devem no entanto salvaguardar a viabilidade económica e material das atividades gestoras, independentemente de possuírem estatuto público, parceria público-privado ou de estatuto privado. Quando chamada a atuar a ERSAR deve pautar-se pelos “*princípios da competência, isenção, imparcialidade e transparência*” sempre tendo em conta a integração das várias vertentes “*técnicas, económicas, jurídicas, ambientais, de saúde pública, sociais e éticas*”.

2.2.2. Regulamento da União Europeia para a água

A Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu de 23 de Outubro de 2000 estabelece um quadro de ação comunitária para o domínio da política da água. Estabelece um quadro para proteção das águas de interiores e de superfícies, das águas subterrâneas, das águas de transição e das águas costeiras. Tem como objetivos a redução da poluição, a sua prevenção, o uso sustentável da água, proteção do meio-ambiente, melhoria das condições dos ecossistemas aquáticos e a atenuação dos efeitos de secas e das inundações. O seu principal objetivo é *“alcançar um “bom estado” ecológico e químico de todas as águas comunitárias até 2015”*. Todos os Estados-Membros deverão recensear todas as suas bacias hidrográficas fazendo a sua associação em regiões hidrográficas. As bacias hidrográficas que abrangem mais do que uma nação deverão ser incorporadas em região hidrográfica internacional, designando cada Estado-Membro uma autoridade nacional competente que incentive e faça cumprir as regras previstas nesta diretiva-quadro, em cada região hidrográfica. Por volta de 2004 todos os Estados-Membros tiveram de proceder à análise das características de cada região hidrográfica, efetuar um estudo de impacte da atividade humana sobre as águas, uma análise económica da utilização das mesmas e um recenseamento de todas as massas de água destinadas à captação de água para abastecimento público cujo fornecimento exceda os 10 m³ diários de água, ou promovem um abastecimento de, no mínimo, 50 pessoas. Todas estas análises foram revistas em 2013 e serão revistas novamente de 6 em 6 anos.

Com base dos resultados obtidos em 2004, foram elaborados planos de gestão para cada uma das regiões hidrográficas dos Estados-Membros, por um período de 6 anos a contar de 2009. Estes planos devem ser executados com vista a prevenir a deterioração das massas de água melhorando a sua qualidade através da garantia de um bom estado químico e ecológico, prevenindo a emissão de descargas e emissões de substâncias nocivas para a qualidade dos ecossistemas aquáticos. Esta diretiva contempla ainda em anexo uma lista de substâncias consideradas de *“poluentes prioritários”* os quais constituem um risco elevado para os ecossistemas aquáticos.

2.2.3. Agência Portuguesa do Ambiente

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA) é a Autoridade Nacional da Água exercendo também funções de Autoridade Nacional de Segurança de Barragens. Como Autoridade Nacional da Água tem as seguintes atribuições:

- Propor, desenvolver e acompanhar a execução da *política nacional dos recursos hídricos*, de forma a assegurar a sua gestão sustentável, bem como garantir a efetiva aplicação da Lei da Água e demais legislação complementar;
- Assegurar a *proteção*, o *planeamento* e o *ordenamento* dos recursos hídricos;
- Promover o uso eficiente da água e o *ordenamento dos usos* das águas;
- Emitir *títulos de utilização* dos recursos hídricos e *fiscalização* do cumprimento da sua aplicação;
- Aplicar o *regime económico e financeiro* dos recursos hídricos;
- Estabelecer e implementar programas de *monitorização* dos recursos hídricos;
- Gerir *situações de seca e de cheia*, coordenar a adoção de *medidas excecionais em situações extremas* de seca ou de cheias e dirigir os diferendos entre utilizadores relacionados com as obrigações e prioridades decorrentes da Lei da Água e diplomas complementares;
- Promover a *conciliação de eventuais conflitos* que envolvam utilizadores de recursos hídricos, nomeadamente, promovendo o recurso a arbitragens, cooperando na criação de centros de arbitragem e estabelecendo acordos com centros de arbitragem institucionalizados já existentes;
- Promover a elaboração e a execução da *estratégia de gestão integrada da zona costeira* e assegurar a sua aplicação ao nível regional, assegurando a proteção e a valorização das zonas costeiras;
- Prosseguir as demais atribuições referidas na Lei da Água e legislação complementar.

Fonte: (Agência Portuguesa do Ambiente, 2014)

2.3. Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água

O Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) é um plano nacional elaborado pelo Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do território, em associação com a APA, com o objetivo de promover a gestão eficiente deste recurso, por forma a garantir a sua sustentabilidade, tendo como lema “Água com futuro”. Este plano foi executado com a intensão aplicativa pelo período de 2012 a 2020 (Governo de Portugal - Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2012).

O PNUEA centra-se na preservação dos recursos hídricos através de uma redução substancial das perdas de água e na otimização do seu uso, fazendo face às exigências climáticas nacionais onde, dada a sua instabilidade provocam variadas situações de *stress* hídrico.

Entre 2000 e 2009, o setor urbano registou o mais significativo abaixamento ao nível da ineficiência dos sistemas de distribuição e de adução através da aplicação de políticas de minimização de perdas de água, como é possível verificar pela análise da figura 4.

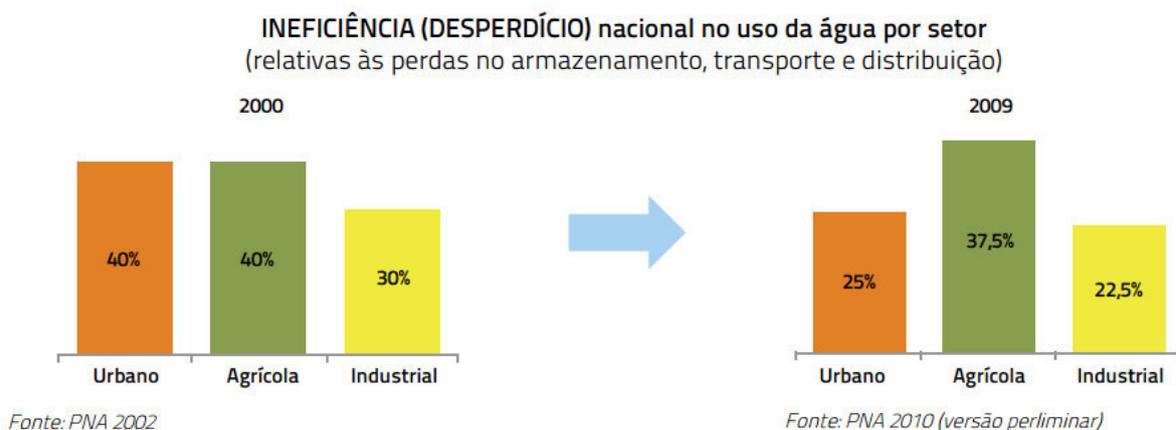


Figura 4 - Variação da ineficiência nacional no uso da água entre 2000 e 2009 (Governo de Portugal - Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2012).

No setor urbano o PNUEA tem como estratégia a redução de perdas de água no setor de abastecimento, com os seguintes objetivos específicos:

- Aumentar significativamente os conhecimentos de gestores, operadores e consumidores sobre a necessidade de redução dos gastos e das perdas de água;
- Formar, sensibilizar e informar todos os principais participantes na utilização da água.

- Proceder à aplicação de equipamentos de medição de, transmissão de informação e tratamento de dados aos sistemas de abastecimento, por forma a conhecer o seu nível de eficiência, para uma melhor atuação nos sistemas públicos de distribuição.
- Promover uma dinâmica de sucesso no processo de implementação da eficiente utilização da água, principalmente nos locais de maior concentração humana, tais como hospitais, escolas, aeroportos, entre outras, onde os custos da água não são suportados diretamente pelos consumidores e, deste modo, não estão tão sensibilizados para a sua racionalização.
- Evitar, sempre que possível, os gastos com água tratada sempre que possam ser aplicadas águas com o mesmo desempenho, na atividade em causa, tais como águas residuais tratadas ou até mesmo água da chuva.
- Promover a produção e comercialização de equipamentos normalizados e certificados que possam ser aplicados no uso eficiente de água.
- Aplicar a atribuição de premiações a equipamentos/instalações/sistemas que promovam o valor acrescentado ao nível da eficiência.

No ano de 2000 o PNEUA estimou as perdas no uso de água para o setor urbano em 40 %. As metas para 2020 pretendem alcançar os 80 % de eficiência para este setor. No entanto os resultados já alcançados em 2009 com 25 % de ineficiência do setor urbano conduzindo a uma reconsideração do Plano, permitindo a estipulação de metas mais exigentes para o ano de 2020. Referentes a um consumo anual estimado em 4 255 000 000 metros cúbicos, os objetivos do PNEUA vão permitir uma poupança global de água superior a 100 000 000 metros cúbicos anuais.

3. Sistemas de Abastecimento de Água

3.1. Subsistema de Abastecimento das Andorinhas

3.1.1. Descrição do Processo de Tratamento

O Subsistema de Abastecimento de Água das Andorinhas efetua a captação, tratamento e distribuição de água para mais de 22 000 pessoas, residentes nos concelhos de Póvoa de Lanhoso e Vieira do Minho. A captação de água bruta é efetuada no rio Ave, através de uma jangada instalada na barragem das Andorinhas, concelho de Póvoa de Lanhoso, distrito de Braga. Esta jangada efetua a captação superficial da água para posterior elevação à ETA, como é possível visualizar nas figuras 5 e 6.



Figura 5 - Zona de captação da ETA das Andorinhas.



Figura 6 - Vista do topo do local de captação de água, na albufeira das Andorinhas, concelho de Póvoa de Lanhoso.

As etapas de tratamento compreendem a remineralização, coagulação/floculação, filtração e desinfecção final (figura 7). Após tratamento a água é armazenada e distribuída pelo sistema adutor, constituído por 8 reservatórios. Esta ETA tem capacidade máxima de 75 L/s (Morais, et al., s.d.). A linha sólida é constituída por uma etapa de espessamento e outra de desidratação em leitos de secagem. As lamas desidratadas são encaminhadas para uma estação de tratamento de água residual, dada a sua reduzida percentagem de matéria seca.

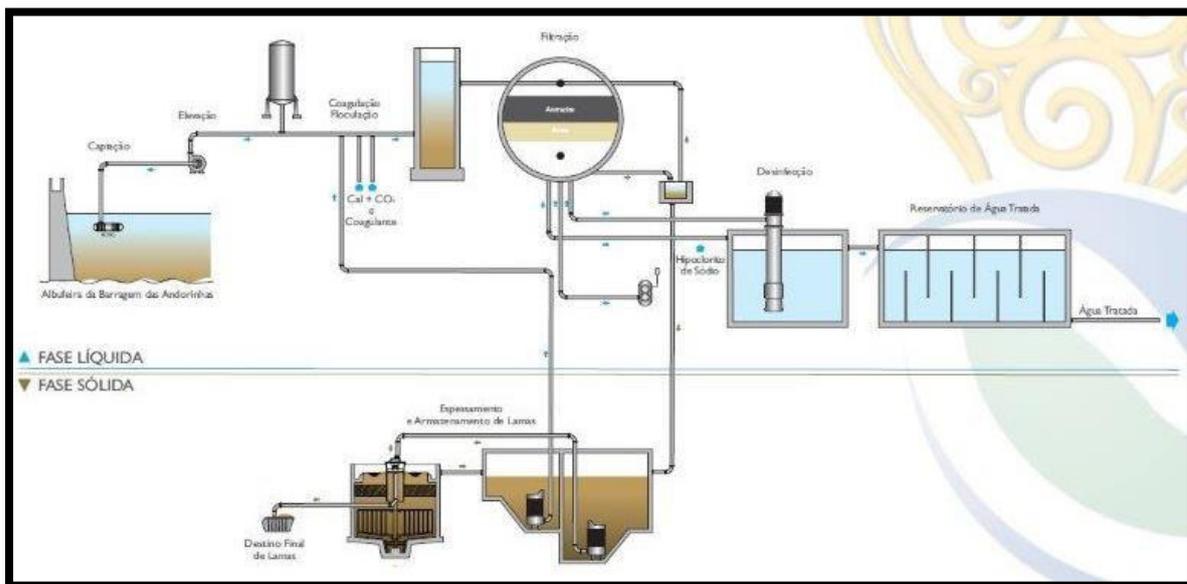


Figura 7 - Esquema de tratamento do subsistema das Andorinhas (Águas do Noroeste S.A., 2014).

À água bruta é adicionado dióxido de carbono (CO_2) e hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Este em contacto com o CO_2 origina carbonatos que vão corrigir a “agressividade” natural da água bruta, com o objetivo de promover o equilíbrio calco-carbónico da água tratada. Nesta fase os valores de pH e alcalinidade ainda não estão ajustados ao equilíbrio calco-carbónico devido à etapa posterior de coagulação, cuja gama ótima de pH é na ordem dos 6,8 – 7,20, para uma melhor *performance* do agente coagulante (*polícloro sulfato básico de alumínio*). Após coagulação segue-se uma etapa de filtração em filtros rápidos de areia e antracite que promove a remoção dos flocos formados na etapa anterior. Segue-se a desinfecção com hipoclorito de sódio. A água tratada é armazenada em reservatórios e depois distribuída ao sistema adutor. Ainda não foi implementado o ajuste final de pH e alcalinidade.

3.1.2. Resultados Obtidos

Por análise do gráfico representado na figura 8, verifica-se que à medida que se aproximam os meses de Verão, os consumos por parte dos clientes aumentam, sendo por esta razão necessário o incremento do caudal captado, por forma a satisfazer as necessidades de consumo. Entre o mês de Março, que registou o menor caudal captado, e o mês de Agosto onde foi registado o maior caudal captado, registou-se um acréscimo de 32 122 m³ de água. No período em estudo os valores de caudal captado e fornecido aproximam-se, permitindo assim uma redução no valor das perdas, mais à frente abordado com a ilustração da figura 9.

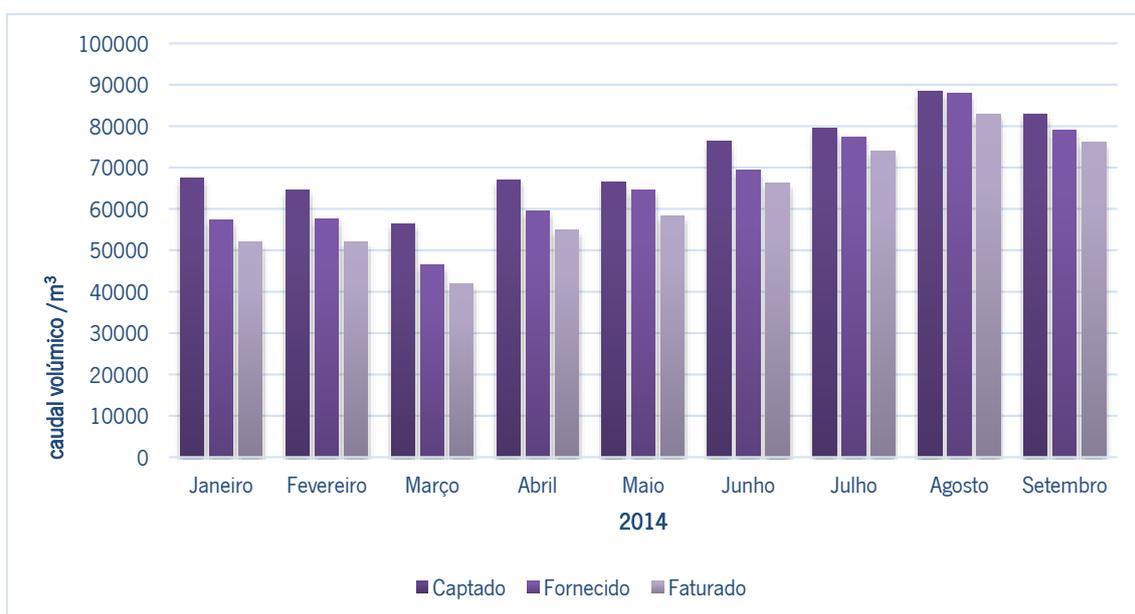


Figura 8 - Dados obtidos dos caudais captado, fornecido e faturado, de Janeiro a Setembro de 2014, do SAA das Andorinhas.

Pela análise do gráfico verifica-se uma maior diferença entre caudais captados e fornecidos do que entre os fornecidos e faturados, justificada pelo não aproveitamento da água de lavagem dos filtros. Esta situação será regularizada com o aumento da capacidade do espessador. Não estando a ser recirculada à cabeça da estação, maior será a quantidade de água captada, necessária para satisfazer as necessidades de consumo, havendo um maior gasto de reagentes e energia.

Por forma a saber qual a quantidade de água gasta no processo de lavagem de filtros, analisaram-se os valores registados pelo medidor de caudal afeto a este processo e verificou-se que o gasto mensal ronda os 3700 m³. Supondo que são lavados 3 dos 4 filtros por dia, obtém-se um consumo de 40 m³/filtro.

No seguimento do levantamento das perdas foram identificados outros gastos de água existentes na ETA:

- Água de serviço aplicada nas atividades de manutenção e operação da ETA, na ordem dos 6 m³/mês (valor estimada).
- Água necessária à alimentação dos analisadores em linha na ordem dos 868 m³/mês.

Em conjunto, a totalidade das perdas na ETA representam cerca de 4574 m³ de água gasta por mês.

Em termos financeiros, os custos energéticos associados à totalidade de água aplicada nas lavagens de filtros, pelo período de Janeiro a Setembro de 2014, equivalem a 7,40 %, do valor total gasto em energia.

Na figura 9 estão representados os valores obtidos das perdas na ETA das Andorinhas, através do cálculo do balanço hídrico. Por observação gráfica verifica-se que o valor médio mensal das perdas é da ordem dos 8,085 m³, que corresponde a 11,4 % do caudal captado. Este valor respeita, em termos de perdas de água, o recomendado pela *WWA*.

No entanto, o valor obtido através da diferença entre medidores de caudal (balanço hídrico) é significativamente diferente das perdas estimadas na ETA (4574 m³/mês). Esta diferença pode dever-se a falhas na discretização dos consumos reais na ETA (capitação e instrumentação em linha) e erros de leitura nos medidores.

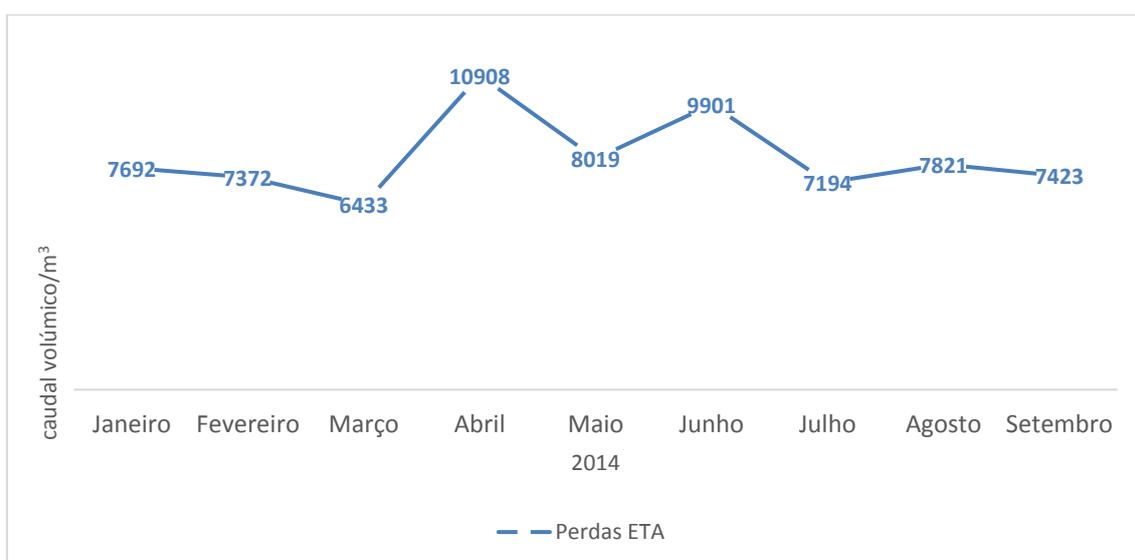


Figura 9 - Gráfico de perdas de água em metro cúbico, na estação de tratamento de água das Andorinhas.

No que diz respeito ao sistema adutor das Andorinhas que abastece a quase totalidade do concelho da Póvoa de Lanhoso e algumas freguesias do concelho de Vieira do Minho, as perdas contabilizadas devem-se à instrumentação em linha operacional em 3 reservatórios com um consumo total de água de 30 L/h por analisador, correspondendo a um total 64,8 m³/mês. Neste subsistema não existem perdas reais nos reservatórios de abastecimento, nem registo de roturas na rede durante o período em estudo.

Pela análise da figura 10 onde estão representados os valores de perdas de água no sistema adutor. Estes variam entre 0 m³ nos meses de Julho, Agosto e Setembro e 5480 m³ no mês de Fevereiro. Em termos percentuais estes valores de perdas variam entre 0 a 10 por cento, da totalidade da água fornecida à rede de distribuição. Esta diferença não se deve a alterações ao nível processual ou operacional e pode justificar-se pela avaria no medidor de caudal de saída da ETA, substituído no final do mês de Março. O caudal “perdido” no sistema adutor nos meses anteriores foi obtido por estimativa, considerando o valor médio das perdas na ETA de 11,4 %.

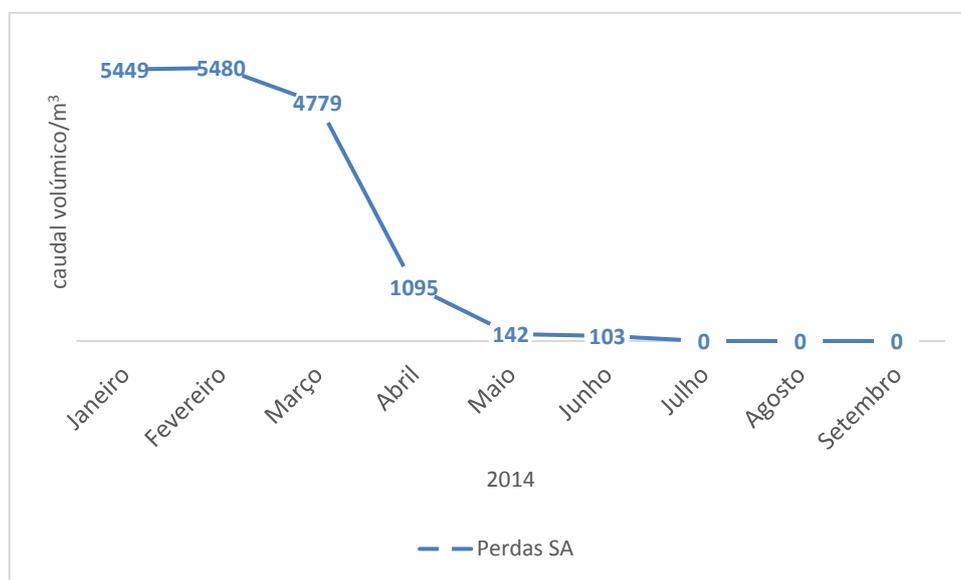


Figura 10 - Gráfico de perdas de água por metro cúbico de água, no sistema Adutor das Andorinhas.

Para o estudo dos gastos energéticos no SAA das Andorinhas, são apresentados no gráfico da figura 11 os valores das perdas de água convertidos em percentagem de custos, por mês, permitindo assim uma maior e melhor perceção do valor financeiro das perdas de água.

Para o cálculo dos custos de energia não foram contabilizados os custos com a energia reativa, uma vez que estão a ser implementadas ações no sentido de eliminar este encargo, com a instalação de baterias de condensadores, com retornos inferiores a 2 anos.

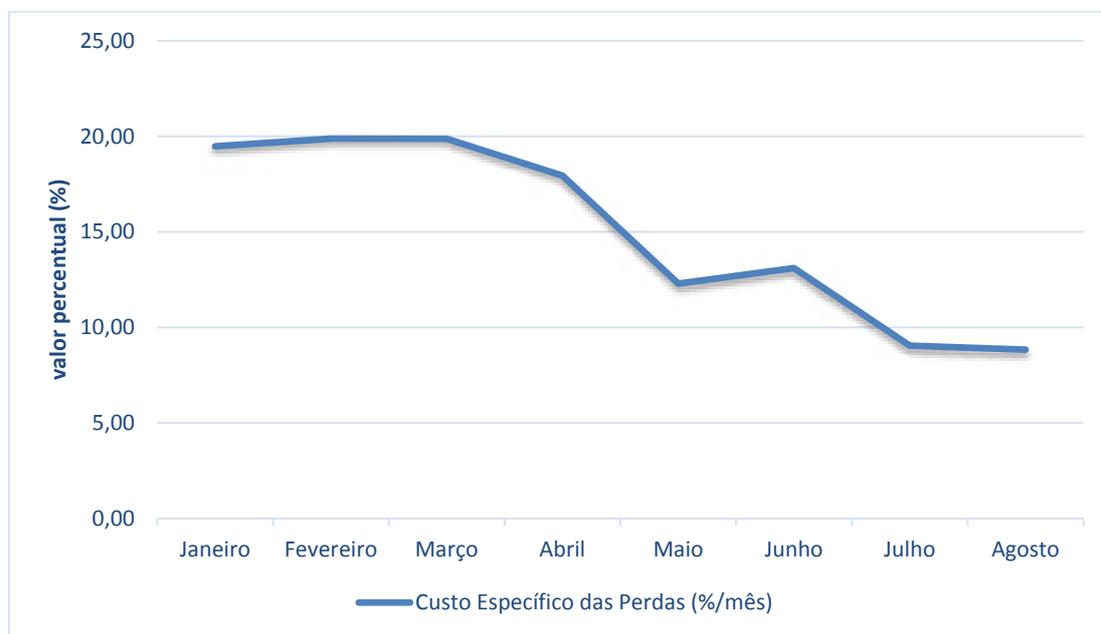


Figura 11 - Custo mensal em valores percentuais, das perdas de água no SAA das Andorinhas.

Os custos energéticos das perdas de água representam entre 8,8 % a 20 % dos custos globais em energia, tendo sido verificada tendência decrescente destes valores desde o início do presente ano.

Janeiro, Fevereiro e Março foram os meses com maiores custos, tendo o seu valor ultrapassado os 19 % do total do valor despendido em custos energéticos. Por sua vez em Agosto verificou-se que apenas 8,8 % dos custos energéticos tiveram a sua aplicação em perdas de água.

Para o cálculo dos consumos específicos, tendo por base os registos dos consumos energéticos no SAA das Andorinhas, foi elaborado o gráfico da figura 12, onde é possível visualizar, em função do mês, os consumos específicos em euros por quilowatt-hora, euros por metro cúbico e quilowatt por metro cúbico. Neste SAA o custo por metro cubico de água ronda os 0,076 euros, enquanto o custo por quilowatt ronda os 0,12 euros.

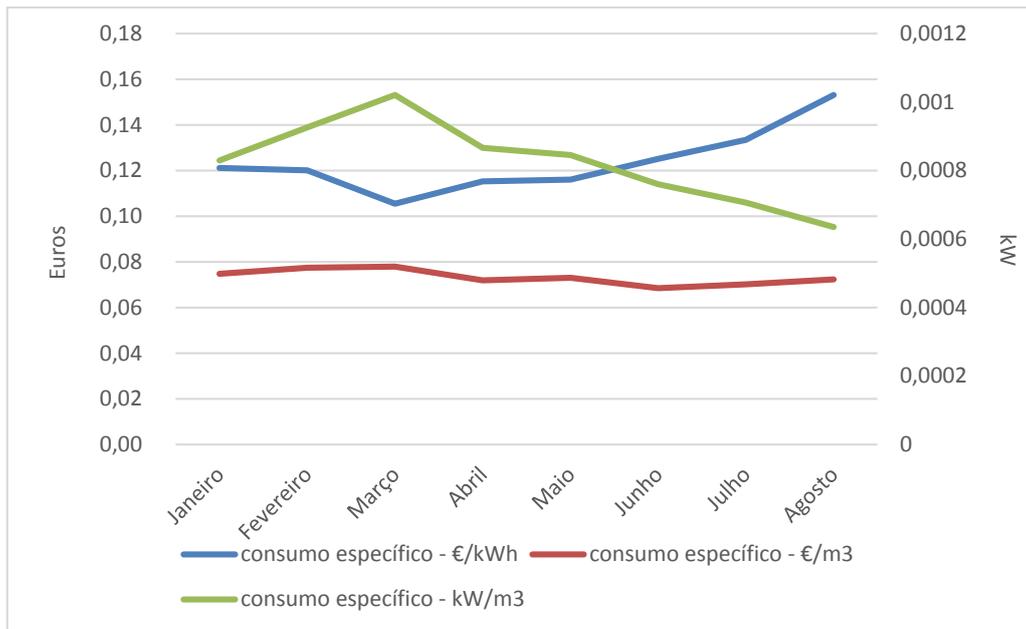


Figura 12 - Consumos específicos, em função do mês, do sistema de abastecimento de água das Andorinhas em euros por kWh, euros por metro cúbico e kW por metro cúbico.

3.1.3. Medidas de Minimização

Na tabela 2 estão representadas ações e os respectivos impactos ambientais associados na política de minimização de perdas. As perdas de água existentes no SAA das Andorinhas poderiam ser reduzidas através da recirculação da água de lavagem dos filtros. Desta forma a água perdida seria conduzida ao espessador e o clarificado enviado à cabeça da estação, evitando-se a perda de 3700 m³/mês, com uma poupança significativa ao nível financeiro.

Por outro lado, a água de captação deveria ser contabilizada por forma a garantir uma melhor e mais eficiente gestão e racionalização desta água, permitindo assim ter uma noção mais abrangente da quantidade de água gasta para as mais variadas atividades de operação da ETA.

No que diz respeito às perdas resultantes da alimentação da instrumentação em linha, essa água deveria retomar à origem. Nos reservatórios do sistema adutor dever-se-ia implementar sistema de bombagem que premisse a reintrodução no reservatório da água que alimenta a instrumentação em linha, de modo a garantir que não sejam perdidos diariamente um total de 932 m³ de água.

Por outro lado, sempre que estas perdas existam, deveriam de ser quantificadas através da sua medição, quer seja por medição direta/estimativa, quer se apliquem *softwares* que promovam o seu cálculo.

Na tabela 2 estão resumidas as medidas de minimização para redução das perdas no SAA das Andorinhas.

Tabela 2 - Medidas de redução do impacto financeiro e ambiental a serem aplicadas no SAA das Andorinhas - (Verde - sem efeito; Vermelho - impacto negativo; Azul - impacto positivo)

	Perda	Ação	Impacte Financeiro	Impacte Ambiental
ETA	Água de lavagem dos filtros	Recircular à cabeça da estação	Poupança de energia e reagentes	Poupança de recursos naturais
	Instrumentação em linha	Reintrodução no processo	Poupança de energia e reagentes	Poupança de recursos naturais
	Capitação	Quantificação e introdução de políticas de minimização	Custos de instalação do medidor de caudal	Redução da água utilizada nos serviços
				Fabrico e transporte do medidor de caudal
Adutor	Instrumentação em linha	Reintrodução no processo	Custos de aquisição do equipamento e custos energéticos associados à bombagem	Fabrico e transporte da bomba e do reservatório
				Redução da água perdida
	Roturas	Quantificação da água perdida	Ausente	Poupança de recursos naturais

3.2. Subsistema de Abastecimento de Queimadela

3.2.1. Descrição do Processo de Tratamento

A ETA de Queimadela, ilustrada na figura 13, situa-se no concelho de Fafe, distrito de Braga, e promove o abastecimento de água à maioria das freguesias de Fafe. Foi inaugurada em 1999 mas só entrou em funcionamento em 2006. O seu projeto prevê o abastecimento até 2038 com capacidade para servir um universo de 65 00 habitantes (Morais, et al., s.d.). A captação de água a tratar é feita na albufeira de Queimadela, inserida no rio Vizela, construída em 1993 com a finalidade de represa de água. O volume de pleno armazenamento da barragem é de 813 000 m³, sendo a área inundada de 11 hectares e a altura de açude de 25 m. Esta barragem situa-se a apenas 5 km da nascente do rio Vizela, razão pela qual não apresenta contaminações de água.

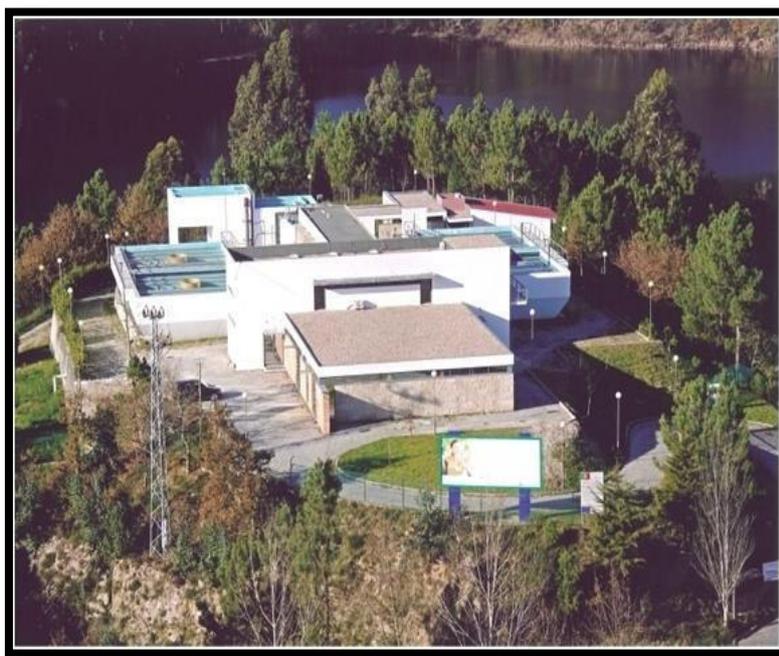


Figura 13 - Vista Superior da Estação de Tratamento de Queimadela, com todas as etapas do processo e barragem de Queimadela (Morais, et al., s.d.).

Por forma a fornecer uma água de qualidade para as populações não apresentando riscos para a saúde e que respeite a legislação em vigor, a água bruta captada da barragem de Queimadela é submetida a uma série de processos físico-químicos sendo eles a pré-oxidação, remineralização,

coagulação/floculação, adsorção por carvão ativado em pó (CAP), decantação, filtração, desinfecção e ajuste final de pH. Existem duas linhas de tratamento iguais, cada uma composta por uma câmara de mistura rápida, dois decantadores de leito de lamas e três filtros rápidos de areia. O esquema do processo de tratamento encontra-se representado na figura 14.

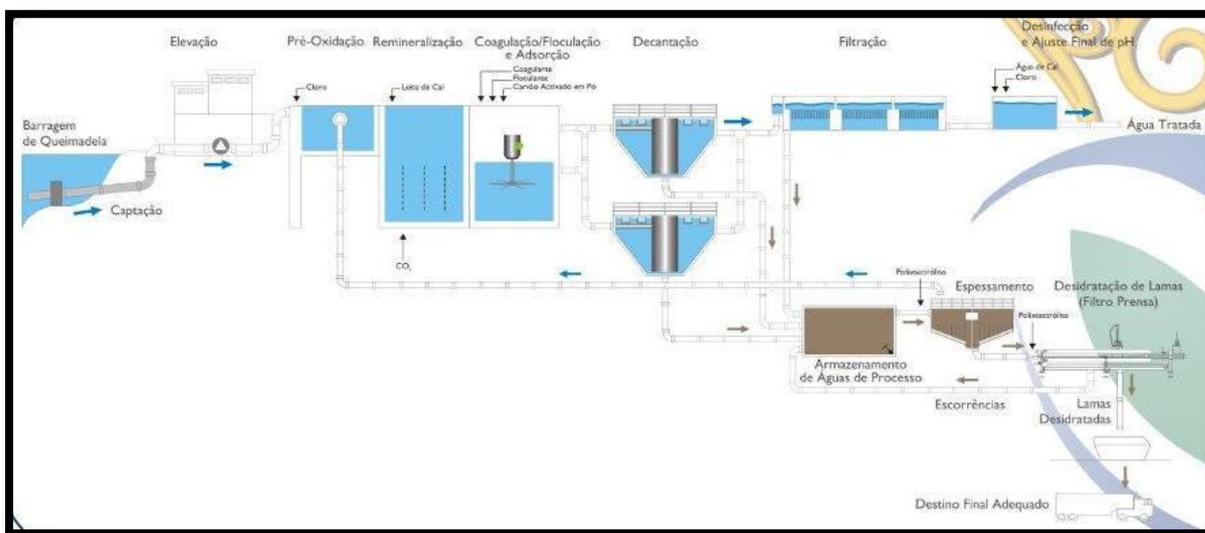


Figura 14 - Esquema de tratamento da ETA de Queimadela (Águas do Noroeste S.A., 2014).

A água é então captada da barragem de Queimadela e elevada à estação de tratamento por dois grupos eletrobomba. Na estação de tratamento de água é adicionado à água bruta cloro na pré-cloragem sob forma de gás, que é transportado por fluxo de água. O cloro permite a desinfecção da água prevenindo assim o crescimento microbiano, prejudicial à saúde. Segue-se um processo de remineralização da água (uma vez que a água bruta desta albufeira é pouco mineralizada) através da adição de CO_2 (em fluxo ascendente). Na câmara de mistura rápida é adicionado hidróxido de cálcio, sob a forma de leite de cal, por forma a incrementar a alcalinidade da água bruta, ajustando desta forma o pH para o valor ótimo de ação do agente coagulante (*polícloro sulfato básico de alumínio* (WAC-AB)) que também é adicionado à câmara de mistura. Este agente coagulante promove a agregação das partículas existentes na água, por forma a serem decantadas na etapa seguinte de tratamento. Aquando a época de estio, ocorre o crescimento de algas resultante do aumento da sua atividade fotossintética por incremento do número de horas de sol. Estes protozoários quando presentes em maiores quantidades tornam-se mais difíceis de eliminar das etapas de tratamento, fazendo com que seja necessário introduzir CAP ao sistema, permitindo

assim a redução dos níveis de cor, turvação, odores, sabores e de matéria orgânica presente na água.

Todos estes componentes aqui adicionados e misturados (com auxílio de um agitador) seguem para a etapa de decantação. Nesta etapa, a água com os reagentes são adicionados a um decantador de manto de lamelas com 378 m³ de volume unitário, onde a água e os reagentes entram para um compartimento central. Por gravidade os reagentes e a água misturados anteriormente descem o compartimento central até ao fundo do decantador. Desta forma aumenta-se o contacto entre a água e reagentes aumentando assim a eficiência da floculação. Ao sair do compartimento central, o fluxo ascendente gerado conduz à passagem da água pelo manto de lamelas onde as partículas maiores ficaram retidas. O tempo de retenção hidráulica é de 120 minutos e a velocidade de decantação é de 2 m³/m²/h, ao caudal máximo da estação (375 m³/h em cada linha). As partículas em suspensão conseguem passar por este manto e são recolhidas juntamente com a água nas caleiras que encaminham a água para os filtros de areia de monocamada.

Na filtração a água entra pela parte superior do filtro efetuando a passagem de 1 a 1,20 metros de areia, ficando as partículas mais pequenas retidas nos filtros. A área filtrante é de 20 m² e a carga hidráulica superficial é de 6,25 m³/m²/h, ao caudal máximo da estação. Esta ETA dispõe de 6 filtros (3 para cada linha).

Cada filtro necessita de passar por um processo de lavagem de 72 em 72 horas (aproximadamente). Nesta lavagem, inicialmente é injetado ar em fluxo ascendente, através de 2 compressores, fazendo a separação do lixo retido da areia. Posteriormente adiciona-se água tratada juntamente com o ar para remover as partículas desagregadas. Na etapa final é bombada apenas a água em contracorrente, retirando a sujidade existente.

Após esta etapa faz-se a adição de cloro gasoso para a desinfecção final e ainda a adição de cal para ajuste do pH (etapa essa que ainda não se encontra em funcionamento). Existem 2 reservatórios de água (um para cada linha de tratamento) com capacidade unitária de 405 m³. Após desinfecção final, a água está assim pronta a ser elevada aos reservatórios, com auxílio de 2 grupos eletrobomba centrífuga, para posterior distribuição e consumo. Nos reservatórios mais afastados é necessária a recloração da água, uma vez que o cloro vai-se perdendo ao longo das

condutas de abastecimento. Existem cerca de 22 reservatórios de água tratada e 6 EE dispersos pelos cerca de 70 km de sistema adutor.

A água resultante da lavagem de filtros e de descargas pontuais de decantadores segue para a linha de tratamento de lamas. A linha de tratamento de lamas dispõe de um tanque de águas mistas onde são recolhidas as águas de lavagem dos filtros e as descargas de lamas do manto e de fundo dos decantadores. Este tanque dispõe de um misturador que impede a deposição de sólidos e um grupo eletrobomba que eleva o fluido para o espessador onde é adicionado polímero que permite a floculação das partículas, por forma a decantarem e seguirem para o filtro de prensa onde são desidratadas e posteriormente enviadas para aterro. A água clarificada do espessador é encaminhada para um tanque onde é armazenada e posteriormente reintroduzida no processo de tratamento, na etapa de pré-oxidação. As lamas espessadas são desidratadas num filtro prensa e encaminhadas para destino final adequado (aterro sanitário).

3.2.2. Resultados Obtidos

Por forma a proceder à quantificação dos gastos internos de água na ETA, começou-se por efetuar medições do caudal de água de lavagem de filtros. Para tal, recorreu-se à utilização de um aparelho ultrassónico (*Innova-Sonic™ Model 210i*) que recorria a medições ultrassónicas da tubagem (Sierra Instruments , 2011) por onde era introduzida a água dos filtros. O aparelho aplicado pode ser visualizado na figura 15.

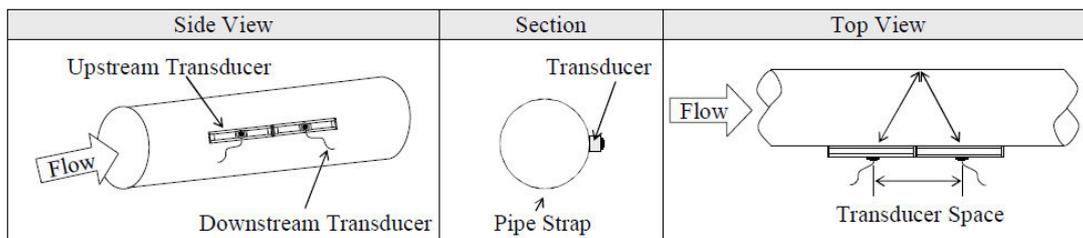


Figura 15 - Kit de medição ultrassónica de caudal.

A lavagem de filtros requer a utilização de água tratada, que permita assim retirar a maior parte dos resíduos acumulados nas areias do filtro. Assim sendo previne-se o crescimento de microrganismos nos filtros, que de uma forma geral poderiam ser potenciais contaminadores da água filtrada, aumentando assim as necessidades de adição do agente desinfetante. De modo a evitar gastos desnecessários de água (e consequentemente de energia que é necessária à bombagem da água de limpeza, bem como da água que depois é reintroduzida no sistema por via da linha de lamas) pretende-se proceder à otimização dos filtros de lavagem, permitindo uma melhor remoção de partículas acumuladas com o menor gasto de água e de energia possível.

Inicialmente procedeu-se à introdução dos dados no aparelho sobre a conduta onde as medições são efetuadas. O material da conduta é de aço fundido, com espessura de 8 mm e com diâmetros de 200 mm. Posteriormente, escolhe-se o método de medição aplicar. O método escolhido foi medição em “V” – representado na tabela 3 - por ser o mais comum de aplicar e proporcionar uma medição mais precisa, sendo utilizado para diâmetros entre os 50 mm e os 400 mm, estando a conduta medida dentro desta gama de valores.

Tabela 3 - Medição em “V” do caudal de água (Sierra Instruments , 2011)



Após a introdução dos dados no aparelho e a seleção do método procedia-se à instalação, como demonstrado na figura 16. Posteriormente, aplicava-se um gel na conduta e no transdutor (que efetuava a medição) para uma melhor leitura. Os dois transdutores eram colocados lado a lado, o sinal era emitido por um dos transdutores, e era volvido ao segundo transdutor após ricochete na parede da conduta oposta aos transdutores. Para garantir legitimidade dos dados fornecidos pelo aparelho, foram feitas medições em dois locais diferentes da conduta (figuras 17).



Figura 16 - Aplicação do aparelho ultrassônico na conduta de água de lavagem dos filtros.



Figura 17 - Aplicação do aparelho ultrassônico num outro local de medição do caudal de água de lavagem de filtros.

Constatou-se assim que cada filtro gasta aproximadamente $230 \text{ m}^3/\text{h}$ em cada lavagem, sendo que cada lavagem demora aproximadamente 13 minutos, perfazendo então um total de $49,83 \text{ m}^3$ por filtro. Estão 5 filtros operacionais, contabilizando as 10 lavagens realizadas a cada filtro por mês (em média), verifica-se que os gastos de água na lavagem de filtros são de $2500 \text{ m}^3/\text{mês}$.

Um outro consumo autorizado não medido é água de serviço. Esta água engloba toda a água gasta nas infraestruturas da ETA e atividades de limpeza da instalação.

Por outro lado, ao longo do processo de tratamento existe instrumentação em linha e pontos de amostragem para colheita de amostra para análise laboratorial. A água recolhida para as análises, embora não seja reintroduzida no sistema, não apresenta volumes significativos de perdas. Já a instrumentação em linha contribui para uma perda de água, sendo que os analisadores instalados no reservatório de água tratada apresentam um gasto de 60 L/h, o que corresponde a um valor total de 43,2 m³.

No gráfico da figura 18 é possível visualizar todos os caudais mensais, em metros cúbicos de água, do subsistema de Queimadela. Entre o mês de Março (onde se verificou o menor caudal de captação) e o mês de Agosto, altura de maior captação, houve um acréscimo de 50 000 m³.

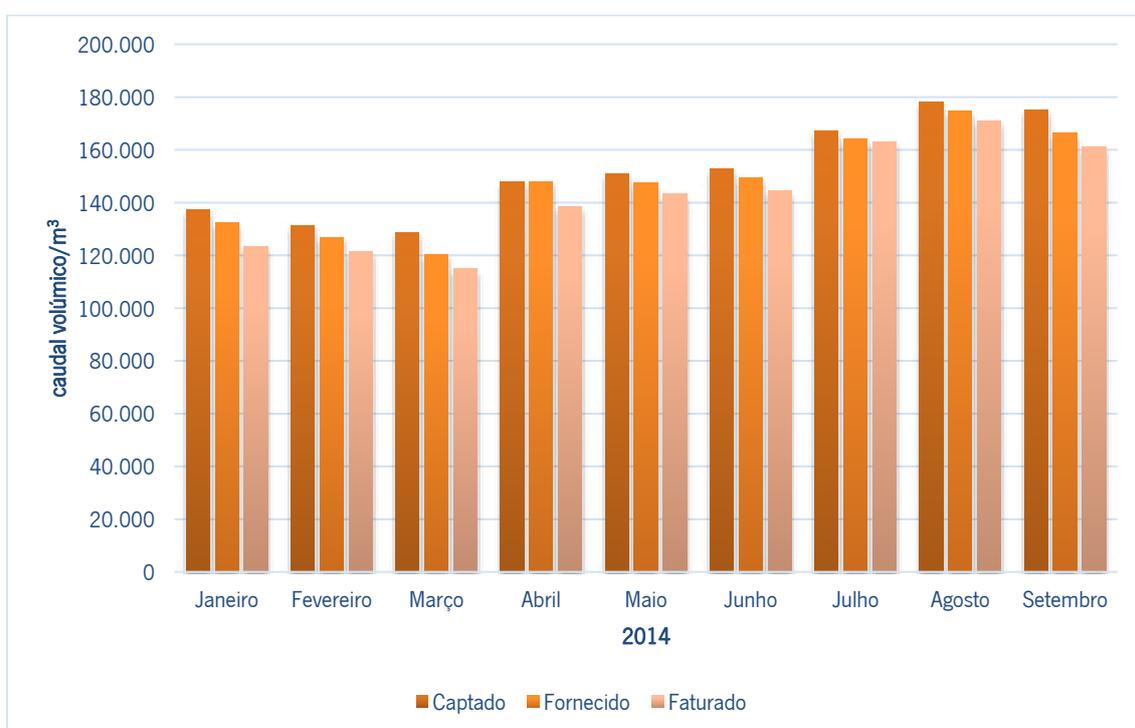


Figura 18 - Registo dos caudais captado, fornecido e faturado, em metros cúbicos, do SAA de Queimadela, entre Janeiro e Setembro de 2014.

Por análise ao gráfico da figura 19, onde são encontrados os resultados obtidos através dos balanços hídricos à ETA de Queimadela, verifica-se que as perdas neste sistema estão muito abaixo dos 15 % que a *IWA* recomenda, podendo mesmo serem tidos em conta como referência, uma vez que os valores das perdas na ETA encontram-se abaixo dos 6 %. Das perdas na ETA os valores variam de 3117 m³, no mês de Julho, até pouco mais de 8700 m³, no mês de Setembro. Os meses

de Setembro e Março foram uma exceção no que diz respeito aos valores registados, com perdas acima dos 6 %. Tal facto deve-se às intervenções efetuadas na ETA, em Março, ao nível da limpeza dos decantadores e, em Setembro, ao nível da reabilitação das caleiras destes órgãos. As limpezas são periódicas e necessárias devido à acumulação de lama (na sua grande maioria de resíduos de cal e de carvão ativado). A reabilitação das caleiras, para além de melhoria estética, teve como principal objetivo a diminuição do risco de acidente de trabalho, resultante das operações de limpeza dos sólidos acumulados e do biofilme formado, de difícil remoção.

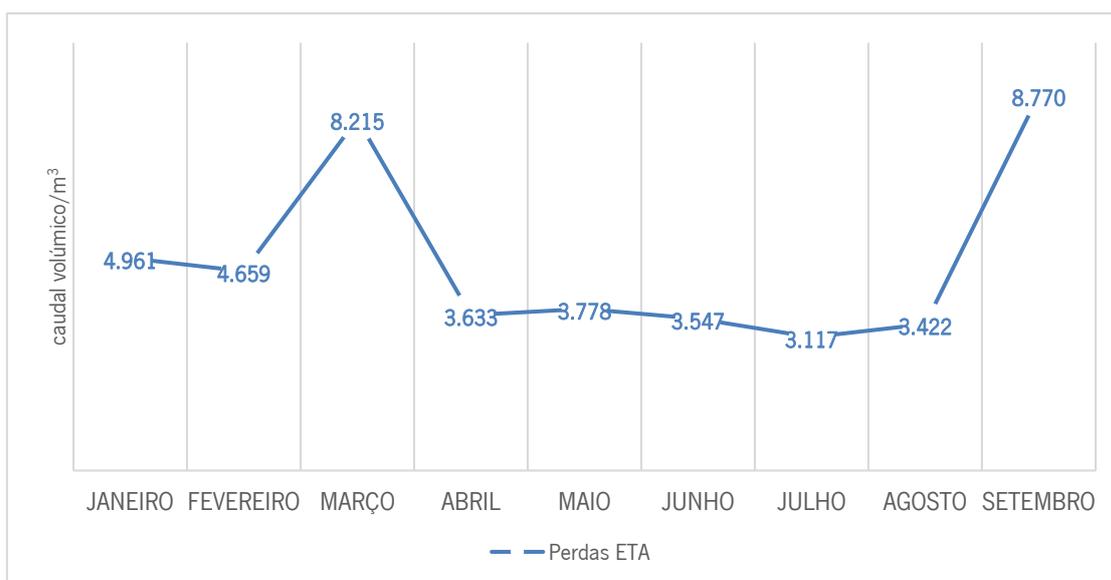


Figura 19 - Perdas de água em metros cúbicos, na ETA de Queimadela.

Pela análise dos resultados do gráfico da figura 20, pode-se verificar que as perdas no sistema adutor tiveram um mínimo de 928 m³ no mês de Julho e um máximo acima dos 8700 m³ no mês de Janeiro. Não existe justificação para o valor obtido no mês de Janeiro pelo que se supõe estar relacionado com desvios nas leituras dos medidores de caudal.

As perdas no sistema adutor devem-se sobretudo a limpezas e higienizações de reservatórios, ou até mesmo de fugas nas próprias tubagens. Neste subsistema não existe necessidade de efetuar descargas de água das condutas com vista a renovações de água e/ou aumento das velocidades de escoamento. As higienizações dos reservatórios ocorreram no mês de Junho (não sendo visíveis efeitos significativos para cálculo das perdas).

No que diz respeito a fugas visíveis, apenas extravazamento de reservatórios por avaria das válvulas de seccionamento, sem efeitos significativos para o estudo estatístico. Não foram registadas qualquer rutura no período em análise.

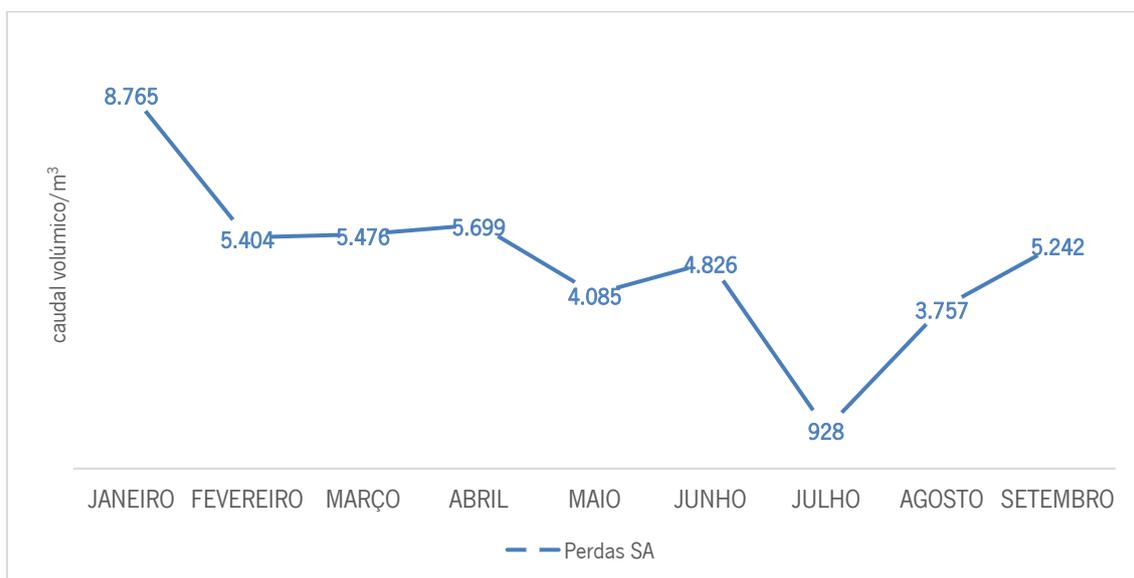


Figura 20 - Perdas de água em metros cúbicos, do sistema adutor de Queimadela.

Relativamente aos custos energéticos do SAA de Queimadela, no gráfico da figura 21 verifica-se que entre Janeiro e Agosto deste último ano os valores de custos energéticos, em termos percentuais, oscilaram entre os 2,4 e os 10,65 % da totalidade dos valores gastos em energia. Tal como no SAA das Andorinhas, também aqui os valores obtidos demonstram uma tendência diminutiva dos valores energéticos despendidos.

Os meses de Janeiro e Março foram os meses com maiores gastos energéticos tendo os seus valores percentuais ultrapassado a barreira dos 10 %. Em média, o custo por metro cúbico de água captada é de 0,003 euros (figura 22).

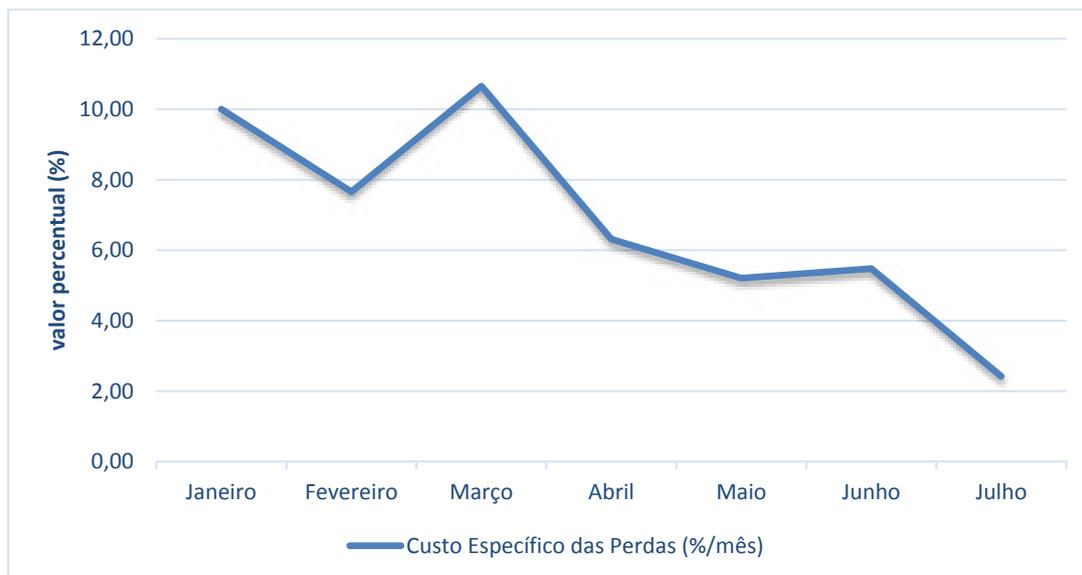


Figura 21 - Custo mensal em valores percentuais, das perdas de água no SAA de Queimadela.

Para o cálculo dos custos de energia não foram contabilizados os custos com a energia reativa, uma vez que estão a ser implementadas ações no sentido de eliminar este encargo, com a instalação de baterias de condensadores, com retornos inferiores a 2 anos.

No gráfico da figura 22 estão representados os consumos específicos em euros por quilowatt-hora, euros por metro cúbico e quilowatt por metro cúbico, em função do mês em estudo. O valor médio de euros por quilowatt ronda os 0,0969 euros.

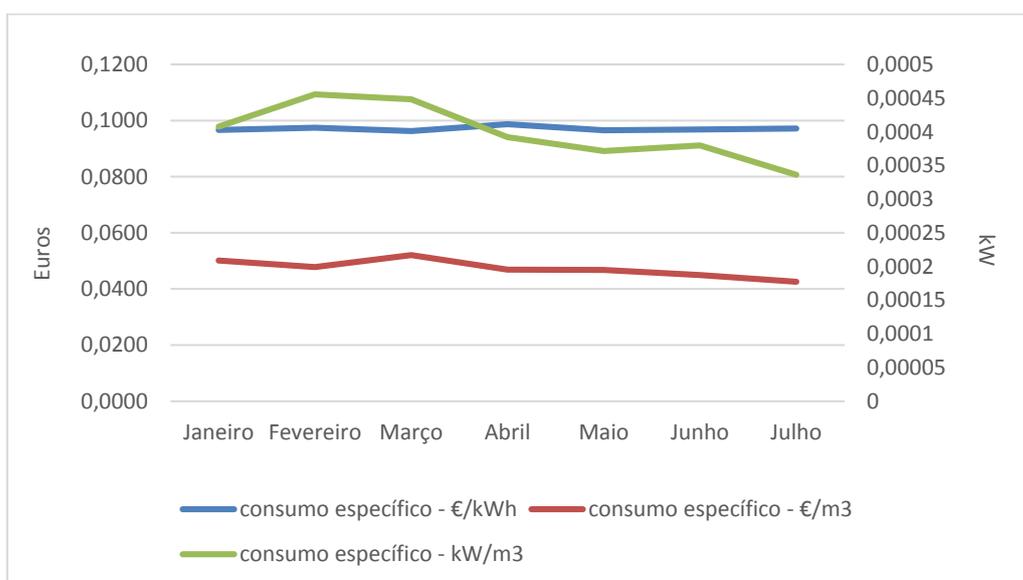


Figura 22 - Consumos específicos, em função do mês, do sistema de abastecimento de água de Queimadela em euros por kWh, euros por m³ e kW por m³.

3.2.3. Medidas de Minimização

Por forma a minimizar os gastos de água tratada perdida, foram elaboradas medidas de ação para redução do impacto financeiro e ambiental das perdas de água, resumidas na tabela 4. Está em curso a instalação de medidores de caudal na água de serviço, por forma a contabilizar os gastos nas mais variadas atividades da ETA. Deste modo haverá uma maior precisão na quantificação da água utilizada e que pode passar a ser designada de *consumo autorizado* e, desta forma, haverá uma diminuição nas perdas de água. Por outro lado é conseguido um maior controlo e racionalização da água de serviço.

No processo de lavagem de filtros, poder-se-á reduzir ligeiramente o tempo de lavagem com água, não provocando uma má qualidade de lavagem e, a médio prazo, permitindo poupanças de água significativas. Esta medida está dependente do controlo visual de cada lavagem e, sempre que se justifique, parar a bombagem em manual remoto antes do tempo parametrizado na supervisão. No sistema adutor deverão ser reparadas com prontidão todas as avarias das altimétricas (que existam e possam existir no futuro), evitando assim o extravasamento de água dos reservatórios.

Tabela 4 - Medidas de redução do impacto financeiro e ambiental a serem aplicadas no SAA de Queimadela (Verde - sem efeito; Vermelho - impacto negativo; Azul - impacto positivo)

	Perda	Ação	Impacte Financeiro	Impacte Ambiental
ETA	Lavagem de Filtros	Reduzir o tempo de lavagem com água	Poupança Energética	Poupança de Água
		Evitar lavar 2 filtros simultaneamente	Ausente	Evitar o encaminhamento de água para a barragem por impossibilidade de recolha da totalidade da água no tanque de águas mistas
	Água de serviço	Quantificação dos vários usos	Custos de instalação do(s) medidor(es) de caudal	Redução da água utilizada nos serviços Fabrico e transporte do medidor de caudal
Adutor	Instrumentação em linha	Reintrodução no processo	Custos de aquisição do equipamento e custos energéticos associados à bomba	Fabrico e transporte da bomba e do reservatório Redução de perdas
			Poupança energética e de reagentes Custo de reparação da altimétrica	Evitar perdas reais de água

3.3. Subsistema de Abastecimento do Rabagão

3.3.1. Descrição do Processo de Tratamento

A ETA do Rabagão faz a captação de água na barragem de Venda Nova (figuras 23 e 24), concelho de Montalegre, distrito de Vila Real, através de uma jangada que faz a recolha da água superficial e eleva-a a uma estação elevatória que efetua a adução da água à ETA. Esta ETA foi projetada para abastecer um universo de 60 000 pessoas, dos concelhos de Vieira do Minho, Pova de Lanhoso e Fafe. No projeto inicial contemplava também o abastecimento aos concelhos de Guimarães e Cabeceiras de Basto.



Figura 23 e Figura 24 - Da esquerda para a direita: zona de captação do subsistema do Rabagão, na barragem da Venda Nova. Vista superior ETA do Rabagão.

Tem a possibilidade de funcionar como reforço para aos subsistemas de abastecimento de água de Queimadela e Andorinhas. À chegada à ETA a água sofre pré-oxidação através da adição de ozono para promover a desinfecção da água bruta, como é possível visualizar no esquema da figura 25.

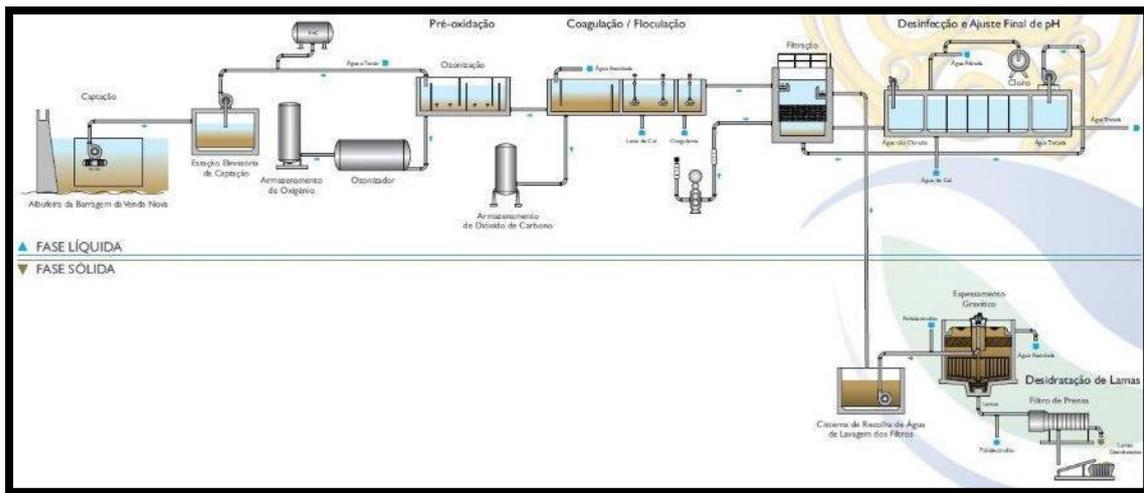


Figura 25 - Esquema do processo de tratamento da ETA do Rabagão (Águas do Noroeste S.A., 2014).

A pré-oxidação utiliza o ozono (O_3) que é um gás de cor azulada, cheiro característico e não agradável, com elevado poder oxidante que permite a sua eficiente eliminação de cheiro, sabor, cor, iões metálicos (Fe^{2+} e Mn^{2+}) e de matéria orgânica, presentes na água bruta. Contrariamente ao cloro, o ozono tem a capacidade de destruição de macromoléculas orgânicas tais como os ácidos fúlvicos e húmicos, e de degradação de compostos altamente carcinogénicos como os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, clorofenóis e fenóis (Alves, 2010). O ozono possui um poder desinfetante 10 a 100 vezes superior ao do cloro, conseguindo eliminar mesmo os microrganismos com maior resistência, não sendo alteradas as suas propriedades de desinfecção numa gama de pH compreendida entre 6 a 8.5. Os teores de trihalometanos presentes na água não têm um acréscimo aquando de tratamentos de desinfecção por ozono, dado tratarem-se de subprodutos da desinfecção com cloro. O ozono tem também a capacidade de transformação de compostos não-degradáveis em compostos degradáveis. A quantidade que deve ser adicionada à água deve ter por base os teores de matéria orgânica e inorgânica facilmente oxidáveis. Os tempos de contacto com a água são relativamente curtos, graças ao seu elevado poder desinfetante e ainda tem efeito microfloculante (Alves, 2010).

Por outro lado os subprodutos formados podem ser cancerígenos como por exemplo os aldeídos (metilglioxal, glioxal e formaldeído), cetonas, ácido pirúvico e ácido glicólico. Se não houver uma biofiltração no sistema, os subprodutos formados podem servir de substrato para microrganismos nas redes de distribuição de água e não possui um poder desinfetante residual.

No entanto, por forma a evitar o crescimento de matéria microbiana nas condutas de distribuição de água tratada, é necessário que a última etapa de tratamento (desinfecção final) não seja feita com ozono mas sim com outro produto desinfetante, o cloro por exemplo, mas em pequenas doses.

Dada a instabilidade do ozono, após a sua produção não pode ser armazenado ou comprimido. Deste modo, a sua conceção deve ser efetuada no local de aplicação, no mesmo período de tempo. A sua produção pode ser feita por irradiação ultravioleta ou por descarga elétrica. A menos comum é a aplicação de radiação ultravioleta onde o oxigénio é sujeito à ação da radiação numa gama $130 < \lambda < 170$ nm. A separação das moléculas origina átomos de oxigénio que, sendo bastante reativos, combina-se entre si originando moléculas de ozono.

Na produção por descarga elétrica existe uma alimentação de ar ou oxigénio que alimenta um gerador de ozono. Uma alta voltagem é aplicada a dois elétrodos de 8000-20000 V, na qual 1 a 10 % do oxigénio é transformado em ozono. Por ser muito instável, rapidamente se desintegra e origina novamente oxigénio, daí a sua produção no local de doseamento estando o transporte de ozono impossível de ser realizado. Durante a reação, cerca de 80 a 95 % da energia é convertida em calor, sendo a sua eliminação do elétrodo ligado à terra, conseguida por arrefecimento com água. As variáveis de operação são a eficiência e conceção do gerador, a energia aplicada, a temperatura e o caudal gasoso de alimentação. Os sistemas em que é aplicado ar têm de extrair as partículas de pó e a humidade, com auxílio de filtros, exsiccadores e compressores, como tal os níveis de mecanização e também de supervisão são muito elevados. Já em sistemas onde é injetado oxigénio puro são mais simplificados com recurso a oxigénio líquido, necessitando apenas de um vaporizador (Alves, 2010).

Para a quebra das ligações estáveis dos átomos da molécula de oxigénio são consumidas grandes quantidades de energia, podendo variar de 10 a 20 kWh por kg de ozono. Com estas quantidades de energia é comum a obtenção de dosagens de 1 a 5 gm³, sendo assim um processo bastante dispendioso comparativamente com os gastos nos processos de cloragem (cerca de três vezes mais), daí ainda ser mais comum a aplicação de processos de cloragem ao invés da ozonização.

A água segue para a etapa de remineralização com a adição de Ca(OH)₂ e CO₂. Após remineralização, a água é encaminhada para uma câmara de mistura onde é adicionado um

agente coagulante (*polícloro sulfato básico de alumínio*), por forma a promover a coagulação das partículas. Posteriormente segue-se a fase de filtração em filtros rápidos de areia.

Na fase final é adicionado cloro, por forma a promover a desinfecção e água de cal para ajuste final de pH. Este induz um aumento do pH promovendo o equilíbrio calco-carbónico da água e impedindo a sua reação com os revestimentos internos das condutas adutoras e a libertação dos seus constituintes para a água, a título de exemplo, o alumínio que se encontra presente no cimento de alto-forno que reveste o interior das condutas de ferro fundido. Esta situação agrava-se quando as velocidades de escoamento são baixas e, conseqüentemente, os tempos de residência hidráulicos são elevados.

A água de lavagem de filtros segue para o espessador de lamas. A água clarificada do espessador é encaminhada para um tanque onde é armazenada e posteriormente reintroduzida no processo de tratamento, na etapa de pré-oxidação. As lamas espessadas são desidratadas num filtro prensa e encaminhadas para destino final adequado (aterro sanitário).

3.3.2. Resultados Obtidos

No subsistema do Rabagão as lavagens de filtros, durante o período em análise foram realizadas com uma maior periodicidade devido à alteração da qualidade da água captada, resultante da descida do nível da albufeira da Venda Nova, promovida pela entidade gestora Energias de Portugal (EDP), no decorrer de uma obra de reforço da potência, cuja água bruta captada começou a apresentar turvações mais elevadas. Esta situação obrigou à instalação de uma captação provisória que permitisse captar água para o tratamento. A imagem da descida do leito da barragem pode ser visualizada na figura 26 onde está também presente a jangada de captação superficial da água.



Figura 26 - Local provisório da captação de água. Vista do impacto do abaixamento do nível da albufeira da Venda Nova por parte da EDP.

A água utilizada no processo de lavagem dos filtros segue para um espessador de lamas, por forma a promover a sua clarificação e posterior reutilização na linha de tratamento. A quase totalidade desta água segue para a cabeça da ETA onde é reintroduzida no processo.

Não foi possível de quantificar a água de serviço por ausência de medidor que permita a leitura desta variável. Assim sendo procedeu-se à estimativa deste consumo, que se classifica como consumo não-autorizado não medido no balanço hídrico.

Na figura 27 podem ser visualizados os caudais captados, fornecidos e faturados, da ETA do Rabagão, pelo período compreendido entre Janeiro e Setembro de 2014.

Por observação gráfica verifica-se que entre o mês de menor captação (Março) e o mês com maior captação (Setembro), existe uma diferença de aproximadamente 33 000 m³.

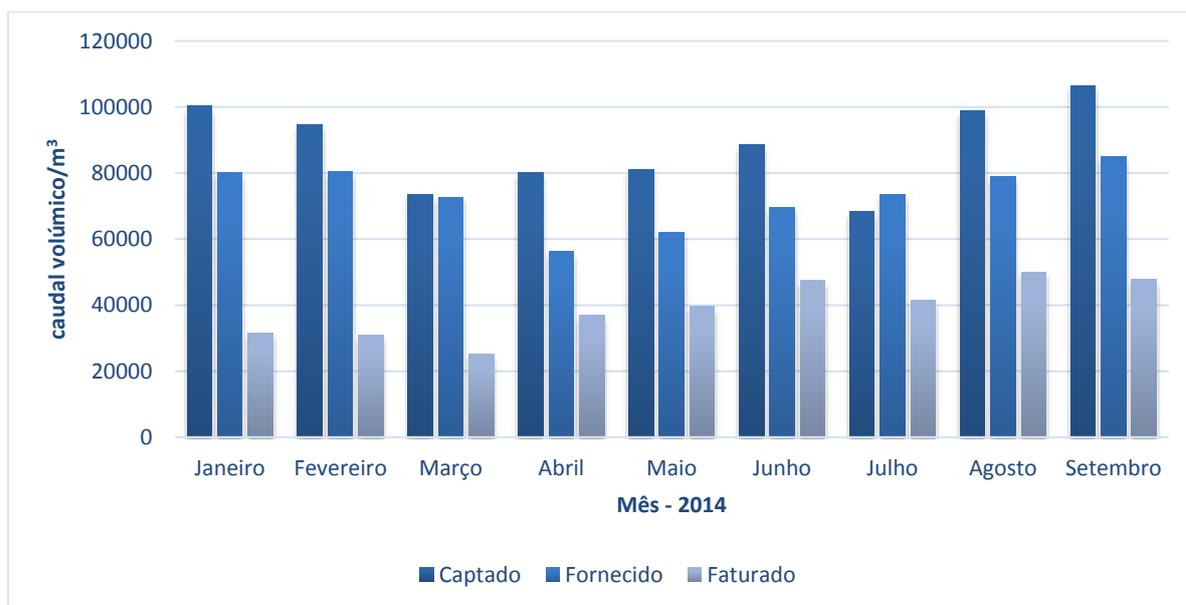


Figura 27 - Caudais de água captada, fornecida e faturada do subsistema do Rabagão, em m³, pelo período de Janeiro a Setembro de 2014.

Como o subsistema do Rabagão ainda se encontra numa fase de arranque, o balanço hídrico efetuado ao sistema revela um nível de perdas elevado, dada a necessidade de se proceder a renovações de água no sistema adutor, por forma a manter os níveis de cloro, ao longo de toda a rede de abastecimento.

Continuam a ser verificadas perdas de água resultante do processo de lavagem de filtros que não são recirculadas à cabeça da estação, extravasamentos de reservatórios e descargas permanentes de água na rede de distribuição para promover uma velocidade de escoamento e manter os níveis desejados de qualidade.

Na figura 28 estão representados os resultados referentes às perdas na ETA do Rabagão, através dos cálculos do balanço hídrico efetuado.

As perdas na ETA do Rabagão situam-se entre os 5,5 % e os 33,6 %, nos meses de Março e Abril, respetivamente. A inconstância verificada nos valores obtidos é justificada pelas medidas de afinação do sistema, que se encontra em fase de arranque, bem como à intervenção da EDP na barragem da Venda Nova, alterando a qualidade da água bruta, havendo portanto uma inconstância no número de lavagens de filtros que afetam as perdas de água. No entanto, nos três últimos meses de estudo já se verifica uma maior estabilidade dos valores obtidos.

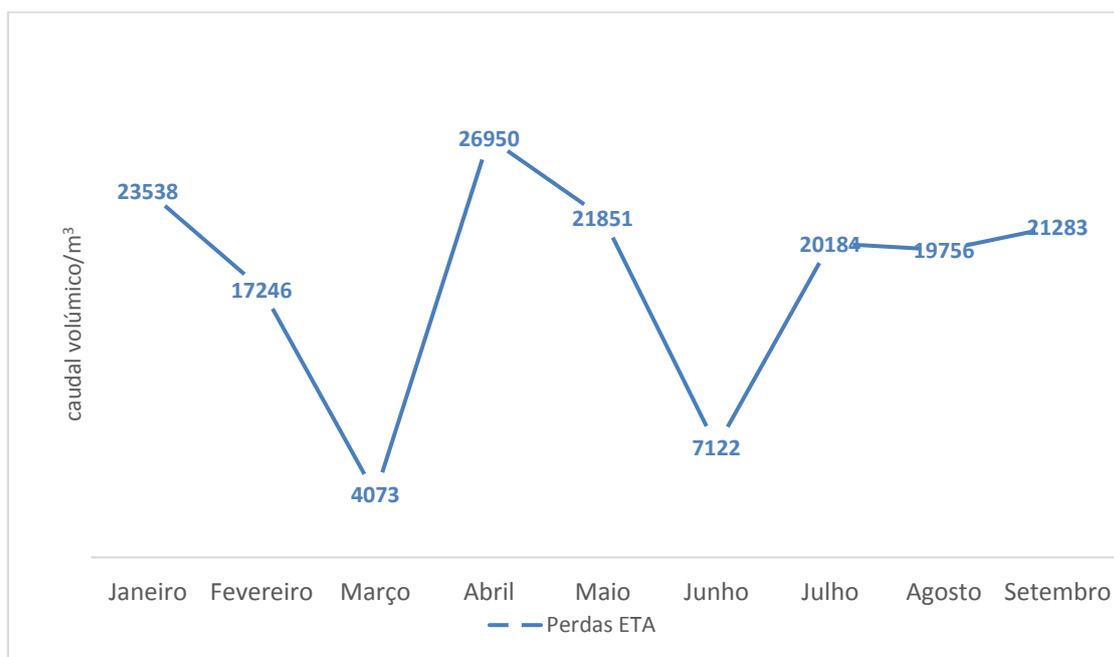


Figura 28 - Perdas de água registadas na ETA do Rabagão.

Já no sistema adutor as perdas de água são muito maiores, como é possível visualizar no gráfico da figura 29. Neste sistema de distribuição de água, por ainda se encontrar em fase de arranque necessita de descargas de fundo abertas em zonas mais afastadas e de consumos insuficientes, onde a água apresenta elevados tempos de residência. Esta medida tem como objetivo manter os níveis de qualidade estáveis e homogéneos em todo o sistema. No entanto, tem-se verificado desde o início do ano uma diminuição significativa nas perdas de água, de 60 %, para cerca de 30 %. Esta redução acentuada resultou do início de faturação de novos pontos de entrega que já se encontravam ativos em fornecimento de água.

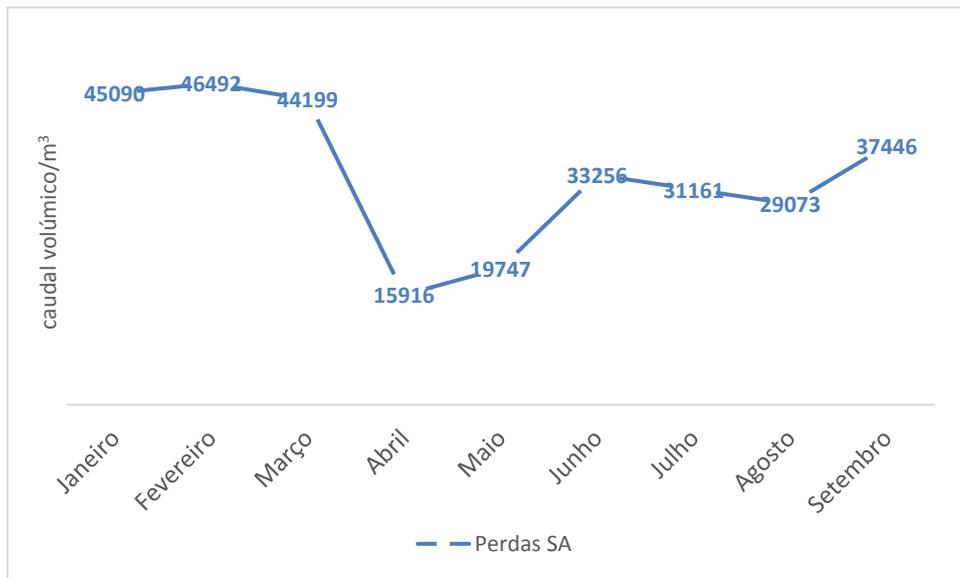


Figura 29 - Perdas de água no sistema adutor do Rabagão.

No que se refere aos custos energéticos de perdas de água em função do metro cúbico de água captada, estão apresentados os dados registados no gráfico da figura 30, em valores percentuais da totalidade dos valores gastos em energia. Verifica-se que durante o período de estudo, compreendido de Janeiro a Agosto de 2014, os custos energéticos das perdas de água no SAA do Rabagão oscilaram entre 45 e 69 % do valor total despendido em energia.

Para o cálculo dos custos de energia não foram contabilizados os custos com a energia reativa, uma vez que estão a ser implementadas ações no sentido de eliminar este encargo, com a instalação de baterias de condensadores, com retornos inferiores a 2 anos.

O mês de Janeiro foi o mês com maiores custos, representando quase 68,4 % do valor total de gastos energéticos. Dos oito meses de estudo, seis apresentam valores superiores a 50 %, ou seja, mais de metade dos custos energéticos têm a sua aplicação em perdas de água. Também neste SAA a tendência destes valores é decrescente.

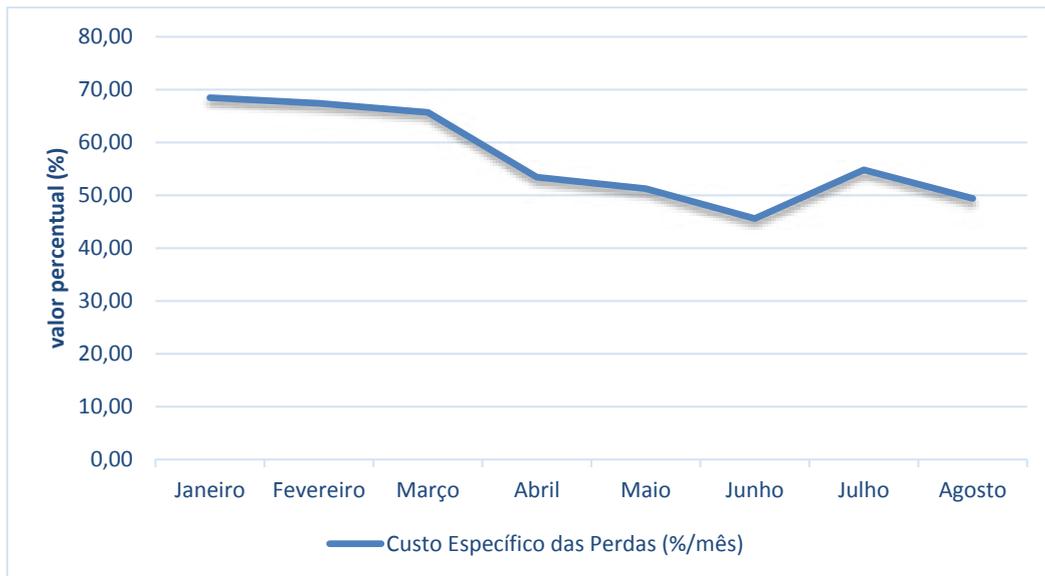


Figura 30 - Custo mensal em euros, das perdas de água no SAA do Rabagão.

No gráfico da figura 31 estão exibidos os consumos específicos do SAA do Rabagão em euros por quilowatt-hora, euros por metro cúbico e quilowatt por metro cúbico, de Janeiro a Julho de 2014. O custo por metro cubico de água ronda o valor dos 0,02 euros, enquanto o custo por quilowatt ronda os 0,12 euros.

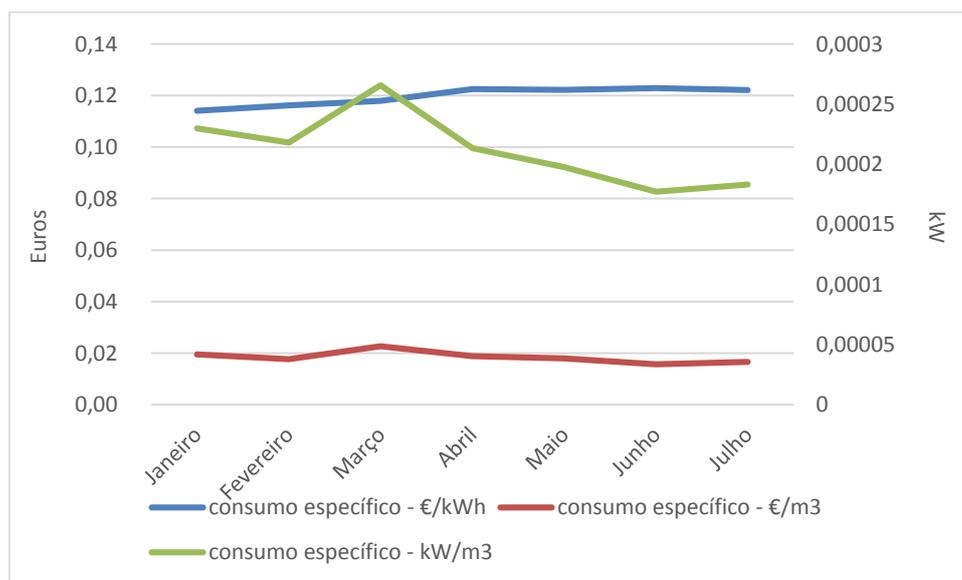


Figura 31 - Consumos específicos, em função do mês, do SAA do Rabagão em euros por kWh, euros por metro cúbico e kW por metro cúbico.

3.3.3. Medidas de Minimização

Por forma a proceder à minimização das perdas de água no subsistema do Rabagão deve proceder-se à recirculação (em pleno) das águas de lavagem dos filtros.

Por outro lado é necessária a introdução de um medidor de caudal da água de capitação, reduzindo deste modo o valor das perdas reais, com transferência para consumos medidos autorizados, promovendo assim um maior controlo dos gastos obtidos na ETA.

O filtro de prensa deveria entrar em funcionamento (em pleno) por forma a permitir a desidratação das lamas e maior eficiência na taxa de reutilização de águas sujas.

A instalação das recloragens, cujos locais estratégicos já foram estudados e o material já adquirido, é uma medida que está em curso e que terá num futuro próximo a sua aplicação. Esta medida permitirá uma menor necessidade de renovações de água no sistema adutor.

Na tabela 5 estão apresentados as medidas de minimização para o SAA do Rabagão.

Tabela 5 - Medidas de redução do impacto financeiro e ambiental a serem aplicadas no SAA do Rabagão (Verde - sem efeito; Vermelho - impacto negativo; Azul - impacto positivo)

	Perda	Ação	Impacte Financeiro	Impacte Ambiental
ETA	Filtro de Prensa	Colocar em funcionamento	Custos de funcionamentos	Produção de lamas
				Maior taxa de reutilização de água
	Lavagem de Filtros	Otimizar os tempos de filtração e etapas associadas à lavagem	Otimização do processo de lavagem de filtros	Poupança de recursos
			Poupança energética e de reagentes	
Água de Capitação	Instalação de um medidor de caudal	Custos de instalação do medidor de caudal	Fabrico e transporte do medidor de caudal	
			Redução da água perdida	
Adutor	Roturas	Medição do caudal e do tempo de rotura	Ausente	Quantificação dos volumes de água perdidos.
	Válvulas Altimétricas	Reparação da altimétrica	Custo de reparação da altimétrica	Evitar perdas reais de água
	Descarga de Fundo	Fecho temporário das descargas de fundo	Ausente	Evitar perdas reais de água
	Pontos de Recloragem	Instalação dos sistemas de rechloragem	Custos associados à aquisição do equipamento e reagente.	Fabrico, transporte e instalação do material
Fecho das descargas de fundo para renovação de água				

4. Modelação do sistema de abastecimento de Queimadela

4.1. Enquadramento Teórico

A modelação de sistemas hidráulicos permite uma melhor conceção e gestão através de simulações que preveem os comportamentos de variados componentes, tentando reproduzir o comportamento real do sistema (Gomes, 2011). Falta de pressão, falhas na distribuição de água ou então insuficiência de caudal, elevadas perdas, previsão da coloração e turvação, entre outros, podem ser verificados ainda antes da construção das redes de distribuição de água, ou então verificados em tempo real. Assim, como o sistema de funcionamento hidráulico não é intuitivo o apoio de uma ferramenta de modelação torna-se assim indispensável (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2002). Estes modelos permitem o cálculo de caudais nas condutas e as cotas piezométricas na rede de distribuição, podendo ser também efetuado o cálculo do tempo que leva a água a chegar de um ponto (ETA ou reservatório, por exemplo) até ao consumidor. Para as concentrações de substâncias (cloro, por exemplo) permitem um melhor controlo das zonas a efetuar recloração, para que este componente não se perca na rede e assim possa chegar um produto de qualidade aos clientes. (Vieira, 2013)

Os modelos de simulação hidráulica são constituídos por “nós”, que designam os diferentes equipamentos que constituem a rede de distribuição, sejam por exemplo válvulas, descargas de fundo ou até mesmo ventosas. Estes “nós” estão ligados por “troços” de rede que designam as condutas. Segundo (Gomes, 2011), os sistemas de equações dos “nós” e dos “troços” respeitam os princípios da conservação de massa e da conservação de energia, respetivamente.

Os principais dados necessários a serem introduzidos para a modelação são o diâmetro das condutas, rugosidade das mesmas, consumos nos pontos de entrega e as cotas topográficas em cada nó ou reservatório. O programa aqui retratado e aplicado é o EPANET, desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency*, nos Estados Unidos da América.

4.2. EPANET

O EPANET é adequado para os projetos de simulação hidráulica estática e dinâmica. Para além da modelação hidráulica (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2002), o EPANET fornece as seguintes possibilidades relativamente à modelação da qualidade da água:

- Modelação do transporte de um constituinte não-reativo (por exemplo., um traçador) através da rede ao longo do tempo;
- Modelação do transporte, mistura e transformação de um constituinte reativo, à medida que este sofre decaimento (por exemplo, cloro residual) ou crescimento (por exemplo, um subproduto da desinfecção) com o tempo;
- Modelação do tempo de percurso da água através da rede;
- Cálculo da percentagem de caudal que, com origem em determinado nó, atinge qualquer outro nó ao longo do tempo (por exemplo, cálculo da importância relativa de duas origens de água diferentes);
- Modelação de reações de decaimento do cloro no seio do escoamento e na parede da tubagem;
- Utilização de cinéticas de ordem n para modelar reações no seio do escoamento em tubagens e reservatórios;
- Utilização de cinéticas de ordem 0 ou 1 para modelar reações na parede das tubagens;
- Definição de limites para a transferência de massa na modelação de reações na parede;
- Permitir que as reações de crescimento ou decaimento sejam controladas por um valor de concentração-limite;
- Aplicação à rede de coeficientes de reação globais, que podem ser modificados individualmente para cada tubagem;
- Possibilidade de relacionar o coeficiente de reação na parede com a rugosidade da tubagem;
- Definição de variação temporal da concentração ou de entrada de massa em qualquer ponto da rede;
- Modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável como reatores de mistura completa, de escoamento;

- Em êmbolo ou ainda de mistura com dois compartimentos.

A modelação do sistema, por aplicação deste *software*, é realizada pela ligação de troços (bombas, tubagens, válvulas de controlo) unidos a nós (reservatórios de leito físico, reservatórios de leito variável, junções), que representam todas as componentes físicas do sistema. Os troços fomentam o escoamento das zonas de maior carga hidráulica para as zonas de carga inferior. Para além dos componentes físicos existentes, também são aplicados componentes não físicos ao modelo tais como curvas de bomba ou curvas de rendimento, que correspondem aos comportamentos e aspetos operacionais dos SAA.

A aplicação do EPANET facilitará a tomada de decisão de forma rápida e eficaz no que diz respeito à gestão de SAA, principalmente no cálculo de pressão e caudal adequados à realidade, permitindo uma maior eficiência no combate às perdas de água (Moreira, 2011).

Com auxílio dos mapas de construção das condutas, procede-se à marcação dos traços das rotas, através da aplicação do *software* AutoCad. Posteriormente, faz-se a transposição para o EPANET, já com todos os “nós” (ventosas, válvulas, descargas de fundo) marcados. Em seguida procede-se à construção dos reservatórios. Na figura 32 está representado o lote poente do sistema de abastecimento de Queimadela, onde é possível observar os vários pontos de referência (válvulas, EE, Reservatórios, pontos de entrega, etc.) que compõem o sistema de distribuição.

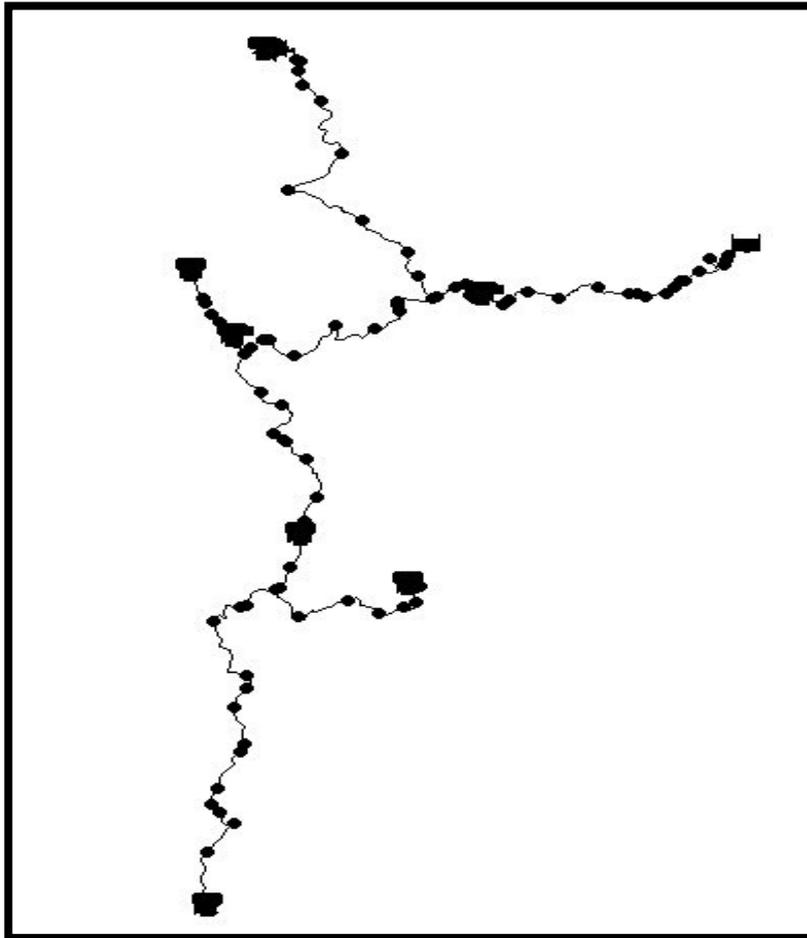


Figura 32 - Sistema poente do sistema de abastecimento de Queimadela, através do EPANET.

Através da elaboração desta malha, é possível inserir os valores de caudal para o lote poente, e os consumos dos pontos de entrega existentes ao longo do sistema de distribuição de água. Nas bombas existentes em reservatórios e/ou estações elevatórias também é possível efetuar a adição dos valores de potência da bomba para os diferentes caudais horários que esta possa estar sujeita.

4.3. Utilização do EPANET para a aplicação do método de Caudais Mínimos Noturnos

Para uma melhor eficácia na diminuição das perdas de água, é necessário proceder ao estudo exaustivo dos mais variados componentes que constituem as redes de distribuição e, por sua vez, a forma como estas se relacionam entre si (Moreira, 2011).

Segundo a *UK Water Industry*, (Gomes, 2011) o caudal mínimo noturno é “*o caudal à entrada do sistema ou subsistema durante o período de menor consumo (geralmente entre a 1 e as 5 horas da madrugada)*”. O estudo dos caudais mínimos noturnos é uma ótima escolha para perceber se existem perdas nos sistemas de distribuição na medida em que a sua interpretação permite o estabelecimento de vários critérios, de elevada exigência, para a estimativa das mais variadas componentes de perdas. Isto acontece uma vez que, durante a noite, ocorre um maior período de inativação por parte das populações, isto é, na sua grande maioria, as pessoas não estão a consumir água. Deste modo, os poucos consumos existentes podem ser mais facilmente medidos (por medição direta ou por estimativa). Este tipo de método permite a deteção de perdas de água em profundidade, cuja visibilidade não é possível uma vez que as águas resultantes da fuga não acorrem à superfície (Moreira, 2011).

A aplicação desta metodologia pressupõe o reconhecimento e a eliminação de ligações não autorizadas (clandestinas) e dos vários erros de leitura que possam estar associados à longevidade dos contadores dos clientes. Também pressupõe a caracterização rigorosa da topologia dos ramais, a utilização correta de medidores de caudal, que estejam capacitados para medir a gama de caudais da conduta em que estão inseridos e, por último, a existência de um número considerável de amostras que permitam a obtenção de resultados o mais próximo possível do real.

Em função do tipo de ocupação (seja ela residencial, industrial, serviço público ou até mesmo comercial), número de clientes, estado em que se encontram as infraestruturas e até mesmo do nível socioeconómico da região, os componentes dos caudais mínimos noturnos são influenciados, podendo deste modo, variar dependendo do sistema.

Caso seja verificado, no sistema em estudo, uma variação significativo do volume de água (sem ser aduzido pela entidade de abastecimento), à entrada do sistema, aquando da medição dos caudais mínimos, isto pode significar a injeção ilegal de água na rede, ou então de uma rotura nas

condutas, que deverá ser assim reparada logo que seja possível. Caso se trate de uma rotura e esta seja prontamente reparada, é possível realizar uma estimativa para o volume total de perdas, sejam elas reais ou aparentes, por diferença entre o volume total de água que entra no sistema de medição e o volume total de consumo autorizado, seja este medido ou estimado. Todos os consumos pontuais que possam existir devem ser identificados para que, casos em que seja necessário a interrupção do seu fluxo de forma temporária, por forma a evitar erros de medição.

Na tabela 6 estão demonstrados os vários componentes que são associados aos caudais mínimos noturnos.

Tabela 6 - Componentes dos caudais mínimos noturnos, (Gomes, 2011), adaptado de WRc (1994)

Caudal mínimo nocturno [m ³ /h]	Caudal medido e/ou estimado no ponto de entrega *	Consumo medido e/ou estimado [m ³ /h]	Grandes consumos não domésticos [m ³ /h]
			Pequenos consumos não domésticos [m ³ /h]
			Consumos domésticos [m ³ /h]
	Perdas a montante do ponto de entrega *	Perdas no ramal de ligação a jusante do ponto de entrega [m ³ /h]	Perdas reais [m ³ /h]
		Perdas no ramal de ligação a montante do ponto de entrega [m ³ /h]	
		Perdas na rede de distribuição [m ³ /h]	
Serviço de manutenção, lavagem de filtros e limpeza de reservatórios [m ³ /h]			

* Ponto de entrega: corresponde aos limites de propriedade e/ou contadores.

Após a medição dos caudais mínimos noturnos, tendo os dados dos consumos e das perdas de água, medidos e estimados, é possível extrapolar esses valores para as restantes horas do dia, sempre em função da variação das condições de pressão entre o período noturno e diurno.

5. Conclusões e Recomendações

A importância da água no contexto global tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais significativo nas sociedades modernas. Prova disso são os investimentos que se têm vindo a efetuar nas mais diversas áreas de descontaminação, preservação e controlo deste recurso.

Com a elaboração deste estudo é possível concluir que em Portugal as empresas responsáveis pela gestão dos sistemas de abastecimento de água têm vindo a promover a redução das perdas de água no sentido de aumentar a sua qualidade e de reduzir os custos resultantes da sua captação, tratamento e adução.

Nos SAA das Andorinhas, Queimadela e Rabagão estão em curso planos de implementação de medidas para a redução das perdas de água e dos custos associados do seu tratamento, desde a captação de água até ao consumidor.

No SAA das Andorinhas, de Janeiro a Setembro de 2014 foram captados uma totalidade de (aproximadamente) 650 000 m³ de água sendo que, foram perdidos cerca de 72 700 m³ de água tratada na ETA e perderam-se na rede pouco mais de 17 000 m³ de água. Elaborou-se um plano de minimização de perdas para posterior aplicação no futuro. Da totalidade dos valores gastos em energia neste SAA (de Janeiro a Agosto de 2014), cerca de 20 % foram gastos em água perdida desde a captação ao cliente. Os valores percentuais de custos energéticos por perdas de água, neste SAA, variam de 8,8 a 20 %, com tendência decrescente no período em estudo. O custo por metro cúbico de água captada neste SAA varia entre 0,076 e 0,081 euros.

No que se refere ao SAA de Queimadela, de Janeiro a Setembro de 2014 foram captados cerca de 1 370 000 m³ de água. Desta totalidade perderam-se na ETA 44 100 m³ e no sistema adutor também 44 100 m³. O plano de minimização de perdas de água foi iniciado com perspectiva de ser continuado. De Janeiro a Agosto de 2014 foram gastos, em valor percentual da totalidade do valor gasto em termos energéticos, cerca de 6,47 %. Os custos energéticos neste SAA oscilaram entre 2 a 11 %, com tendência decrescente. O custo de energia por metro cúbico de água captado varia de 0,001 a 0,005 euros.

No SAA do Rabagão de Janeiro de 2014 a Setembro de 2014 foram captados um total de (aproximadamente) 817 000 m³ de água, sendo que destes 162 000 m³ correspondem a perdas de água na ETA e 352 700 m³ correspondem a perdas no sistema de abastecimento. Tal como no SAA de Queimadela, também neste SAA está em curso o plano de minimização de perdas com tendência de continuidade. De Janeiro a Agosto de 2014 os gastos energéticos neste SAA, em valores percentuais, foram de 57 %, estando este valor diretamente relacionado com o facto de este SAA ainda se encontrar na fase de arranque. Os valores dos gastos energéticos oscilaram, pelo período em estudo, entre os 45 e os 69 %, tendo uma tendência decrescente ao longo do estudo. O custo energético por metro cúbico de água captado varia entre 0,016 e 0,020 euros.

A aplicação de *softwares* informáticos no processo de modelação dos SAA tem uma importância relevante nos planos de minimização de perdas de água, na medida em que permitem o seu estudo e a sua deteção, para posterior reparação. O *software* EPANETE é uma ótima ferramenta de modelação que permite a aplicação do método dos caudais mínimos que permite uma melhor e mais ampla deteção de eventuais fugas de água e de um maior conhecimento dos pontos de pressurização.

Por último efetua-se uma série de recomendações a serem tomadas no futuro. Recomenda-se que as medidas de minimização aqui apresentadas no plano sejam tidas em conta e postas em prática. Recomenda-se também que haja uma maior formação ao nível da operação com ações de formação e sensibilização para a importância da diminuição das perdas de água nos SAA. É também recomendado que ações de sensibilização sejam praticadas ao nível dos clientes, ao nível das perdas e racionalização de água. Para uma melhor perceção do impacte financeiro associado às perdas de água, recomenda-se um estudo relativo à utilização de reagentes no processo de tratamento de água, permitindo assim adicionar aos gastos energéticos os custos de tratamento com reagentes. Por outro lado, recomenda-se a aplicação de *software* de modelação que permita um melhor conhecimento das redes de distribuição de água sendo assim facilitada a deteção de eventuais fugas nos sistemas de distribuição de água.

Bibliografia

Agência Lusa, 2 de Novembro de 2013. Água distribuída e não faturada é um terço do total e vale 170 milhões de euros. *Público*.

Agência Portuguesa do Ambiente, 2014. *APA Portugal - Ambição para o futuro*. [Online] Available at: <http://www.apambiente.pt/>

Águas do Noroeste S.A., 2014. *Águas do Noroeste - Grupo Águas de Portugal*. [Online] Available at: www.adnoroeste.pt

Alegre, H., Coelho, S. T., Almeida, d. C. M. & Vieira, P., 2005. *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. s.l.:s.n.

Alves, C., 2010. *Tratamento de Águas para Abastecimento*. 3º ed. s.l.:Publindústria - Edições Técnicas.

Costa, A. M. L. d., 2007. *Controlo de perdas de água no sistema público de distribuição do concelho de Vila Real*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro.

Cunha, L. V., Lino, M., Gonçalves, A. S. & Figueiredo, V. A. d., 1980. *A Gestão da água : princípios fundamentais e sua aplicação em Portugal*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Drumond, J. F. N., 2013. *Avaliação de perdas nos sistemas de distribuição de água: análise e aplicação aos sistemas da EPAL em Lisboa e da IGA na ilha de Porto Santo*. s.l.:Universidade da Madeira.

ERSAR, 2 de Novembro de 2013. *Água não faturada nos sistemas de abastecimento corresponde a 167 milhões de euros anuais*, Lisboa: s.n.

Fernandes, T., 2013. *Implementação de um sistema de gestão operacional no sistema de saneamento do centro operacional do Ave através de uma plataforma agregadora de processo (NAVIA)*. Braga: Universidade do Minho.

Figueiredo, I. M. M., 2013. *Percepção e atitude dos jovens sobre a água: um contributo para planear a comunicação da empresa Águas do Noroeste*. Braga: Insituto de Ciências Sociais - Universidade do Minho.

Gomes, R. d. J., 2011. *Modelação matemática como ferramenta de gestão e exploração de sistemas de distribuição de água*. Coimbra: Universidade de Coimbra.

Governo de Portugal - Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2012. *Programa nacional para o uso eficiente da água - implementação 2012-2020*. Lisboa: s.n.

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2002. *EPANET 2.0 em Português - Simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade em sistemas de transporte e de distribuição de água*. Lisboa: s.n.

Martins, M. R. V., 2007. *Promoção da concorrência e sustentabilidade tarifária*. Coimbra: Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.

Mendes, B. & Santos, J. F., 2004. *Qualidade de água para consumo humano*. s.l.:LIDEL.

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, s.d. *Decreto-Lei n.º 207/2006, de 27 de Outubro. D.R. n.º 208, Série I*. Lisboa: Diário da República.

Morais, C., Vilaverde, R. & Bastos, P., s.d. *Plano de segurança da água para consumo humano - subsistema de abastecimento das Andorinhas*. Guimarães: Águas do Noroeste S.A..

Morais, C., Vilaverde, R. & Bastos, P., s.d. *Plano de segurança da água para consumo humano - subsistema de abastecimento de Queimadela*. Guimarães: Águas do Noroeste S.A..

Moreira, T. O. M., 2011. *Gestão de perdas em redes de abastecimento de água - assistida pelo simulador EPANET*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Oliveira, F. M. R., 2013. *Redução das perdas reais em sistemas de abastecimento de água - otimização numa grande rede de distribuição de água - aplicação ao caso do Porto*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Oliveira, M. J. L. d. C. M. d., 2013. *Otimização de rotas de leitura de contadores como parte integrante do processo de redução de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água - aplicação do estudo à cidade do Porto*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Parlamento Europeu, s.d. DIRECTIVA 2000/60/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO, de 23 de Outubro de 2000 que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias - PT*, pp. 327-1 - 72 .

Pena, M. M., 2010. *Aplicação e análise da metodologia IWA para o controlo de perdas no sistema de abastecimento de água da baixada de Jacarepaguá/RJ*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Pereira, A. J. C., 2009. *Análise de custos de ciclo de vida da ETA de Queimadela*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Santos, R. B. d., 2008. *Perdas de água no sistema de distribuição para abastecimento público*. São Paulo: Universidade Anhemí Morumbi.

Sierra Instruments , 2011. *Innova - Sonic Model 210i - Instructions Manual*. s.l.:s.n.

Território, Ministério do Ambiente e Ordenamento do, s.d. *Decreto-Lei n.º 41/2010, de 29 de Abril*. Lisboa: s.n.

Tomaz, P., 2009. Capítulo 4 - Perdas de Água. Em: *Curso de Hidráulica e Saneamento*. s.l.:s.n.

Vieira, L. V. A., 2013. *Aplicação do modelo de simulação EPANET 2.0 ao estudo de pressões e cloro residual do sistema de abastecimento de água de Angra do Heroísmo*. Angra do Heroísmo: Universidade dos Açores.

ANEXOS

Anexo 1

Tabela 7 - Conceitos e definições relativos ao balanço hídrico

Conceitos:			
Designação	Expressão de cálculo	Definição	Comentários
A3	Água entrada no sistema	-	Volume introduzido no sistema de abastecimento de água durante o período de referência.
A8	Consumo facturado medido	-	Consumo total autorizado que é medido e facturado durante o período de referência.
A9	Consumo facturado não medido	-	Consumo total autorizado que não é medido e que é facturado durante o período de referência.
A10	Consumo autorizado facturado	A8+A9	Consumo total autorizado que foi facturado durante o período de referência.
A11	Consumo não facturado medido	-	Consumo total autorizado que foi medido mas não facturado durante o período de referência.
A12	Consumo não facturado não medido	-	Consumo total autorizado não medido e não autorizado durante o período de referência.
A13	Consumo autorizado não facturado	A11+A12	Consumo total autorizado e não facturado durante o período de referência.

A14	Consumo autorizado	A10+A13	Consumo total autorizado durante período de referência, medido e/ou não medido, de clientes registados, para usos domésticos, comerciais, industriais ou públicos.	Note-se que o consumo autorizado pode incluir consumos para combate a incêndios e formação de bombeiros, lavagem de condutas e de colectores, lavagem de ruas, rega de espaços verdes municipais, alimentação e fontanários públicos, protecção contra baixas temperaturas, obras de construção civil, etc. Estes consumos podem facturados ou não facturados, medidos ou não medidos, de acordo com a prática local.
A15	Perdas de água	A3-A14	Diferença entre água entrada no sistema e consumo autorizado.	As perdas de água podem ser consideradas como um volume total para todo o sistema. As perdas de água consistem em perdas reais e perdas aparentes.
A16	Consumo não autorizado	-	Consumo total não autorizado durante o período de referência, incluindo furto.	Este dado de entrada é a melhor estimativa disponível, baseada em inquéritos ou em quaisquer outras formas de avaliação a que a se possa recorrer.
A17	Perdas de água por erro de medição	-	Consumo total de água não contabilizada durante o período de referência devido a erros de medição.	Este dado de entrada é a melhor estimativa possível, baseada principalmente em dados resultantes da calibração dos contadores existentes e/ou de inspecções realizadas para esse objectivo.
A18	Perdas aparentes	A16+A17	Consumo total de água não contabilizada durante o período de referência devido ao consumo não autorizado e a erros de medição.	-
A19	Perdas reais	A15-A18	Volume total de perdas físicas de água do sistema em pressão, até ao contador do cliente, durante o período em referência.	O volume das perdas durante o período de referência através de todos os tipos de fugas de água, roturas e extravasamentos depende das frequências, dos caudais e da duração das fugas.
A20	Água facturada	A8+A9	Consumo total autorizado facturado durante o período de referência.	Tem o mesmo valor de A10.
A21	Água não facturada	A3-A20	Diferença entre os volumes de água entrada no sistema e do consumo autorizado facturado durante o período de referência.	A água não facturada inclui não só as perdas reais e aparentes mas também o consumo autorizado não facturado.