

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Elaboração de Ferramentas para Avaliar a Eficiência de Tratamento de uma ETA – ETA de S. Jorge

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente

Inês Leer Ribeiro de Castro



Vila Real, 2015

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Elaboração de Ferramentas para Avaliar a
Eficiência de Tratamento de uma ETA –
ETA de S. Jorge**

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente

Inês Leer Ribeiro de Castro

Orientadora: Isabel Maria A. de Marta Oliveira Bentes

Composição do Júri:

Vila Real, 2015

AGRADECIMENTOS

À Professora Isabel Maria A. de Marta Oliveira Bentes, por ter aceite a orientação científica deste trabalho, pelos valiosos contributos e sugestões que me transmitiu, e pela disponibilidade que sempre demonstrou para acompanhar o desenvolvimento desta Dissertação.

À Administração da Águas do Noroeste, SA por me ter concedido a autonomia e as ferramentas necessárias à concretização do trabalho e pela disponibilização de toda a informação de base para esta Dissertação.

A toda a equipa que trabalhou diariamente comigo na ETA de S. Jorge e que contribuiu para os bons resultados obtidos neste subsistema.

À minha Família pelo apoio e sábios conselhos.

Aos meus Amigos, por toda a paciência, ajuda e compreensão nesta fase de muito trabalho, sempre com uma palavra de incentivo e de força.

**A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para alcançar mais este objetivo,
o meu sincero muito obrigada.**

RESUMO

A operação eficiente de uma estação de tratamento de água (ETA) é fundamental, pois a sua função é fornecer água de qualidade e em quantidade suficiente para a procura, interferindo diretamente na saúde e no bem-estar da população abastecida. A avaliação de desempenho de uma ETA é uma ferramenta que permite identificar falhas no tratamento, que se corrigidas atempadamente melhoram a qualidade da água e a eficiência do tratamento. Neste contexto o objetivo deste trabalho é conceber um conjunto de ferramentas e procedimentos que permitam analisar e melhorar a eficiência de uma ETA. Para tal utilizou-se como caso de estudo a ETA de S. Jorge.

A ETA de S. Jorge, localizada na área dos Arcos de Valdevez, tem a capacidade de tratamento de 1 800 m³/h, e é responsável pelo abastecimento de uma população equivalente de 192.559 habitantes.

Para atingir os objetivos desta dissertação concebeu-se um Plano de Controlo Analítico Interno e uma Rotina Diária de Controlo do Processo de Tratamento. De forma a analisar a adequabilidade do tratamento às condições da qualidade da água bruta existente, foi analisada a alteração da qualidade da água bruta da Albufeira de Touvedo, em 2000 e 2004, com a qualidade da água no ano de 2014. Foi analisado o cumprimento dos valores legislados para a água à saída da ETA e nos vários pontos de entrega às Entidades gestoras. Por fim foi analisado o desempenho e a eficiência dos processos de tratamento da ETA.

O desenvolvimento das ferramentas acima descritas mostram-se fulcrais para avaliação dos processos de tratamento da ETA de S. Jorge, tendo-se concluído que são eficientes, conseguindo produzir uma água que cumpre os valores legislados para água para consumo humano.

Pretende-se que este trabalho para além de contribuir para o controlo e eficiência de tratamento da ETA de S. Jorge auxilie a exploração em outras ETA na melhoria do seu processo de tratamento.

Palavras-chave: Abastecimento de Água, Estação de Tratamento de Água, avaliação de desempenho, qualidade de água, eficiência de tratamento.

ABSTRACT

The efficiency of a water treatment plant (WTP) operation is fundamental as its function is to supply quality water in sufficient quantity for the demand, directly influencing the health and safety of the population. The evaluation of a WTP performance allows for the identification of potential water treatment failures, when properly corrected, improve the quality of the supplied water and its treatment efficiency. In this context, the objective of this study is to create a set of tools and procedures that allow analyze the efficiency of the treatment protocol implemented at the S. Jorge WTP.

The S. Jorge WTP, located in Arcos de Valdevez, has a water treatment capacity of 1800 m³/h, and it's responsible for supplying water to an equivalent population of 192. 559 inhabitants.

To accomplish the objective set out in this dissertation, an Internal Analytical Control Plan was developed, together with a Daily Process Treatment Control Protocol. In order to analyze the efficiency of the treatment on the actual raw water quality condition, the variation in the raw water quality of the Touvedo Reservoir in 2014 was analyzed and compared against the quality of the water obtained in a previous study conducted at the S. Jorge WTP in 2000 – 2004. The compliance with the legislative values was analyzed at the WTP exit and at the various managing entities delivery points. Also, the performance and efficiency of the water treatment protocols used on the WTP were analyzed.

The development of the above tools prove to be central to the evaluation of treatment processes of the S. Jorge WTP having concluded that the treatment methods used at the WTP of S. Jorge are efficient, and capable of producing a water level quality that complies with the legislative values for drinking water.

It is intended that this work in addition to contribute to the control and treatment efficiency of S. Jorge WTP, assist other WTPs in improving their treatment process.

Keywords: Water supply, Water Treatment Plant, performance evaluation, water quality, treatment efficiency.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABELAS.....	IX
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA	1
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1. OBJETIVO GERAL	4
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA.....	7
2.1.1. PRÉ-OXIDAÇÃO	7
2.1.2. REMINERALIZAÇÃO.....	8
2.1.3. COAGULAÇÃO – FLOCULAÇÃO	9
2.1.4. SEDIMENTAÇÃO/ DECANTAÇÃO	9
2.1.5. FLOTAÇÃO.....	10
2.1.6. FILTRAÇÃO	11
2.1.7. ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO	12
2.1.8. PERMUTA IONICA.....	13
2.1.9. AMACIAMENTO POR PRECIPITAÇÃO QUÍMICA	13
2.1.10. DESINFECÃO	14

2.1.11.	SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS	15
2.2.	CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA	16
2.2.1.	PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	16
2.2.2.	PARÂMETROS INDICADORES	18
2.2.3.	PARÂMETROS QUÍMICOS	19
2.3.	ENQUADRAMENTO LEGAL.....	21
2.4.	PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA	25
2.5.	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ETA	26
2.5.1.	O QUE É A AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.....	26
2.5.2.	A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ..	27
2.5.3.	DOMÍNIOS DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	28
2.5.4.	ABORDAGENS SISTEMATIZADAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO	30
2.5.5.	ESTUDOS DESENVOLVIDOS NA ÁREA DO ABASTECIMENTO.....	38
3.	CASO DE ESTUDO - SUBSISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE	41
3.1.	ÁGUAS DO NOROESTE.....	41
3.2.	ESTUDO PRÉVIO E PROJETO DE EXECUÇÃO DA ETA DE S. JORGE	43
3.3.	LOCALIZAÇÃO E CONSTITUIÇÃO DO SUBSISTEMA DE S. JORGE	45
3.4.	PROCESSO DE TRATAMENTO	47
3.4.1.	CAPTAÇÃO	47
3.4.2.	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO	48
3.4.3.	ADUÇÃO	60
3.5.	EXPLORAÇÃO DA ETA DE S. JORGE	61
3.5.1.	PRINCÍPIOS GERAIS DO MODO DE FUNCIONAMENTO.....	62
3.5.2.	CONTROLO ANALÍTICO	63
4.	METODOLOGIA	68

4.1. PLANO DE CONTROLO ANALÍTICO INTERNO	68
4.2. ROTINA DIÁRIA DE CONTROLO DE PROCESSO	68
4.3. ANÁLISE DA ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA BRUTA	69
4.4. AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA.....	70
4.5. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DA ETA DE S. JORGE.....	70
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
5.1. PLANO DE CONTROLO ANALÍTICO INTERNO	71
5.1.1. PARÂMETROS, PERIODICIDADE E VALORES ESPERADOS.....	79
5.1.2. MÉTODOS ANALÍTICOS	84
5.2. ROTINA DE CONTROLO DE PROCESSO	87
5.3. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA BRUTA	92
5.4. AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA	106
5.4.1. TRATAMENTO DE INCUMPRIMENTOS DE VALORES PARAMÉTRICOS	111
5.4.2. EVOLUÇÃO DOS INCUMPRIMENTOS DE VALORES PARAMÉTRICOS.....	112
5.5. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DA ETA DE S. JORGE.....	113
5.5.1. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA OZONIZAÇÃO	113
5.5.2. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA COAGULAÇÃO – FLOTAÇÃO	115
5.5.3. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA FILTRAÇÃO.....	117
5.5.4. AVALIAÇÃO FINAL DA EFICÊNCIA DO PROCESSO DE TRATAMENTO	119
5.5.5. AVALIAÇÃO ATRAVÉS DE METODOLOGIAS E INDICADORES	122
6. CONCLUSÕES	125
6.1. CONCLUSÕES GERAIS	125
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
ANEXO 1.....	135
ANEXO 2.....	140

ANEXO 3	154
ANEXO 4	159
ANEXO 5	171
ANEXO 6	177

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - PROCESSOS TECNOLÓGICOS DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA (ERSAR, 2010)	45
FIGURA 2 - INFRAESTRUTURAS FÍSICAS DO SUBSISTEMA DE S. JORGE	47
FIGURA 3 - CAPTAÇÃO DE TOUVEDO	48
FIGURA 4 - TORRE DE CONTACTO DE OZONO	49
FIGURA 5 - GERADOR DE OZONO	49
FIGURA 6 - CÂMARA DE REMINERALIZAÇÃO	51
FIGURA 7 - FLOCOS FORMADOS NA CML	52
FIGURA 8 - CÂMARAS DE MISTURA LENTA E FLOTADOR	53
FIGURA 9 - PONTE RASPADORA	54
FIGURA 10 - TANQUES DE DESGASEIFICAÇÃO E TANQUES DE LAMAS FLOTADAS	54
FIGURA 11 - FILTRO DE AREIA VAZIO	55
FIGURA 12 - FILTROS DE AREIA AQUAZUR V (SILVA, 2011).	56
FIGURA 13 - ETAPAS DE LAVAGEM DOS FILTROS	57
FIGURA 14 - ÓRGÃOS DO TRATAMENTO DE LAMAS	58
FIGURA 15 - SISTEMA DE NEUTRALIZAÇÃO DE ESCORRÊNCIAS	59
FIGURA 16 - FILTRO DE PRENSA	60
FIGURA 17 - LAMA APÓS DESIDRATAÇÃO NO FILTRO DE PRENSA	60
FIGURA 18 - ESQUEMA DE TRATAMENTO DA ETA DE S. JORGE	61
FIGURA 19 - PROCESSOS ENVOLVIDOS NA EXPLORAÇÃO DE UMA ETA	62
FIGURA 20 - ROTINA DE CONTROLO DE PROCESSO DA ETA DE S. JORGE	90
FIGURA 21 - VARIAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS NA ÁGUA BRUTA NO ANO DE 2014	95
FIGURA 22 - VARIAÇÃO DE ALUMÍNIO NA ÁGUA BRUTA NO ANO DE 2014	104
FIGURA 23 - VARIAÇÃO DE IQF TOTAL NA ÁGUA BRUTA NO ANO DE 2014	105
FIGURA 24 - VARIAÇÃO DE ALUMÍNIO NA ÁGUA TRATADA NO ANO DE 2014	108
FIGURA 25 - QUALIDADE DA ÁGUA FORNECIDA EM 2014	113
FIGURA 26 - COMPARAÇÃO IQF TOTAL E IQF CIANOBACTÉRIAS PRESENTES NA ÁGUA BRUTA E ÁGUA OZONIZADA (2014)	114
FIGURA 27 - COMPARAÇÃO DAS BACTÉRIAS COLIFORMES PRESENTES NA ÁGUA BRUTA E ÁGUA OZONIZADA (2014)	115
FIGURA 28 - COMPARAÇÃO DA TURVAÇÃO DA ÁGUA BRUTA E ÁGUA FLOTADA (2014)	116
FIGURA 29 - COMPARAÇÃO DA TURVAÇÃO DA ÁGUA BRUTA E ÁGUA FILTRADA (2014)	117
FIGURA 30 - COMPARAÇÃO DO ALUMÍNIO PRESENTE DA ÁGUA BRUTA E ÁGUA FILTRADA (2014)	118
FIGURA 31 - COMPARAÇÃO DA TURVAÇÃO AO LONGO DO PROCESSO DE TRATAMENTO (2014)	120
FIGURA 32 - COMPARAÇÃO DO CHEIRO AO LONGO DO PROCESSO DE TRATAMENTO (2014)	122
FIGURA 33 - CÁLCULO DO SUBÍNDICE GLOBAL	124

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ANALISADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA INSTALADOS NO PROCESSO DE TRATAMENTO	64
TABELA 2 - PLANO DE ANÁLISES DO SUBSISTEMA DE S. JORGE	74
TABELA 3 - CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA BRUTA DA ALBUFEIRA DE TOUVEDO (2000-2004), NUMA DAS CLASSES DE TRATAMENTO ESTABELECIDAS PELO DECRETO-LEI Nº 236/98 DE 01 DE AGOSTO	93
TABELA 4 -CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA BRUTA DA ALBUFEIRA DE TOUVEDO (2014), NUMA DAS CLASSES DE TRATAMENTO ESTABELECIDAS PELO DECRETO-LEI Nº 236/98 DE 01 DE AGOSTO	94
TABELA 5 - RESULTADOS ANALÍTICOS DA ÁGUA DA ALBUFEIRA DE TOUVEDO (2000-2004)/ OBJETIVOS DE QUALIDADE ESTABELECIDOS PELA LEGISLAÇÃO EM VIGOR - DECRETO-LEI Nº 306/07 DE 27 DE AGOSTO	98
TABELA 6 - RESULTADOS ANALÍTICOS DA ÁGUA DA ALBUFEIRA DE TOUVEDO (2014)/ OBJETIVOS DE QUALIDADE ESTABELECIDOS PELA LEGISLAÇÃO EM VIGOR - DECRETO-LEI Nº 306/07 DE 27 DE AGOSTO	101
TABELA 7 - AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA À SAÍDA DA ETA (2014) DE ACORDO COM O DECRETO-LEI Nº 306/2007 DE 27 DE AGOSTO.....	106
TABELA 8 - AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA NOS PONTOS DE ENTREGA E RESERVATÓRIOS (2014) DE ACORDO COM O DECRETO-LEI Nº 306/2007 DE 27 DE AGOSTO	109
TABELA 9 - AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DO PLANO DE CONTROLO DA QUALIDADE DA ÁGUA (PCQA) DA ETA DE S. JORGE.....	112
TABELA 10 - RESULTADOS IQF TOTAL E IFQ CIANOBACTÉRIAS NA ÁGUA BRUTA E ÁGUA OZONIZADA (2014)	114
TABELA 11 - RESULTADOS DAS BACTÉRIAS COLIFORMES NA ÁGUA BRUTA E ÁGUA OZONIZADA (2014)	115
TABELA 12 - RESULTADOS DA TURVAÇÃO NA ÁGUA BRUTA E ÁGUA FLOTADA (2014)	116
TABELA 13 - RESULTADOS DA TURVAÇÃO NA ÁGUA BRUTA E ÁGUA FILTRADA (2014)	117
TABELA 14 - RESULTADOS DO ALUMÍNIO NA ÁGUA BRUTA E ÁGUA FILTRADA (2014)	118
TABELA 15 - RESULTADOS DE TURVAÇÃO AO LONGO DO PROCESSO DE TRATAMENTO (2014)	119
TABELA 16 - RESULTADOS IQF TOTAL E IFQ CIANOBACTÉRIAS AO LONGO DO PROCESSO DE TRATAMENTO (2014)	120
TABELA 17 - RESULTADOS BACTÉRIAS COLIFORMES E E. COLI NA ÁGUA BRUTA E ÁGUA TRATADA (2014) ..	121
TABELA 18 - RESULTADOS ALUMÍNIO AO LONGO DO PROCESSO DE TRATAMENTO (2014)	121
TABELA 19 - RESULTADOS DO CHEIRO DA ÁGUA BRUTA E ÁGUA TRATADA (2014).....	122
TABELA 20 - SUBÍNDICE DA QUALIDADE DE ÁGUA TRATADA (IQA).....	123
TABELA 21 - SUBÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO (IET).....	123

Siglas, Abreviaturas e Acrónimos

AdC - Águas do Cávado;

AdML – Águas do Minho e Lima;

AdNw – Águas do Noroeste;

APA – Agência Portuguesa do Ambiente;

CML - Câmara de mistura lenta;

CMR – Câmara de mistura rápida;

CPPE – Companhia Portuguesa de Produção de Eletricidade;

DCEA – Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente;

DRA – Direção Regional do Ambiente;

EE – Estação Elevatória;

ERSAR- Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos;

ETA – Estação de Tratamento de Águas;

FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;

IEF - Subíndice de Eficiência de Tratamento;

IQA - Subíndice de Qualidade da Água Tratada;

LES – Laboratório de Engenharia Sanitária;

MS – Matéria seca;

PCQA – Plano de Controlo da Qualidade da Água;

PCQAP – Plano de Controlo da Qualidade da Água e Processo;

PCQP – Plano de Controlo da Qualidade do Processo;

PENSAAR – Plano Estratégico para o Setor das Águas de Abastecimento e Saneamento de Águas Residuais;

ST – Sólidos totais;

SV – Sólidos voláteis;

THM – trihalometanos;

UV- Ultravioleta;

VMA – Valor máximo admissível;

VMR - Valor máximo recomendável.

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA

A água é um bem essencial à vida e à sobrevivência dos seres vivos, mas um bem escasso que exige racionar e reaproveitar. Para além da escassez deste recurso natural, temo-nos deparado com um aumento da população, o que leva ao aumento das necessidades de água potável (entre 1900 e 2000 a utilização de água no mundo aumentou 10 vezes). O crescimento populacional e a maior concentração da população em meios urbanos aliado à incerteza dos efeitos que as alterações climáticas podem ter na disponibilidade de água torna a gestão de água um problema global, sendo um grande desafio do século XXI. Tornam-se cada vez mais frequentes os estudos que vaticinam a falta de água como o mais sério problema com que a humanidade se terá de debater no século XXI (World Bank, 1994; Wolf, 1997). “If the wars of this century were fought over oil, the wars of the next century will be fought over water” (Ismail Serageldin vice-presidente do World Bank).

A própria Organização das Nações Unidas (ONU, 2002) admite que, dentro de vinte anos, metade da população mundial não terá acesso a água potável de qualidade satisfatória. Cada vez mais se torna pertinente a promoção do uso eficiente deste precioso líquido, ou seja, a água não deve ser desperdiçada e a sua qualidade deve ser adaptada ao tipo de utilização (i.e., “fit-for-use”).

A oferta de água para consumo humano é, regra geral, efetuada a partir de água doce de origens superficiais ou subterrâneas, por razões de ordem técnica e económica. A escolha

entre estas duas possibilidades é condicionada pela dimensão da população a servir mas, também, pela presença de aquíferos. Normalmente, as massas de água contêm contaminantes de origem natural e antropogénica, impondo-se um tratamento prévio, de forma ao cumprimento dos requisitos legais impostos. As águas subterrâneas são geralmente isentas de microrganismos patogénicos e com menores teores de matéria orgânica, mas podem conter elevados teores em sais dissolvidos, como manganês e nitratos. As de origem superficiais têm uma maior variedade e variabilidade de contaminantes químicos e biológicos, em alguns casos potencialmente patogénicos (Brito et al, 2012).

A correta seleção das reservas hídricas destinadas à origem dos sistemas de abastecimento público é de fundamental importância, na medida em que quanto melhor for a sua qualidade menos dispendioso será o processo de obtenção de água tratada e mais segura será a sua utilização. No entanto, a existência de recursos hídricos com potencialidades para a produção de água para consumo humano está em constante decréscimo devido à deterioração da sua qualidade.

A seleção do processo de tratamento é uma tarefa complexa, que obriga a análise de várias variáveis tais como: qualidade da água bruta, qualidade da água tratada exigida, características dos sistemas de distribuição, condições físicas e económicas, impacto ambiental e flexibilidade do processo de tratamento com vista a possíveis alterações, quer da qualidade da água bruta, quer das necessidades da água tratada, em quantidade e qualidade.

O tratamento da água tem como principal objetivo a eliminação de poluentes e contaminantes prejudiciais e nocivos para a saúde, ou seja, proteger a saúde pública tornando a água tão agradável à vista e ao paladar, quanto possível, e evitar a destruição dos materiais do sistema de abastecimento de água. As finalidades do tratamento podem ser agrupadas em:

- i) higiénicas – remoção de bactérias, elementos venenosos ou nocivos, minerais e compostos orgânicos em excesso, protozoários e outros microrganismos;
- ii) estéticas – correção da cor, turvação, odor e sabor;
- iii) económicas – redução da corrosibilidade, dureza, cor, ferro, manganésio, etc. (Alves, 2007).

De acordo com as suas características físicas, químicas e microbiológicas, as águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano são classificadas nas categorias A1, A2 e A3, de acordo com as normas de qualidade fixadas no Anexo I do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto, a que correspondem esquemas de tratamento tipo distintos, definidos no anexo II do mesmo Decreto-Lei, para as tornar aptas ao consumo humano. A água classificada como A1 é a água que apresenta melhor qualidade e a água A3 a pior.

Nas águas classificadas como tipo A1 o tratamento recomendado é físico e uma desinfecção final, nas classificadas como A2 o tratamento utilizado é físico, químico e desinfecção e nas águas do tipo A3 o tratamento deve consistir em processos físicos, químicos, afinação e desinfecção.

A classificação do tipo de água bruta é realizada pelas DRA (Direção Regional do Ambiente) em colaboração com a APA (Agência Portuguesa do Ambiente).

Com o objetivo de dar resposta a todos estas dificuldades e desafios Portugal passou a dispor de uma Estratégia Nacional materializada em Planos Estratégicos de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR):

- PEAASAR I 2000-2006;
- PEAASAR II 2007-2013;
- PENSAAR 2020 - Nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

A proposta do PENSAAR 2020 foi elaborada por uma comissão criada pelo Despacho n.º 9304/2013, de 2 de julho, tendo por base apoiar a nova estratégia para o setor nos pilares em que assentaram os anteriores planos estratégicos para o setor, designadamente o PEAASAR I (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2000-2006) e o PEAASAR II para o período 2007-2013. O PENSAAR 2020 pretende identificar e clarificar de forma consistente os problemas que afetam o setor e definir uma estratégia com base em objetivos de sustentabilidade em todas as suas vertentes – técnica, ambiental, económica, financeira e social – de modo a criar um contexto de aceitação global a médio (2014-2020) e longo prazo (para além de 2020). Pretende agregar essa estratégia de sustentabilidade a uma parceria ganhadora em que todos os

atores setoriais possam associar-se e obter ganhos partilhados, permitindo um salto qualitativo do setor e, pretende que esta seja uma estratégia dinâmica cuja implementação possa ser assegurada através de um Grupo de Apoio à Gestão (GAG), que garanta o apoio à boa governança do setor de uma forma contínua, incluindo a monitorização e atualização anual do PENSAAR 2020. Esta proposta permite contribuir para um setor de excelência com desempenho elevado num contexto que exige também solidariedade e equidade, permitindo conciliar forças potencialmente divergentes intrínsecas a um setor que produz um bem económico e social.

O Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de agosto estabelece as normas de qualidade da água destinada ao consumo humano, tendo por objetivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes de eventual contaminação dessa água e assegurar a disponibilização tendencialmente universal de água salubre, limpa e desejavelmente equilibrada na sua composição.

As entidades gestoras têm a responsabilidade de dar respostas a estas exigências legais, sendo que a otimização e o controlo do processo de tratamento estabelecido deve assegurar que são implementadas as ações necessárias à correção e ajuste em tempo oportuno da operação das diferentes fases do processo de tratamento, garantindo a qualidade da água de abastecimento de acordo com a legislação aplicável.

O presente trabalho vem de encontro a estas necessidades, propondo instrumentos de monitorização e análise da eficiência do processo de tratamento a implementar numa ETA, apresentando como estudo de caso: a ETA de S. Jorge. Pretende-se que seja um trabalho com aplicação prática e com capacidade de auxiliar outras ETA na melhoria do processo de tratamento.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Neste contexto o objetivo geral deste estudo é conceber um conjunto de ferramentas que permitam avaliar e melhorar a eficiência de uma ETA. Utilizou-se como caso de estudo a ETA de S. Jorge.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A realização do objetivo geral passa pela realização dos seguintes objetivos específicos:

- Elaboração de um Plano de Controlo Analítico Interno para a ETA de S. Jorge;
- Elaboração de uma Rotina de Controlo do Processo de Tratamento da ETA de S. Jorge;
- Avaliação da influência da alteração da qualidade da água bruta da Albufeira de Touvedo, no funcionamento da ETA;
- Verificação do cumprimento da qualidade da água de acordo com a legislação vigente e respetiva eficiência do processo de tratamento.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Em termos organizacionais este trabalho apresenta-se estruturado em seis capítulos. No presente capítulo, é feita uma pequena introdução do tema, indicando os objetivos do trabalho e a forma como foi organizada a dissertação.

No capítulo 2 foi efetuada uma revisão bibliográfica mais atualizada sobre as tecnologias de tratamento de água mais utilizadas, as características da qualidade de água e os sistemas de avaliação do desempenho de sistemas de abastecimento de água para conhecer o desenvolvimento da técnica e da ciência neste domínio e o respetivo enquadramento legal.

No capítulo 3 fez-se a descrição do caso de estudo, o Subsistema de Tratamento de Água de S. Jorge, pertencente à empresa Águas do Noroeste. Inicialmente fez-se uma síntese do estudo que esteve na origem do projeto de execução da ETA, depois definiu-se a localização e constituição do Subsistema e por fim a explicação do processo de tratamento implementado na ETA.

No capítulo 4 fez-se uma descrição da metodologia utilizada neste trabalho, que pretende responder aos objetivos inicialmente propostos.

O capítulo 5 compreende todos os resultados obtidos neste trabalho e sua análise.

No capítulo 6, são apresentadas as conclusões deste trabalho e apontados alguns trabalhos a desenvolver no futuro.

Por fim listam-se as referências bibliográficas citadas no texto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

O processo de tratamento de água implementado numa ETA tem como objetivo produzir uma água de qualidade que cumpra a legislação em vigor, com os menores custos de implantação, manutenção e operação possíveis.

Convencionalmente usa-se um conjunto diverso de operações unitárias (e.g., coagulação-floculação, sedimentação, filtração e desinfecção). A remoção de dureza, sobretudo, importante em processos industriais, recorre à precipitação química e/ou à permuta iónica. A adsorção em carvão ativado é eficiente na remoção de cor, odor e sabor. Recentemente, processos membranares como a osmose inversa, a nanofiltração e a eletrodialise têm sido aplicadas com sucesso no tratamento de águas mas carecem ainda de uma redução de custos de exploração, atualmente ainda pouco competitivos (Brito et al, 2012). Para além dos processos descritos anteriormente existem outros processos de tratamento aplicados normalmente em ETA. De seguida descrevem-se sumariamente as principais tecnologias de tratamento de água.

2.1.1. PRÉ-OXIDAÇÃO

A pré-oxidação normalmente traduz o início do processo de tratamento da água bruta, na qual é injetada uma substância oxidante, como o ozono, cloro, permanganato de potássio,

dióxido de cloro, etc. Estas substâncias permitem a oxidação das substâncias presentes, nomeadamente a matéria orgânica, micropoluentes e metais. Sendo realizada com ozono é designada por pré-ozonização, e com cloro é a pré-cloragem.

A pré-ozonização tem a vantagem de não formar produtos organoclorados, compostos cancerígenos, nem cloraminas (resultantes da reação do cloro com a matéria orgânica), que dão sabor à água, o que acontece frequentemente nas águas onde a pré oxidação é feita com cloro. Tem ainda uma ação mais rápida, principalmente sobre protozoários, mas também sobre o ferro e manganês. Apesar das desvantagens enumeradas acima, o cloro é o oxidante mais utilizado, principalmente em ETA de menores dimensões.

Esta fase é de grande importância, pois favorece as fases seguintes, nomeadamente a floculação e a filtração, evitando a proliferação de algas e microrganismos nas instalações.

2.1.2. REMINERALIZAÇÃO

Também conhecida por recarbonatação, esta técnica de tratamento tem por objetivo o aumento do pH e do teor em cálcio, contribuindo para a formação de uma capa de proteção contra a corrosão eletroquímica nas condutas e restantes estruturas, e promovendo a melhoria das características organolépticas da água para consumo. Geralmente é feita através da ação de carbonatos formados pela adição conjunta de dióxido de carbono (CO_2) e água de cal (Ca(OH)_2), o que permite atingir o equilíbrio calco carbónico (estabilidade química) da água. Entende-se por estabilidade química, o processo de ajuste do pH, da concentração de cálcio e da alcalinidade da água, por forma a atingir-se o equilíbrio de saturação do carbonato de cálcio (CaCO_3). Uma vez que uma água estabilizada não dissolve nem precipita CaCO_3 , não removerá a camada de carbonato que protege as tubagens contra a corrosão, nem provocará a deposição daquele composto.

O bicarbonato de cálcio é instável e, mantém-se dissolvido pelo anidrido carbónico (CO_2) equilibrante. Assim, é importante assegurar uma certa quantidade de CO_2 para que a água se apresente estabilizada. Se, por alguma razão, o CO_2 equilibrante se torna insuficiente, uma parte do bicarbonato de cálcio decompõe-se, libertando o CO_2 que restabelece o equilíbrio carbónico, mas precipitando o carbonato que origina a incrustação.

2.1.3. COAGULAÇÃO – FLOCULAÇÃO

O objetivo principal de um processo de coagulação é o de promover a agregação de colóides em suspensão, de modo que adquiram densidade suficiente para precipitar, em tempo útil, num decantador, num flotador, ou para serem capturados num processo de filtração e assim serem removidos. Por via da remoção de sólidos em suspensão, o processo elimina turvação, cor (aparente), matéria orgânica natural (e.g. substâncias húmicas) e microrganismos (Brito et al, 2012). Uma coagulação – floculação permite, pois, a eliminação, total ou parcial das partículas inertes (limos, argilas e coloides), das partículas vivas (algas, micro-invertebrados como quistos de protozoários parasitas como a Giardia ou Cryptosporidium) e da fração “floculável” de uma água (metais pesados, ácidos húmicos).

O termo coagulação é normalmente aplicado ao mecanismo de desestabilização e transporte dos colóides, promovido por agitação da água de modo a dispersar o coagulante. Num sentido estrito, o termo floculação aplica-se ao processo de transporte, que permite a aglomeração das pequenas partículas em flocos bem definidos, através da agitação lenta durante um período de tempo mais longo (Brito et al, 2012).

Os coagulantes comerciais mais utilizados são o sulfato de alumínio, aluminato de sódio, sais de ferro, sais metálicos pré-hidrolisados e polímeros orgânicos sintéticos (polieletrólitos). São ainda utilizados adjuvantes de coagulação, como bentonite, sílica ativada e diatomite, permitindo reduzir a dose de coagulante necessária (Brito et al, 2012).

A seleção do tipo e da dose de coagulante e/ou polímero é normalmente conseguida com recurso a ensaios experimentais, dos quais o “jar test” é o mais usual.

2.1.4. SEDIMENTAÇÃO/ DECANTAÇÃO

O processo de sedimentação/ decantação tem por objetivo a separação das partículas sólidas, pela ação da gravidade. Podem ser removidas areias, matéria particulada e flocos químicos provenientes de processos de coagulação-floculação. O aumento da concentração de sólidos, em espessadores de lamas, é também possível (Brito et al, 2012).

O termo decantação é aplicado, normalmente, quando o objetivo é a obtenção de um líquido clarificado, enquanto o termo sedimentação é usado quando se pretende concentrar lamas. Os decantadores são o equipamento industrial utilizado para o efeito (Brito et al, 2012).

As partículas em suspensão na água tendem a sedimentar por ação da gravidade. Contudo, a velocidade de sedimentação é afetada pelo tamanho, forma e massa volúmica das partículas, bem como pelas propriedades físicas da água (Brito et al, 2012).

2.1.5. FLOTAÇÃO

Este processo tem por objetivo a separação das partículas sólidas e aplica-se naturalmente a águas isentas de partículas em suspensão pesada, tal como argilas, micro-areias, mas que pelo contrário têm tendência para formar, depois da floculação, flocos leves e frágeis, como é o caso das águas de barragens, levemente mineralizadas, e que têm teores elevados de algas e de matérias orgânicas dissolvidas.

A flotação é um processo de separação sólido – líquido ou líquido – líquido que se aplica às partículas em que a massa volúmica é inferior à do líquido que as contém. Se esta diferença de massa é suficiente para naturalmente haver uma separação, a flotação diz-se natural. Chama-se flotação assistida, se são aplicados meios externos para melhorar a separação das partículas naturalmente flotantes. A flotação é provocada se a massa volúmica da partícula, que é originalmente maior do que a massa volúmica do líquido, é artificialmente reduzida. Ela tira partido da aptidão de certas partículas sólidas (ou líquidas) tem a unir-se a bolhas de gás (normalmente ar) para formar complexos partícula-gás, menos densos que o líquido.

Para realizar a operação de flotação provocada, utiliza-se ar dissolvido sob a forma de bolhas finas, que se agregam às partículas sólidas. À medida que esta agregação das partículas vai acontecendo, a densidade do conjunto bolha/ partícula atinge uma densidade inferior à do líquido, o que arrasta até à superfície.

A flotação permite a eliminação de flocos formados na etapa da floculação imediatamente a montante. Face ao tipo de água bruta em questão, com baixa turvação e presença potencial de algas, o floco formado deverá ser ligeiro. Nesta situação o processo ideal de clarificação é a flotação por ar dissolvido.

A Flotação permite a remoção de ferro, manganês, cor, sólidos solúveis totais (SST), turbidez, algas, óleos, etc.. Flotadores sem coagulantes removem de 40 a 80% de sólidos em suspensão e óleos e graxas, com coagulantes podem retirar 80 a 93% dos sólidos e 85% dos óleos e graxas.

2.1.6. FILTRAÇÃO

A filtração é, geralmente, o processo final de separação sólido-líquido num sistema de tratamento de água. O objetivo é, principalmente, remover sólidos suspensos e flocos de menores dimensões resultantes do processo de coagulação-floculação. Também permite remover matéria coloidal, lodos, larvas de insetos, algas, microrganismos e, eventualmente, precipitados de ferro e manganês, melhorando a cor, odor e sabor.

Na filtração de águas, são usados dois métodos: filtração sobre suporte (filtração á superfície), efetuada através de um material filtrante introduzido no início do ciclo de operação, formando uma camada porosa sobre um suporte fixo; ou filtração em leito granular (filtração profunda), efetuada através de um leito de material granulado, normalmente constituído por camadas de areia e, eventualmente, também de antracite, ou mesmo de granada (Brito et al, 2012).

A filtração em leito granular é o método mais comum. Neste processo, o principal mecanismo envolvido é a remoção mecânica, em que as partículas maiores do que os poros do filtro são retidas. No entanto, outros mecanismos podem também estar envolvidos, tais como: sedimentação, difusão, adsorção química (permuta iónica, pontes de hidrogénio); absorção física (forças electroestáticas: Forças de Van der Waals); floculação; crescimento biológico; impacto inercial (partículas de elevada massa não seguem as linhas de escoamento) (Brito et al, 2012).

Em geral, durante a filtração a água passa de cima para baixo, através do filtro, devido a uma combinação de pressão somada à sucção do fundo. O filtro opera até que a qualidade da água comece a deteriorar-se ou até que a perda de carga se torne excessiva. Nessa altura, o filtro é posto fora de serviço e limpo por lavagem contra corrente, revertendo-se o fluxo do leito.

Um meio filtrante ideal possui diâmetro suficientemente grande para formar poros de dimensão capazes de reter grandes quantidades de flocos e diâmetro suficientemente pequeno para evitar a passagem de sólidos em suspensão. Possui também profundidade adequada para permitir corridas de filtração suficientemente longas.

Um meio duplo de areia-carvão permite o uso de carvão relativamente graúdo sobre uma camada de areia fina, geralmente com profundidade de 300 mm. A camada superior de carvão do tipo antracite apresenta poros 20% maiores do que a areia, promovendo assim, um meio que passa de grosso para fino na direção do fluxo. Os flocos maiores são absorvidos e retidos na camada de carvão, enquanto o material mais fino é retido na camada de areia. Conseqüentemente, o leito apresenta uma profundidade efetiva de filtração maior, evitando a colmatação prematura.

Na filtração é importante saber o tamanho das partículas e se a contaminação é de particulados, gás ou oleosa. Um filtro de areia, por exemplo, funciona bem para partículas de 5 a 25 micra, mas não vai filtrar bactérias nem vírus com tamanho entre 0,1 e 10 micra. Neste caso recomenda-se a ultrafiltração ou osmose reversa.

2.1.7. ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO

O objetivo da absorção em carvão ativado é a remoção de substâncias orgânicas em solução, responsáveis designadamente por perturbações organoléticas (cor, odor e gosto), transferindo-as para um adsorvente sólido, o qual ficam ligadas por forças químicas ou físicas. Este processo permite ainda remover contaminantes orgânicos persistentes (hidrocarbonetos, organofosforados e outros disruptores endócrinos). A concentração ou acumulação de substâncias ocorre na interfase sólido – líquido. O material a ser concentrado na superfície chama-se adsorbato e a fase que absorve é chamada adsorvente (Brito et al, 2012).

Na adsorção química, há estabelecimento de ligações químicas entre o adsorbato e a superfície do adsorvente. Por outro lado, na adsorção física, caracterizada por uma energia de adsorção baixa, a adsorção é reversível e devida principalmente a forças atrativas de Van der Waals. A adsorção em carvão ativado é um caso típico de adsorção física, em que o adsorbato se deposita quer na superfície externa de sólido quer no interior do grande número de capilares que a constituem (Brito et al, 2012).

Uma vez que a adsorção é um fenómeno de superfície, é importante que os adsorventes proporcionem uma grande área superficial externa e interna associada à sua estrutura porosa. A capacidade de adsorção depende, portanto, do tipo e tamanho dos poros, bem como da sua distribuição, e da natureza da superfície do adsorvente. Os poros num adsorvente são classificados em função do diâmetro como: Macroporos: $\Phi > 50$ nm; Mesoporos: $2 < \Phi < 50$ nm e Microporos: $\Phi < 2$ nm.

A natureza físico-química do adsorvente influencia a velocidade e a capacidade de adsorção. Potencialmente todos os sólidos são adsorventes, sendo o carvão ativo o mais usado, em pó – PAC (powdered activated carbon) – e em grão – GAC (granular activated carbon). Outros adsorventes como alumina ativada, resinas adsorventes e argilas coloidais são também usados no domínio do tratamento de águas (Brito et al, 2012).

A adsorção do carvão ativado pode ser realizada em modo descontínuo, sendo o carvão adicionado continuamente à solução até o soluto a remover atingir a concentração desejada; depois o carvão deve ser regenerado. Na operação de um sistema contínuo, podem ser usados reatores de leito fixo ou de leito fluidizado contendo GAC (Brito et al, 2012).

2.1.8. PERMUTA IONICA

O objetivo do processo de permuta iónica é a eliminação de determinados iões da água, por troca reversível e estequiométrica com outros iões do mesmo sinal presentes num sólido ou num líquido imiscível, denominado resina permutadora (Brito et al, 2012).

As resinas utilizadas na permuta iónica são sintéticas, consistindo numa matriz polimérica onde estão fixados grupos funcionais por ligações covalentes, aos quais estão ligados iões móveis. As resinas são classificadas, de acordo com a carga desses iões móveis, em resinas catiónicas (permutam catiões) ou resinas aniónicas (permutam aniões) (Brito et al, 2012).

2.1.9. AMACIAMENTO POR PRECIPITAÇÃO QUÍMICA

O amaciamento por precipitação química consiste na remoção da dureza de uma água sob a forma de cristais insolúveis de carbonato de cálcio, CaCO_3 , e de hidróxido de magnésio, Mg(OH)_2 (Brito et al, 2012).

A aceitação pública do nível de dureza da água varia de comunidade para comunidade e com as origens da água efetivamente disponíveis, sendo que se admite a presença de teores residuais de dureza na água tratada, da origem dos 50 mg/L a 150 mg/L, expressos como CaCO_3 . O valor máximo admissível em águas para consumo humano é de 500 mg/L (como CaCO_3) (Brito et al, 2012).

Os processos mais utilizados na precipitação química são: o processo com adição de cal e, eventualmente também de soda – processo cal – soda –, é o mais comumente usado. No entanto, em vez de cal, ou conjuntamente com ela, é também usado o hidróxido de sódio (NaOH) (Brito et al, 2012).

2.1.10. DESINFEÇÃO

Os processos de desinfecção têm como objetivo a destruição ou inativação de organismos patogênicos (bactérias, vírus e parasitas), capazes de produzir doenças e, evitar o desenvolvimento de biofilme (bactérias e outros microrganismos) na rede de distribuição – efeito remanescente.

A desinfecção não implica, necessariamente, a destruição completa de todas as formas vivas (esterilização), embora muitas vezes o processo de desinfecção seja levado até ao ponto de esterilização.

Os agentes físicos mais utilizados são o calor (ferver a água) e a luz do sol (radiação UV); meios mecânicos como a filtração por membranas, a sedimentação e a precipitação química; radiação eletromagnética, acústica e UV.

De entre os agentes químicos, os halogêneos (e.g. cloro, bromo e iodo) e, em particular, o cloro são os mais usados. O cloro e derivados (ClO_2 , cloraminas, etc.) são germicidas mas também destroem cheiros e sabores e favorecem a oxidação do ferro, manganês e H_2S . Porém, na presença de determinados compostos orgânicos, podem formar produtos não desejáveis (e.g. trihalometanos (THM), de que é exemplo o triclorometano ou clorofórmio, CHCl_3). São também agentes químicos, utilizados em processos de desinfecção, outros oxidantes (e.g. KMnO_4 , ozono, H_2O_2) e sais metálicos (e.g., sais de prata). Por razões económicas, os desinfetantes químicos são os mais utilizados e o cloro predomina no tratamento de água (Brito et al, 2012).

Os desinfetantes devem possuir toxicidade para os microrganismos e não ser tóxicos para os seres superiores nas concentrações aplicadas; possuir coeficiente de morte celular elevado; ser suficientemente persistentes para prevenir o reaparecimento dos microrganismos nos sistemas de distribuição; ser solúveis em água ou nos tecidos celulares; possuir estabilidade e ser uniformes na composição; não ser corrosivos; desodorizar e desinfetar simultaneamente; ter baixo custo e existir em quantidades apreciáveis (Brito et al, 2012).

2.1.11. SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS

O processo de separação por membranas têm ganho utilidade crescente e aplicações cada vez mais diversificadas. Atualmente, no mundo, produz-se água para consumo por osmose inversa, nanofiltração e ultrafiltração, sendo a osmose inversa o processo mais destacado (Brito et al, 2012).

Membranas são barreiras seletivas que separam duas fases, restringindo, parcial ou totalmente, a passagem de um ou mais componentes de uma fase para outra. Podem ser sólidas ou líquidas, naturais ou sintéticas, neutras ou carregadas. As membranas sintéticas podem ser orgânicas (poliméricas ou líquidas) ou inorgânicas (cerâmicas ou metálicas). As membranas sólidas podem ser classificadas como simétricas (isotrópicas) ou assimétricas (anisotrópicas), que podem ser densas (poros < 2 nm) ou porosas (poros na faixa de 2 nm a 10 µm). A espessura de membranas simétricas varia entre 10 a 200 µm, sendo a resistência ao transporte de massa dependente da espessura total da membrana.

O grande avanço da aplicação industrial de processos com membranas foi o desenvolvimento de membranas assimétricas, que consistem em uma camada de topo densa, com uma espessura entre 0,1 a 0,5 µm, suportada por uma camada porosa, com espessura de 50 a 150 µm. A resistência ao transporte de massa é determinada principalmente pela camada de topo (Ghiggi, 2011).

A separação em membranas porosas ocorre principalmente por exclusão de tamanhos, de forma que partículas maiores que o tamanho dos poros são retidas, e partículas menores passam pelas membranas. Já em membranas densas, a separação ocorre entre os componentes das fases com o material da membrana.

O transporte através da membrana ocorre quando há diferença de potencial químico ou elétrico entre as fases. A força motriz pode ser o gradiente de pressão, de composição (concentração ou pressão parcial) ou de potencial elétrico.

Algumas vantagens dos processos de separação com membranas em relação aos processos de separação convencionais são: temperatura e pressão de operação moderadas e baixo consumo de energia.

2.2. CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA

2.2.1. PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

BACTÉRIAS

A maioria das doenças associadas à água é transmitida por microrganismos patogénicos de origem fecal. A presença destes microrganismos na água é detetada através da análise de microrganismos indicadores. O microrganismo mais utilizado como indicador é uma espécie do grupo de coliformes termotolerantes, a *Escherichia coli* (E. coli), uma vez que é de origem fecal, e raramente se desenvolve em ambientes naturais não poluídos.

Outro indicador da eficiência do processo de desinfecção no tratamento e da integridade do sistema de distribuição de água são os coliformes totais.

As bactérias heterotróficas também podem ser utilizadas para controlar a qualidade da água, principalmente nos sistemas de adução. A presença de um grande número de bactérias heterotróficas na água inibe o crescimento de coliformes, podendo gerar resultados falso-negativos (Pádua e Ferreira, 2006). As principais bactérias patogénicas presentes em sistemas de adução são: *Campylobacter jejuni*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae* e *Yersinia enterocolitica* (Bernardo e Paz, 2010).

VÍRUS

Os vírus são microrganismos patogénicos que se desenvolvem no trato intestinal de animais, sendo estes chamados de vírus entéricos. A sua utilização como microrganismo indicador não é viável, já que a quantidade de vírus entéricos na água é pequena (Libânio,

2010). Os vírus que estão mais presentes nos sistemas de distribuição de água são: Adenovírus, Enterovírus, Hepatite A, Norwalk, Reovírus, Coxsackie e Rotavírus (Bernardo e Paz, 2010).

PROTOZOÁRIOS

Os dois principais protozoários transmissores de doenças de veiculação hídrica são a *Giardia* e *Cryptosporidium*. Estes protozoários apresentam-se sobre a forma de cistos e oocistos, respetivamente, e são capazes de sobreviver em ambientes aquáticos limpos, além de serem resistentes à desinfecção, principalmente quando se utiliza como agente desinfetante compostos de cloro (Bernardo e Paz, 2010).

Segundo Bernardo e Paz (2010) a melhor forma de remover os protozoários prende-se com a eliminação da turvação, já que estes têm facilidade de aderir à matéria orgânica e inorgânica que tornam uma água turva.

ALGAS E CIANOBACTÉRIAS

As cianobactérias, também designadas por “algas azuis e verdes”, constituem um grupo muito diverso de espécies bacterianas (>2000) com capacidade para realizar a fotossíntese. Estas bactérias são omnipresentes no solo e nas águas superficiais, onde na ausência de eutrofização são impercetíveis a olho nu. Contudo na presença de condições que promovam a eutrofização das massas de água, formam-se fluorescências exuberantes, que são predominantemente constituídas por cianobactérias. Em muitas situações estas multiplicam-se a velocidades muito superiores à dos outros organismos. Para o aparecimento e velocidade de formação de florescências concorrem: a disponibilidade de nutrientes (fósforo e azoto); a insolação, fonte de energia que as cianobactérias usam para se multiplicar; a temperatura da água (>15°); as condições de estagnação e estratificação térmica da água (ventos fracos).

Em Portugal e nos outros países com um clima temperado as espécies do género *Microcystis* (ex. *Microcystis aeruginosa*) são as mais preponderantes. Para além destas espécies, as dos géneros *Anabena*, *Planktothrix*, *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis* e *Nodularia* são também comuns nas fluorescências.

A proliferação de algas e cianobactérias em massas de água trazem vários problemas no tratamento de água, como o aumento do consumo de produto químico, redução da sedimentabilidade dos flocos, que conseqüentemente vão ser transportados para os filtros, provocando menores carreiras de filtração, elevado consumo de cloro na desinfecção, além do aumento da possibilidade de THM) (Bernardo e Paz, 2010; Libânio, 2010).

As cianobactérias não têm capacidade para colonizar o organismo humano ou animal pois não são consideradas patogênicas. Mas, em determinadas condições muitas espécies de cianobactérias produzem compostos tóxicos e/ou cancerígenos (cianotoxinas) para o homem e animais, que acumulam no interior das suas células.

2.2.2. PARÂMETROS INDICADORES

TEMPERATURA

A temperatura é um parâmetro de grande importância, dado que tem influência na velocidade das reações químicas, na solubilidade dos gases, na taxa de crescimento dos microrganismos, entre outras. É importante medir a temperatura da água nas várias fases, principalmente na água bruta. O aumento da temperatura na água bruta é indicador do aumento de matéria orgânica, e essencialmente do crescimento de algas.

COR

A cor das águas naturais, representada pela parte dissolvida da matéria orgânica na água é basicamente causada pela presença de compostos orgânicos, originados da decomposição de matéria orgânica vegetal e animal, sendo estes compostos denominados de substâncias húmicas. Pode ter igualmente origem na presença de ferro e manganês. Ela pode ser classificada como cor aparente, que representa a cor causada por matéria dissolvida mas a parcela em suspensão, e a cor verdadeira, representada somente pela matéria dissolvida (Bernardo e Paz, 2010).

TURVAÇÃO

A designação de uma água turva é aplicada às águas que contenham matérias em suspensão, as quais interferem com a passagem da luz através da água. A turvação pode

ser causada por uma enorme variedade de matérias em suspensão, de origem orgânica ou inorgânica, as quais variam desde partículas coloidais até sólidos de certas dimensões.

A turvação da água bruta é altamente influenciada pelo regime de chuvas da região e pela característica da cobertura vegetal da bacia hidrográfica. Períodos chuvosos e bacias desprotegidas elevam a turbidez das massas de água.

CHEIRO E SABOR

Alterações do sabor e do cheiro podem estar associadas a problemas diversos na água de consumo, resultantes de crescimento biológico ou de atividades industriais. A origem desses problemas pode estar na captação, na ETA (resultante de reações químicas com os desinfetantes), no sistema de distribuição e/ou na rede interna dos consumidores. Sabores e cheiros podem ser causados por contaminantes minerais presentes na água, cianobactérias e algas. A vegetação caída é provavelmente a causa mais vulgar de alterações do sabor e do cheiro em captações superficiais. Em águas tratadas, o cloro pode reagir com matéria orgânica e causar cheiros.

2.2.3. PARÂMETROS QUÍMICOS

PH

O pH indica a acidez ou alcalinidade de uma solução. Não representa a medição da quantidade de ácidos ou bases, mas antes a relação dos ácidos e das bases. O pH descreve a atividade do íon hidrogénio, e varia entre 0 e 14. Todas as águas naturais têm valores de pH entre 6,0 e 8,0, sendo o 7,0 considerado pH neutro; se $\text{pH} < 7,0$ o meio é ácido; se o $\text{pH} > 7,0$ o meio é básico. O pH é fundamental para os processos de coagulação, floculação, filtração e desinfecção ocorram eficientemente, sendo monitorizado em todo o processo de tratamento. Além disso, o controle de pH na saída do tratamento tem a finalidade de conservar as redes de distribuição contra corrosões ou incrustações (Libânio, 2010).

CONDUTIVIDADE

A condutividade da água é uma medida da quantidade de carga transportada pelos iões. Quando a fonte de iões provém de impurezas a condutividade, transforma-se numa medição de pureza. Quanto menor a condutividade, mais pura é a água.

OXIGÉNIO DISSOLVIDO

Todos os organismos vivos estão dependentes, de uma forma ou de outra, do oxigénio para manter a atividade metabólica que produz energia para o crescimento e para a reprodução. Nas massas de água, a solubilidade do oxigénio depende de diversos fatores, dos quais se salientam a pressão atmosférica, a temperatura e a salinidade. À medida que a temperatura e a salinidade aumentam a solubilidade do oxigénio diminui. As variações dos teores de oxigénio dissolvido são de grande importância, principalmente nos casos de diminuição. Um aumento da temperatura conduz a uma diminuição do teor de oxigénio dissolvido porque diminui a sua solubilidade e aumenta o número de microrganismos consumidores de oxigénio.

ALUMÍNIO

O alumínio é o elemento metálico mais abundante e constitui cerca de 8% da crosta terrestre. Os níveis de alumínio na água de consumo humano dependem da sua ocorrência nas origens de água e da sua utilização como coagulante no tratamento da água. Para minimizar os níveis residuais de alumínio na água tratada, o processo de coagulação deve ser otimizado e o seu controlo deve ser efetuado no tratamento, à saída da ETA e na rede de distribuição. Quando os níveis residuais são elevados, o alumínio pode precipitar no sistema de distribuição, pelo que, alterações de escoamento podem originar a ressuspensão de sedimentos e um aumento nos níveis de alumínio na água distribuída, podendo originar problemas de cor e turvação.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, o teor de alumínio acima do qual pode haver efeitos na saúde é de 900 µg/L. No entanto, aquela entidade não estabelece um valor guia uma vez que aquele valor excede largamente os níveis de otimização do processo de coagulação com recurso a coagulantes de alumínio. Existem várias formas de minimizar o residual de alumínio na água tratada, como por exemplo, a otimização do pH na coagulação,

dosagem adequada de coagulante, boas condições de mistura na injeção de coagulante e filtração eficiente (100 µg/L, ou menos, para estações de tratamento de grande dimensão; e 200 µg/L, ou menos, para estações de tratamento de pequena dimensão (abastecem menos de 10000 habitantes)). O Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de agosto, que estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, tendo por objetivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes da eventual contaminação dessa água, define um valor paramétrico para o alumínio de 200 µg/L.

A presença deste metal na água para consumo humano é particularmente crítico no caso de água usada em Unidades de Hemodiálise, que terão de efetuar um tratamento próprio de forma a atingir um valor máximo de 0,004 mg/l Al (Despacho nº 14 391/2001, de 24 de maio de 2001).

FERRO E MANGANÊS

O ferro e manganês são elementos naturalmente encontrados em rochas, solos e nas águas naturais, possuindo duas formas essenciais: a forma solúvel (Fe^{+2} , Mn^{+2}) e insolúvel (Fe^{+3} , Mn^{+3} e Mn^{+4}). Normalmente, o manganês ocorre associado há presença de ferro (Libânio, 2010).

No processo de tratamento das ETA pretende-se eliminar o ferro e o manganês para a diminuição da cor da água, podendo ser feita através da pré-oxidação ou pré-cloração, processo que pode favorecer a formação de THM. Esses elementos também são retirados da água quando estão associados aos flocos, sedimentando ou ficando retido nos filtros (Bernardo e Paz, 2010; Libânio, 2010).

O grande inconveniente do ferro e manganês é conferir cor à água, que provoca manchas em roupas e louças, gerando prejuízos econômicos. Além disso, ambos os elementos podem conferir também sabor e odor (Libânio, 2010).

2.3. ENQUADRAMENTO LEGAL

Segundo dados da Organização Mundial de Saúde, cerca de 60% da população mundial tem um precário abastecimento de água, e aproximadamente 80% das doenças do Terceiro Mundo podem ser atribuídas ao consumo de água contaminada. Em 1977 a Conferência

das Nações Unidas declarou os anos oitenta como a "década do abastecimento de água e saúde". O objetivo era fornecer a todas as pessoas água potável para beber.

Até ao início deste século a qualidade de uma água para abastecimento público era qualitativamente avaliada pelo senso comum: a água deveria apresentar-se límpida, agradável ao paladar e sem cheiro desagradável.

Esta forma de avaliação da qualidade da água de abastecimento foi-se tornando cada vez mais fina e quantificada, sendo, atualmente, realizada de forma comparativa a valores de parâmetros normalizados. Em Portugal, esta avaliação é feita através do Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de Agosto.

Este Decreto-Lei estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, procedendo à revisão do Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro, que transpôs para o ordenamento jurídico interno a Diretiva n.º 98/83/CE, do Conselho Europeu, de 3 de Novembro, tendo por objetivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes da eventual contaminação dessa água e assegurar a disponibilização tendencialmente universal de água salubre, limpa e desejavelmente equilibrada na sua composição, estabelecendo, ainda, os critérios de repartição da responsabilidade pela gestão de um sistema de abastecimento público de água para consumo humano, quando a mesma seja partilhada por duas ou mais entidades gestoras. Estipula ainda as obrigações gerais, define os termos da verificação de conformidade, obrigação da garantia de qualidade, as ações de vigilância sanitária, os parâmetros microbiológicos, químicos e indicadores. A água destinada ao consumo humano deve respeitar os valores paramétricos constantes das partes i, ii e iii do Anexo i do presente Decreto-Lei.

O PEAASAR II assumiu-se como uma estratégia social, sustentável e segura com três grandes objetivos estratégicos: universalidade, continuidade e qualidade do serviço; sustentabilidade do sector e proteção dos valores de saúde pública e ambientais. Para o abastecimento de água o PEAASAR II estabeleceu como objetivos até 2013 servir cerca de 95% da população total do País com sistemas públicos de abastecimento de água; obter níveis adequados de qualidade de serviço, mensuráveis pela conformidade dos indicadores de qualidade do serviço definidos pela entidade reguladora; estabelecer orientações para a definição de tarifas ao consumidor final, evoluindo tendencialmente para um intervalo razoável e compatível com a capacidade económica das populações (PEAASAR, 2009).

Foram ainda estabelecidas orientações e fixados objetivos de proteção de valores ambientais no contexto da atividade do setor, com particular destaque para as boas práticas ambientais e para a gestão integrada dos recursos hídricos, o uso eficiente da água, a gestão das águas pluviais numa perspetiva ambiental e a gestão das lamas produzidas nas estações de tratamento de água.

O PENSAAR 2020 vem mudar o paradigma e pretende investir menos na realização de infraestruturas e aumentar o investimento na gestão de ativos, na qualidade dos serviços prestados e na sustentabilidade. Como objetivos estratégicos pretende proteger o ambiente e melhorar a qualidade das massas de água; melhorar a qualidade dos serviços prestados; otimizar e gerir eficientemente os recursos e por fim sustentabilidade económica e financeira.

Portugal dispõe atualmente de modelos diversos de governação, com partição pública e possibilidade de partição privada. Os serviços de água em Portugal são classificados em sistemas em alta e sistemas em baixa, consoante as atividades realizadas pelas entidades gestoras.

Os sistemas em alta são as componentes que respeitam à captação, ao tratamento e à adução e, por vezes, aos reservatórios de entrega. Os sistemas em baixa são as componentes relacionadas com a distribuição da água, nos respetivos ramais de ligação, incluindo por vezes reservatórios.

As entidades gestoras são monitorizadas anualmente pela ERSAR.

Os últimos 20 anos marcaram uma evolução positiva da maior relevância na qualidade da água distribuída aos cidadãos portugueses, traduzida em indicadores de qualidade e de cobertura que colocam Portugal ao nível dos países mais desenvolvidos da União Europeia e do Mundo.

As normas ISO 24500 (24510:2007) (24511:2007) (24512:2007), publicadas em Dezembro de 2007 pela ISO - International Organization for Standardization, constituem o primeiro conjunto de normas de serviço publicadas e contêm recomendações sobre as atividades relativas aos serviços de abastecimento de água e de gestão de águas residuais, preconizando princípios de boas práticas com o objetivo de contribuir para facilitar o diálogo

entre partes interessadas (autoridades competentes, entidades prestadoras do serviço, utilizadores, organizações de consumidores, etc.) e promover o desenvolvimento conjunto e articulado de funções e tarefas (Alegre & Matos, 2010).

Este conjunto de normas divide-se em três normas:

- **ISO 24510:2007** - Recomendações para a avaliação do desempenho e para a melhoria do serviço aos utilizadores.

Esta norma identifica necessidades e expectativas dos utilizadores, com vista a orientar as prioridades de gestão para a satisfação dos utilizadores do serviço. Sugere critérios de avaliação do serviço aos utilizadores e dá exemplos de indicadores de desempenho relacionados com os critérios de avaliação e que podem ser utilizados para avaliar o desempenho do serviço.

- **ISO 24511**: Recomendações para a gestão das organizações e para a avaliação do desempenho do serviço de gestão de águas residuais.

- **ISO 24512**: Recomendações para a gestão das organizações e para a avaliação do desempenho do serviço de abastecimento de água.

Estas 2 normas contêm recomendações de gestão com vista a otimizar os serviços e estabelecem que as entidades gestoras devem fixar de forma inequívoca os seus objetivos para o serviço e determinar os respetivos critérios de avaliação, medidas de desempenho e metas a atingir. São dados exemplos de indicadores de desempenho relacionados com os critérios de avaliação e são dadas sugestões de atividades a desenvolver para satisfazer alguns objetivos.

No caso de sistemas de abastecimento de água, a norma ISO 24512:2007 estabelece que os principais objetivos de gestão a considerar se enquadram nos seguintes aspetos: proteção da saúde pública, satisfação das necessidades dos consumidores, bem como das suas expectativas em relação ao serviço prestado, fornecimento do serviço em condições normais de funcionamento e em situações de emergência, garantia de sustentabilidade da entidade gestora, promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade servida e

proteção do ambiente. Para cada um destes objetivos a norma estabelece critérios de avaliação.

2.4. PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA

De acordo com Bastos et al. (2007) e Bernardo e Paz (2010), os mecanismos de monitorização da água por controlo laboratorial não são suficientes para garantir a qualidade da água e a saúde humana, uma vez que: i) a amostragem baseia-se em princípios estatísticos; ii) a água sofre variações que podem não ser detetadas em tempo útil; iii) os microrganismos indicadores utilizados não indicam a presença ou ausência de uma ampla variedade de organismos patogénicos na água; iv) os valores máximos permitidos para substâncias químicas partem de estudos com grau de incerteza, além de a atualização da legislação ser lenta.

Na prática, a garantia da qualidade da água para abastecimento público é baseada na deteção de indesejáveis constituintes microbiológicos, físicos, químicos e radiológicos, potencialmente perigosos para a saúde humana, através da análise de conformidade dos resultados obtidos na monitorização da qualidade da água fornecida aos consumidores com os valores paramétricos estipulados nas Normas legalmente estabelecidas. Esta metodologia de gestão reativa, frequentemente lenta, complexa e dispendiosa, tem-se revelado ineficaz na deteção e aviso precoces de problemas de qualidade da água abastecida às populações. Na realidade, a monitorização da qualidade da água apenas permite verificar se a água é própria (ou imprópria) para consumo após o seu fornecimento aos consumidores. Verifica-se ainda que os resultados obtidos a partir deste procedimento de monitorização apenas se referem a uma pequena amostra estatisticamente não-representativa da água abastecida, tendo em conta que a concentração dos diversos constituintes definidores da qualidade da água pode sofrer variações bruscas, tanto no tempo como no espaço (Morais, 2013).

A Organização Mundial de Saúde (OMS), através da sua recente publicação *Guidelines for Drinking Water Quality, 4rd edition, 2011*, propõe às entidades gestoras de sistemas de abastecimento público de água um conceito de gestão do processo de produção e distribuição de água potável, através da implementação de Planos de Segurança da Água para consumo humano (PSA). Estes planos constituem uma análise sistemática dos perigos para a saúde pública existentes num determinado sistema de abastecimento e os processos

de gestão necessários ao seu efetivo controle. Promove-se, assim, a mudança de abordagem de um processo de monitorização de conformidade de “fim-de-linha” para um processo de gestão de segurança pró-ativa, compreendendo todas as etapas que compõem o sistema de abastecimento, desde a fonte até ao consumidor. Basicamente, um PSA é um plano preventivo de múltiplas barreiras, no qual a primeira barreira pretende proteger a fonte de água bruta. A segunda barreira procura diminuir os riscos, através da otimização do processo de tratamento. Por fim é importante a proteção do sistema de abastecimento contra a recontaminação, que funciona como a terceira barreira de proteção contra a contaminação da população. Caso ocorra alguma falha, o PSA deve fornecer também planos de contingência (Bernardo e Paz, 2010).

Também a Bonn Charter for Safe Drinking Water (IWA, 2004) propõe princípios gerais para garantir a segurança do abastecimento de água para consumo humano, incorporando a aplicação de PSA e a conformidade com padrões de qualidade (Morais, 2013).

Pela importância dos PSA, em 2010, a OMS e a IWA publicaram o documento Water Safety Plan Manual para auxiliar as Entidades Gestoras de Abastecimento de Água na elaboração dos seus PSA (Morais, 2013).

De acordo com a abordagem proposta pela OMS e pela IWA, a entidade gestora deve assegurar a qualidade da água fornecida através da adoção de um processo de avaliação e gestão de riscos, através da aplicação de um “Quadro de referência para o abastecimento público de água para consumo humano em segurança”.

2.5. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ETA

2.5.1. O QUE É A AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A avaliação de desempenho é um processo pelo qual a organização identifica em que medida o desempenho de cada ETA contribui para satisfazer os objetivos estratégicos e atingir os resultados da organização. A avaliação de desempenho não deve ser entendida como um instrumento de controlo, mas sim como um meio de obter um conhecimento mais eficaz do desempenho, de forma objetiva e rigorosa, proporcionando a melhoria contínua da sua performance. Desta forma, a Avaliação de Desempenho não é um fim em si mesma, é apenas uma ferramenta que tem como objetivo melhorar os resultados da organização.

Assim, este processo deve ser encarado como um acompanhamento contínuo, onde dar e receber feedback (realimentação) constitui o essencial do percurso.

2.5.2. A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

As medidas de avaliação de desempenho são de extrema importância, pois a medição é a primeira etapa que leva ao controlo e eventual melhoria. Se não se medir, não se consegue entender o processo, se não se entende o processo não é possível controlá-lo, se não se controla o processo, não é possível aperfeiçoá-lo. De acordo com Alegre et al. (2006) as medidas de avaliação de desempenho classificam-se em três tipos: indicadores, índices e níveis de desempenho.

Indicadores de desempenho (ID) – No setor da água, um indicador de desempenho é uma medida quantitativa da eficiência (mede até que ponto os recursos disponíveis são utilizados de modo otimizado para a produção do serviço) ou da eficácia (grau de cumprimento dos objetivos de gestão) de um aspeto particular do serviço prestado por uma entidade gestora de um sistema de abastecimento de água ou de um sistema de águas residuais (Alegre et al., 2004). Cada indicador expressa o nível do desempenho efetivamente atingido, tornando direta e transparente a comparação entre objetivos de gestão e resultados obtidos, simplificando uma situação, que de outro modo, seria mais complexa e subjetiva (Ashley et al., 2004). Os indicadores até hoje desenvolvidos são, em geral, calculados pela razão entre duas variáveis da mesma natureza (adimensionais, e.g., expresso em percentagem) ou de natureza distinta (intensivos, e.g., expressos em kWh/m³) (Stahre & Adamsson, 2004; OFWAT, 2005; Alegre et al., 2006; Worldbank, 2006).

Índices de desempenho – Resultam da combinação de medidas individuais de desempenho, por exemplo indicadores de desempenho, agregando informação. Enquanto os indicadores, per si, não emitem qualquer informação em termos do maior ou menor desempenho, os índices já o podem fazer.

Níveis de desempenho – Ao contrário dos indicadores e índices, os níveis de desempenho são medidas de carácter qualitativo, expressas na forma de categorias (e.g.: mau, satisfatório, bom, muito bom). Podem resultar da agregação das medidas de outro tipo ou, diretamente, de processos de avaliação qualitativos (e.g.: inquéritos para avaliação de satisfação dos consumidores). Em geral, recorre-se a níveis de desempenho quando não é viável calcular medidas quantitativas. A comparação do desempenho de uma entidade

gestora com metas pré-estabelecidas internamente ou com os resultados do desempenho de outras entidades gestoras é denominada “benchmarking” (Molinari, 2005). Existem dois tipos de benchmarking: benchmarking métrico e benchmarking de processo. Benchmarking métrico é uma avaliação de comparação quantitativa utilizando medidas de desempenho (usualmente indicadores), que permite às entidades gestoras analisarem o desempenho interno ao longo do tempo, compará-lo com o desempenho de outras entidades semelhantes e estabelecer metas de desempenho (Stahre & Adamsson, 2004). Podem, portanto, ser identificados os domínios com um bom desempenho, bem como aqueles onde existe necessidade de melhoria (Stahre e Adamsson, 2004). O benchmarking de processo envolve, numa primeira fase, a identificação dos procedimentos específicos a serem melhorados através de um “process mapping” e posteriormente, a localização dos exemplos de excelência para o ajuste padrão e possível evolução (Molinari, 2005; Sharma, 2006).

Na avaliação de desempenho de uma ETA, pretende-se analisar a eficiência dos processos unitários de tratamento e a sua adequação ao tratamento de uma determinada água bruta. Genericamente devem ser analisados os fatores hidráulicos e operacionais que poderiam provocar um desempenho insuficiente, tais como: possíveis falhas de projeto, discrepância entre parâmetros ótimos, de projeto e de funcionamento real, a capacidade instalada de operação e controlo (recursos humanos e materiais) e o efetivo controlo operacional realizado.

Torna-se, assim, nítida a importância da avaliação de desempenho de ETA, seguida da otimização dos processos de tratamento, com o objetivo de garantir a produção sistemática de água de boa qualidade, ao menor custo possível e, em última instância, promover a saúde pública. Como tal, tem sido utilizada por diversas entidades: entidades gestoras, consumidores ou utilizadores diretos, utilizadores pró-ativos, administração pública, entidades reguladoras e financiadoras. A informação obtida através da aplicação dos sistemas de avaliação de desempenho é muito útil, apesar de pouco generalizada, mas a sua aplicação tem vindo a aumentar, começando-se, a utilizar no sector da água.

2.5.3. DOMÍNIOS DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Como consequência das características intrínsecas dos diferentes utilizadores, os indicadores que integram os diferentes sistemas de avaliação são consideravelmente distintos, existindo, no entanto, um número significativo que é comum a vários sistemas.

Segundo Vieira *et al.*, (2006) os ID dos sistemas de avaliação de desempenho mais utilizados distribuem-se pelos seguintes domínios: **economia e finanças, tecnologia, organização e recursos humanos, qualidade do produto, qualidade do serviço e ambiente.**

ID económico-financeiros: são o princípio da maioria dos sistemas de avaliação de desempenho (Vieira *et al.* 2006). Correspondem a rácios de uso corrente no domínio económico-financeiro e relacionam-se com proveitos, custos correntes, custos de capital, investimentos, liquidez e rendibilidade, incorporando, por vezes informação de preços de venda de água.

ID tecnológicos: cobrem aspetos relativos à operação e manutenção dos sistemas de reabilitação de infraestruturas, monitorização de qualidade da água, perdas de água (Crotty, 2003; Stahre & Adamsson, 2004; Alegre *et al.*, 2006), inspeção e avarias (Crotty, 2003; Alegre *et al.*, 2006; Molinari, 2005; Stahre e World Bank, 2006).

ID organizacionais e de recursos humanos: avaliam a utilização dos recursos organizacionais e humanos de uma entidade gestora, e cobrem aspetos como o número, qualificação e formação do pessoal, e aspetos de saúde e segurança no trabalho (Crotty 2003 e Vieira *et al.*, 2006).

ID de qualidade do produto: devido à sua relevância em termos de saúde pública e por ser um aspeto com requisitos legais, os ID de qualidade do produto existem em praticamente todos os serviços de abastecimento de água e de águas residuais.

ID de qualidade do serviço: contemplam aspetos como satisfação do consumidor, relação com o consumidor, cobertura de serviço, reclamações dos clientes ao serviço prestado, resposta às reclamações, inundações e danos causados a terceiros.

ID ambientais em Alegre *et al.* (2006), e em Matos *et al.* (2003) são indicadores específicos de depleção de recursos hídricos, volume e frequência de descargas de águas residuais no meio recetor, utilização de águas residuais, produção e gestão de resíduos e consumo de energia (Vieira *et al.*, 2006).

2.5.4. ABORDAGENS SISTEMATIZADAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

Apesar da literatura ser abundante no âmbito da aplicação empírica da avaliação de desempenho, é escassa na aplicação prática em ETA. A maioria das avaliações de desempenho das ETA restringe-se à avaliação do cumprimento da legislação. No entanto, na opinião dos operadores/exploradores das ETA a avaliação de desempenho é de extrema importância tanto ao nível do cumprimento da legislação como económico, na redução de custos.

A avaliação do desempenho de ETA gera um diagnóstico da situação atual das ETA, em conjunto com uma avaliação da evolução da ETA ao longo do tempo de estudo. Esta avaliação pode ser feita através da: i) análise de parâmetros hidráulicos reais da ETA e sua comparação com os estipulados em projeto; ii) análise dos processos operacionais da ETA; iii) análise dos dados de qualidade da água e comparação com as legislações vigentes; e iv) cálculo da eficiência de remoção de alguns parâmetros em algumas fases de tratamento. A avaliação de desempenho de ETA possibilita identificar falhas operacionais, de projeto e no processo de tratamento, fornecendo informações para se tomar medidas corretivas (Freitas et al., 2004).

Em algumas situações essa avaliação pode ser feita para comparar o antes e depois de intervenções realizadas em uma determinada ETA.

Seguidamente descrevem-se algumas abordagens sistematizadas da avaliação de desempenho de ETA que foram desenvolvidas por diversas entidades de diversos países.

2.5.4.1. SISTEMA DA SIX-CITIES GROUP

Em 1995, o “Six-Cities Group” constituído por seis cidades da Escandinávia (Copenhaga, Gotemburgo, Helsínquia, Malmo, Oslo e Estocolmo) iniciou o desenvolvimento integrado de um sistema de benchmarking do desempenho de serviços de águas e águas residuais (Stahre & Adamsson, 2004). Este grupo desenvolveu um conjunto de indicadores de desempenho (ID), que podem ser considerados como uma linguagem de referência normalizada, necessária para a realização de comparações consistentes entre sistemas. Os ID deste sistema cobrem as seguintes áreas:

- Satisfação dos clientes: ID e métodos de medição que refletem as expectativas dos clientes e a apreciação dos seus serviços;
- Qualidade: ID para completar os indicadores económicos e de satisfação dos clientes;
- Fiabilidade: ID que descrevem a fiabilidade da operação do sistema;
- Ambiente: ID que ilustram o cumprimento de objetivos ambientais alcançados pelos serviços;
- Organização/pessoal: ID que descrevem a eficiência e a relação entre serviços internos e outsourcing;
- Económica: ID que comparam os custos do sistema.

Anualmente é realizado um relatório com os resultados dos indicadores, sendo também elaborada uma versão resumida do mesmo para os administradores das entidades gestoras. Em 2001 foi iniciado o *benchmarking de processo* que, ao contrário do anterior, incide sobre aspetos específicos do sistema. O aumento de eficiência dos processos em análise é obtido através da identificação das melhores práticas em sistemas semelhantes das entidades que participam no grupo (Stahre & Adamsson, 2004).

2.5.4.2. SISTEMA DO BANCO MUNDIAL

Em 1996, verificando a importância de se disponibilizar uma base de dados de indicadores de eficiência, o Banco Mundial promoveu uma iniciativa que permitiu aos profissionais da água e saneamento interessados reduzir as barreiras através do processo de benchmarking (i) acordando um conjunto de indicadores, (ii) utilizando uma definição standard e (iii) um modelo de partilha de resultados.

O primeiro produto desta iniciativa foi o IBNET Start-up Kit. O IBNET – International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities é um projeto que privilegia a partilha da informação de diferentes países (74 países) através de uma rede de websites (www.ib-net.org). O IBNET considera um conjunto básico de 12 categorias de indicadores como o mínimo para iniciar o processo de benchmarking. O maior problema do sistema IBNET decorre da falta de um efetivo controlo da qualidade dos dados introduzidos (World Bank, 2006).

2.5.4.3. SISTEMA INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A origem dos indicadores de sustentabilidade à escala global teve origem em 1997 paralelamente à publicação “Os limites do crescimento” pelo grupo de Roma. Fabregas (2006) constitui um exemplo desta aplicação, propondo 30 ID em três campos: Indicadores Ambientais, Económicos e Socioculturais.

2.5.4.4. CANADIAN NATIONAL WATER AND WASTEWATER BENCHMARKING INITIATIVE (NWWBI)

Em 1997, um grupo de entidades gestoras de serviços de águas municipais do Canadá, juntamente com a AECOM, Canada, Inc. e com o National Research Council of Canada, desenvolveram um conjunto de indicadores para medir e controlar as atividades específicas do setor, dando origem à “Canadian National Water and Wastewater Benchmarking Initiative (NWWBI)”. O propósito era a realização de *benchmarking* entre entidades gestoras com o objetivo de melhorar a qualidade e o desempenho. O projeto foi bem sucedido, e continua a crescer e a incorporar novas entidades gestoras em cada exercício de *benchmarking*, que se realiza bienalmente. O último relatório está disponível para consulta no *site* da NWWBI (<http://www.nationalbenchmarking.ca/>)

2.5.4.5. SISTEMA DA AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION/ WATER ENVIRONMENT FEDERATION

A *American Water Works Association* (AWWA) e a *Water Environment Federation* promoveram um programa voluntário de *benchmarking*, denominado QualServe, com o objetivo de selecionar e definir entre 5 e 20 indicadores de desempenho de entidades gestoras de sistemas de água (Crotty, 2003). Os indicadores do desempenho foram definidos em cada uma das seguintes categorias: Desenvolvimento organizacional, Relação com o consumidor, Operações de gestão e Operações dos sistemas. Os resultados da informação de base e do cálculo anual destes indicadores constam, de forma anónima, de um relatório divulgado apenas entre os participantes (Crotty, 2003; Vieira *et al.*, 2006).

2.5.4.6. SISTEMA DO OFFICE OF WATER SERVICES

A OFWAT (Office of Water Services), regulador de água e águas residuais de Inglaterra e do País de Gales, tem utilizado o *benchmarking* como instrumento efetivo de regulação das várias companhias. Com efeito, criou um sistema de avaliação de desempenho que, de 5 em 5 anos, conforme os resultados da avaliação de desempenho de cada entidade gestora de águas residuais, autoriza a alteração das tarifas, recompensando as entidades com melhor desempenho (OFWAT, 2005).

As companhias de águas e águas residuais são avaliadas por um conjunto de indicadores agrupados em cinco categorias: serviço ao consumidor; qualidade e ambiente, distribuição de água e perdas (Crotty, 2003). O OFWAT classifica estes indicadores e publica os resultados, promovendo a melhoria da eficiência das entidades.

Em março de 2012, a OFWAT publicou a sua nova abordagem à regulação “Delivering proportionate and targeted regulation – Ofwat’s risk-based approach” (OFWAT, 2012a). Entre outras considerações, a OFWAT considera que são as próprias entidades gestoras que são responsáveis por medir e reportar o seu desempenho.

Em 2012, a OFWAT publicou também um guia para a aplicação de indicadores de desempenho “Key performance indicators – guidance” (OFWAT, 2012b). A OFWAT espera que as várias entidades gestoras por ela reguladas publiquem o seu desempenho sob a forma dos indicadores de desempenho-chave indicados no guia, pelo menos uma vez por ano.

A primeira divulgação de resultados destes indicadores, por parte das entidades gestoras, refere-se ao período 2011-2012 e pode ser acedido através do *site* da OFWAT (<http://www.ofwat.gov.uk/>).

2.5.4.7. SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO DE OBSERVATOIRE NATIONAL DES SERVICES D’EAU ET D’ASSAINISSEMENT

Em França o Observatoire National des Services d’Eau et d’Assainissement tem implementado, desde 2009, um sistema de indicadores de desempenho técnico, económico, social e ambiental, que permite realizar o *benchmarking* entre os vários prestadores destes

serviços que, em França, são quase 32.000. Os dados reportados por cada entidade gestora, bem como o resultado do seu tratamento (Salveti, 2012), encontram-se disponíveis para consulta via internet (<http://www.services.eaufrance.fr/>).

2.5.4.8. EUROPEAN BENCHMARKING CO-OPERATION

O programa European Benchmarking Co-operation (EBC) permite a realização de *benchmarking* entre entidades gestoras de todo o mundo. Este programa é suportado pela EUREAU (European Federation of National Associations of Water and Wastewater Services) e pela IWA (International Water Association) e tem como objetivo dotar as entidades gestoras com um mecanismo que lhes permitirá melhorar o desempenho e aumentar a transparência.

Para promover a melhoria do desempenho, a EBC organiza workshops de *benchmarking* para troca de experiências e melhores práticas e prepara planos de melhoria. Desde 2007 que a EBC organiza exercícios de *benchmarking* anuais com um número crescente de participantes. Em 2012, 50 entidades gestoras de 19 países participaram no sexto exercício de *benchmarking* da European Benchmarking Co-operation (EBC, 2013).

2.5.4.9. International Water Association (IWA)

A International Water Association publicou, em 2006, o manual “Performance Indicators for Water Supply Services - Second Edition” (Alegre, et al., 2006) que é uma referência mundial no tema. Esta segunda edição representa uma melhoria face à edição original de 2000 (Alegre, et al., 2000), pois contém uma versão consolidada dos indicadores de desempenho propostos para avaliação de sistemas de abastecimento de água, que resultaram das necessidades reais de empresas de todo o mundo, expressas durante o período de teste do sistema original.

Este manual apresenta um sistema de avaliação de desempenho coerente e flexível, com definições exatas e detalhadas de cada um dos indicadores. O sistema provou ser adaptável e utilizável em situações diversas, podendo ser utilizado em qualquer organização, independentemente da sua dimensão, modelo de gestão e grau de complexidade e desenvolvimento. O manual contém, ainda, referências a casos práticos de aplicação do sistema de indicadores, com descrição detalhada do processo de implementação dos mesmos e indicações para adaptação dos conceitos e indicadores a contextos específicos.

Estes indicadores de desempenho para sistemas de abastecimento de água são uma referência para aqueles que se dedicam à análise do desempenho do setor, incluindo entidades gestoras mas também entidades reguladoras, entidades institucionais que determinam as políticas para o setor e agentes financeiros.

2.5.4.10. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE ETA – MINISTÉRIO DO AMBIENTE

Em 1998 o Ministério do Ambiente, no âmbito do Protocolo INAG/ DCEA, desenvolveu uma metodologia de avaliação do funcionamento de ETA, que procura não apenas satisfazer a detecção de deficiências de funcionamento, como também o diagnóstico de causas.

Esta metodologia identificou de acordo com as origens de água mais frequentes e os esquemas de tratamento que normalmente lhe estão associados, observações e determinações analíticas a efetuar para cada tipo de sistema de tratamento, com o objetivo de permitir avaliações expeditas ou de rotina, bem como avaliações mais amplas, para utilização menos frequente, ou sempre que se justifique um esclarecimento técnico profundo.

Considerando que prevalece uma carência de informação sobre o funcionamento geral das ETA, esta metodologia permite fazer uma avaliação expedita, com base na qualidade da água tratada e na eficiência de tratamento, ou uma avaliação técnica, incluindo também as características dos órgãos de tratamento e a qualidade da água tratada de uma forma mais detalhada (Anexo 1).

Na avaliação expedita propõe-se a construção de um índice global de avaliação que será resultante de um somatório ponderado de dois subíndices: subíndice de qualidade da água tratada (I_{QA}), e subíndice de eficiência de tratamento (I_{EF}): sendo estes avaliados através da definição de classes de qualidade, às quais corresponde um valor numérico:

- Classes de qualidade para I_{QA} : Mau-0, Insuficiente-1, Razoável-2 e Bom-3
- Classes de qualidade para I_{EF} : Mau-0, Razoável-1 e Bom-2
- **Subíndice de qualidade da água tratada (I_{QA})**

Para cada tipo de água, selecionou-se um conjunto de parâmetros, considerados relevantes em termos de saúde pública, aos quais se fez corresponder um valor recomendado e um

valor limite. À gama de valores associaram-se padrões, aos quais se atribuiu classificações numéricas de 0 a 5, correspondendo o valor 0 à situação mais desfavorável e o 5 à melhor. A cada parâmetro atribui-se um peso, por forma a valorizar a sua importância em termos de saúde pública. Ao somatório do produto do valor numérico de cada padrão pelo peso do respetivo parâmetro, corresponde um valor numérico ao qual é atribuída uma classe de qualidade.

- **Subíndice de eficiência de tratamento (I_{ET})**

Para cada tipo de água, selecionam-se os parâmetros mais significativos na avaliação do processo de tratamento, e atribuíram-se valores máximos e mínimos de eficiência em função do esquema de tratamento instalado. Tal como para o cálculo do subíndice I_{QA} , associaram-se padrões à gama de valores de eficiências, aos quais se atribuíram classificações numéricas de 0 a 5, correspondendo o valor 0 à situação mais desfavorável e o 5 à melhor. O valor do subíndice é calculado da mesma forma que o anterior.

- **Cálculo do índice global de qualidade**

O índice global de qualidade é obtido através do somatório ponderado dos dois subíndices, atribuindo um peso 2 ao I_{QA} (Anexo 1).

2.5.4.11. ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS DE ÁGUAS E RESÍDUOS (ERSAR)

Em Portugal, a Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), anterior Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), iniciou a avaliação anual da qualidade de serviço das entidades concessionárias gestoras de serviços de água e resíduos, no ano de 2004, dividindo entidades gestoras “em alta” e “em baixa”, através de um conjunto de indicadores a que mais tarde se viria a chamar “Sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores - 1.^a Geração do sistema de indicadores de qualidade de serviço” (ERSAR & LNEC, 2009).

O resultado dessa avaliação anual é apresentado no Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP). Nesse relatório são comparados os desempenhos das entidades gestoras de forma a transmitir uma visão global do setor de uma forma fidedigna, sendo a performance avaliada em termos de:

- Caracterização económica e financeira do setor;
- Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores;
- Avaliação da qualidade da água entregue para consumo humano.

O primeiro período de avaliação (2004-2010) abrangeu todas as entidades gestoras reguladas pela ERSAR, ou seja, as concessionárias de serviços de águas e resíduos e também as entidades gestoras “em alta” ou “em baixa” que desejaram candidatar-se à atribuição dos Prémios de Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos atribuídos, anualmente, por esta entidade.

O sistema de avaliação que vigorou no período 2004 – 2010, foi, entretanto, substituído pela 2.ª Geração do Sistema de Indicadores de Qualidade de Serviço. Efetivamente, a ERSAR entendeu que “após seis anos de aplicação era desejável visitar o sistema de avaliação da qualidade de serviço, introduzindo algumas melhorias e corrigindo alguns aspetos no sentido de lhe conferir maior funcionalidade e rigor técnico, bem como uma maior aplicabilidade a todo o universo de entidades gestoras, sem no entanto alterar o seu conteúdo e o seu sentido” (ERSAR & LNEC, 2012).

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 277/2009, de 2 de outubro, e de acordo com o disposto na alínea e) do n.º 1 do artigo 5.º, a ERSAR tem atribuições não apenas para assegurar a regulação da qualidade de serviço prestado aos utilizadores pelas entidades gestoras, mas também para avaliar o desempenho dessas entidades, promovendo a melhoria dos níveis de serviço. Assim, no quadro destas atribuições, a 2ª geração do sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos será aplicável a todas as entidades gestoras de serviços de águas e resíduos a operar em Portugal.

A primeira avaliação, abrangendo um universo de 376 entidades gestoras de serviços de águas “em alta” e “em baixa”, relativa ao ano de 2011, iniciou-se em março de 2012 e foi concluída em 2013.

2.5.4.12. ÁGUAS DE PORTUGAL, SGPS

Complementarmente à avaliação realizada pela ERSAR, a Águas de Portugal, SGPS, considerando determinante a implementação de um sistema de informação comum a todas as empresas do Grupo, que englobe informações de carácter infraestrutural, operacional e

de qualidade de serviço, desenvolveu um sistema de indicadores próprios que, anualmente, são calculados por todas as empresas do Grupo e reportados à Holding.

Os dados reportados permitem uma avaliação individual do desempenho de cada empresa, devidamente enquadrada pela informação de contexto, onde serão analisados os seus resultados comparando-os com valores de referência; e uma avaliação conjunta do desempenho onde serão feitas comparações entre empresas comparáveis, tendo sempre em conta os fatores de contexto (*benchmarking*).

Os indicadores foram divididos de acordo com três perspetivas:

- Adequação da interface com o utilizador;
- Sustentabilidade da gestão do serviço;
- Sustentabilidade ambiental.

2.5.5. ESTUDOS DESENVOLVIDOS NA ÁREA DO ABASTECIMENTO

Apesar das vantagens enumeradas e das várias abordagens desenvolvidas o tema ainda não tem muita aplicação na gestão de sistemas de abastecimento de água. De seguida são descritos alguns estudos que pela sua ligação estreita com o tema que se apresenta, merecerem referência.

Freitas et al. (2004) avalia o desempenho da ETA da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que sofreu algumas intervenções de forma a melhorar seu desempenho. A avaliação do estudo foi feita através da análise dos parâmetros hidráulicos reais da ETA, além da análise dos dados de qualidade da água e cálculo da eficiência de remoção de turvação, como forma de comparar com a legislação vigente.

Almeida et al. (2005) avaliou o desempenho de dezasseis ETA no Brasil, inicialmente através da análise de dados operacionais, tais como escoamento e turvação da água bruta, decantada e filtrada, e sua comparação com os valores de turvação recomendados pela legislação. Posteriormente, alguns parâmetros hidráulicos (tempo de floculação, velocidade de sedimentação e taxa de filtração) foram calculados e comparados com os determinados os valores legislados, possibilitando a verificação de uma sobrecarga ou não.

A “Avaliação e Gestão de empreendimentos de abastecimento de água”, de Marques (1999) caracteriza a situação do setor de abastecimento de água em Portugal naquela data e realiza um levantamento, a nível nacional e internacional, da utilização de indicadores de desempenho como ferramentas de gestão e avaliação dos serviços de água. É feita uma proposta de sistema de indicadores de desempenho, bem como uma metodologia de implementação e avaliação de resultados. Merecem ainda destaque os benefícios do *benchmarking* entre os vários serviços de abastecimento de água, pelo que são também definidos valores de referência para os indicadores propostos de forma a permitir a classificação da performance relativamente aos aspetos analisados. A proposta de indicadores e respetivos valores de referência teve como base a realização de um inquérito junto das entidades gestoras de modo a recolher toda a informação pretendida.

Sanina (2010) desenvolveu uma Metodologia para a gestão de infraestruturas de abastecimento de água com base na avaliação de desempenho. Este estudo teve como objetivo propor uma abordagem integrada de apoio à decisão no âmbito da gestão patrimonial de infraestruturas de adução e distribuição de água. A metodologia desenvolvida integra a avaliação de desempenho e segue os princípios recomendados pelas normas ISO 24500, sendo orientada pelo estabelecimento de objetivos de desempenho em termos de serviço prestado aos utilizadores, o que constitui uma inovação face às abordagens mais clássicas que privilegiam o desempenho operacional. É proposto um painel de avaliação de desempenho com base no estabelecimento de objetivos estratégicos, táticos e operacionais e respetivos critérios de avaliação e medidas de desempenho. São, ainda, apresentados quatro casos de estudo que ilustram o potencial de utilização desta metodologia.

A Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR Urbanas “PAS_t21” testou a nível nacional, a segunda geração dos sistemas de avaliação de desempenho desenvolvidos para ETA (Vieira et al., 2007, 2008a e 2008b; Vieira et al., 2009), assim como promover a avaliação de desempenho e o benchmarking de uma forma sistemática, com base em dados coerentes e fiáveis. Utilizou como caso de estudo 10 ETA de média e grande dimensão (3000-400000m³/dia), com diferentes origens e operações/ processos de tratamento. Os sistemas de avaliação de desempenho de ETA (PAS_WTP – Performance Assessment System – WATER Treatment Plant) são orientados por objetivos, normalizados e quantitativos, direcionados para os aspetos operacionais e destinados a apoiar as tomadas de decisão no âmbito da operação e da reabilitação. Foi implementado em ferramentas de cálculo automático (PAS_tool) e têm uma estrutura, que inclui uma

componente de avaliação de desempenho global e uma componente de desempenho operacional. Este projeto permitiu validar e melhorar a robustez e aplicabilidade dos sistemas de avaliação de ETA a instalações de diferentes capacidades e sequências de tratamento em diferentes contextos, bem como estabelecer valores de referência para as medidas de avaliação do desempenho e analisar formas de agregar/ integrar as várias componentes dos sistemas.

3. CASO DE ESTUDO - SUBSISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE

Após uma revisão bibliográfica sobre as principais tecnologias de tratamento de água, as características da qualidade de água, enquadramento legal do setor, planos de segurança de água e a importância de realizar avaliações do desempenho de ETA e principais abordagens sistematizadas de avaliação de desempenho de Sistemas de Abastecimento existentes, de forma a atingir os objetivos propostos, neste capítulo faz-se uma pequena descrição do caso de estudo – Subsistema de Tratamento de Água de S. Jorge.

3.1. ÁGUAS DO NOROESTE

A Águas do Noroeste, S.A. foi constituída pelo Decreto-lei nº 41/2010, de 29 de Abril, e decorreu da fusão das sociedades Águas do Cávado, S.A., Águas do Minho e Lima, S.A. e Águas do Ave, S.A.

Em sequência, foi atribuída, pelo Estado Português, em regime de exclusivo, a concessão da exploração e gestão do sistema multimunicipal de abastecimento de água e saneamento do Noroeste, pelo prazo de cinquenta anos.

Este sistema substitui o sistema multimunicipal de captação, tratamento e abastecimento de água do norte da área do Grande Porto, criada pela alínea d) do nº 3 do artigo 3º do Decreto-lei nº 379/93, de 5 de novembro, o sistema multimunicipal de abastecimento de

água e saneamento do Minho e Lima, criado pelo Decreto-lei nº 158/2000, de 25 de julho, e o sistema de abastecimento de água e saneamento do Vale do Ave, criado pelo Decreto-lei nº 135/2002, de 14 de maio.

A fusão dos acima referidos sistemas multimunicipais, bem como das respetivas concessionárias, proporcionou a obtenção de sinergias, com reflexo muito positivo na sustentabilidade económica e financeira do conjunto, integrando-se, na estratégia para o abastecimento de água e saneamento de águas residuais para o período de 2007-2013 (PEEAASAR 2007-2013), aprovada pelo despacho nº 2339/2007, de 28 de dezembro de 2006, do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

A Águas do Noroeste, S.A. tem como missão conceber, construir e explorar as infraestruturas de abastecimento de água e de saneamento do sistema multimunicipal, 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 (Águas do Noroeste, 2014).

Relativamente à vertente de exploração das infraestruturas de abastecimento de água, o Sistema tem como objetivo fornecer 54,3 milhões de m³ de água potável por ano, aos Municípios de Arcos de Valdevez, Barcelos, Caminha, Esposende, Fafe, Maia (Norte), Melgaço, Monção, 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, com uma cobertura global em 2020 de, aproximadamente, 1 milhão de habitantes.

O investimento total previsto efetuar para a componente de abastecimento de água é de cerca de 416,1 milhões de euros, o que prevê a integração/ construção de 10 captações, 10 ETA, cerca de 1,325 km de condutas adutoras, 112 estações elevatórias (EE) e 300 reservatórios de entrega. Este investimento vai permitir alcançar uma taxa de atendimento de cerca de 97% da população total do Noroeste de Portugal (Águas do Noroeste, 2014).

Neste momento, as infraestruturas físicas do Sistema são constituídas por 14 captações, 13 estações de tratamento de água, 1196 km de condutas adutoras, 273 reservatórios de água

tratada, válvulas, descargas de fundo, ventosas e outros dispositivos complementares que garantem o seu adequado funcionamento hidráulico.

3.2. ESTUDO PRÉVIO E PROJETO DE EXECUÇÃO DA ETA DE S. JORGE

A ETA de S. Jorge é uma das últimas grandes instalações de tratamento de água para consumo humano construída em Portugal, que veio satisfazer as carências de abastecimento de água da região do Vale Lima e parte do Vale Minho.

A origem da água a tratar situa-se na albufeira da barragem de Touvedo, no rio Lima. A exploração hidráulica da albufeira de Touvedo conduz a tempos de retenção reduzidos, em média de 5 dias. No entanto, a água é proveniente da albufeira do Lindoso onde os tempos de retenção médios são de aproximadamente 6 meses.

Depois de se analisar as necessidades de água nos vários municípios e a população a ser abastecida pela ETA, foram feitos vários estudos, dos quais resultou um conjunto de princípios, nomeadamente, no que respeita à localização da ETA, às características gerais da água bruta, aos objetivos de qualidade a atingir e a algumas das principais condicionantes locais.

Paralelamente foi realizado um programa alargado de caracterização analítica da qualidade da água bruta (de 2000 a 2004 com uma periodicidade variável entre semanal e trimestral), com vista à classificação do tipo de água e à definição das etapas de tratamento a adotar na conceção da ETA de S. Jorge. A água da albufeira de Touvedo foi classificada como A3 sendo necessário, de acordo com a legislação em vigor, proceder a um tratamento físico, químico de afinação e desinfecção a fim de a tornar apta para o consumo humano (Coba, 2004).

O caudal de dimensionamento a considerar na ETA de S. Jorge foi estabelecido, de acordo com as necessidades médias, em 500 L/s, ou seja, 1 800 m³/h e 43 200 m³/dia. Para o tratamento deste caudal foram construídas duas linhas de tratamento cada uma com uma capacidade nominal de 50% do caudal total, ou seja, 250 L/s. A capacidade unitária das linhas de tratamento é idêntica à dos grupos eletrobomba instalados na captação. Cada linha de tratamento foi dimensionada para poder funcionar numa gama de 60% a 100% do

correspondente caudal nominal, isto é, entre 150 a 250 L/s. Foi prevista área de reserva para a implantação de uma hipotética terceira linha (Coba, 2004).

Com o objetivo de possibilitar um estudo mais específico e fundamentar as alternativas de tratamento a implementar na ETA de S. Jorge, foi prevista a realização de ensaios de tratabilidade pela FEUP (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto) no LES (Laboratório de Engenharia Sanitária).

A água captada durante o período de estudo apresenta, para os parâmetros analisados, uma boa qualidade. Através dos ensaios de tratabilidade conclui-se que devido às baixas concentrações de matéria orgânica dissolvida, as etapas de tratamento de pré-oxidação e adsorção em carvão ativado em pó, não resultam num melhoramento detetável na qualidade da água tratada. A etapa de coagulação floculação apresenta bons resultados pela utilização de sulfato de alumínio com dosagens de 5 a 10 mg/L. A eficácia de redução da turvação é aparentemente mais eficaz com uma operação de flotação do que com uma de decantação, devido ao baixo teor em sólidos suspensos e à grande quantidade de cianobactérias e de substâncias húmicas, na água bruta. A aplicação de taxas de filtração na ordem dos 8 m/h conduz a valores de turvação inferiores a 0.1 NTU. A dosagem de cloro a utilizar na desinfecção deverá ser de aproximadamente 2 mg/L e a dosagem de hidróxido de cálcio para a remineralização da água deverá ser de aproximadamente 50 a 70 mg/L, sendo a dosagem de CO₂ a necessária para manter o valor de pH inferior a 8.5 – 8.0 (Coba, 2004).

No ano 2005, foi selecionada a empresa projetista COBA para desenvolver uma solução de tratamento com uma capacidade nominal de 500 l/s e um nível de detalhe de projeto base. A COBA promoveu a realização de ensaios de tratabilidade que, em complemento com o controlo analítico, conduziram à solução que viria a ser adotada: pré-oxidação com ozono, remineralização com água de cal e CO₂, coagulação, adsorção em CAP, floculação com polímero, flotação por ar dissolvido, filtração rápida gravítica em filtros de areia, desinfecção com cloro gás e correção final do pH com água de cal (Bastos, 2011).

Com base na solução desenvolvida foi lançado um concurso público internacional, que veio a ser adjudicado ao consórcio Monte Adriano/ Degrémont. A obra decorreu de 2006 a 2009 e, em 2010, a gestão da ETA passou para a antiga AdML.

3.3. LOCALIZAÇÃO E CONSTITUIÇÃO DO SUBSISTEMA DE S. JORGE

As infraestruturas físicas do subsistema de abastecimento de água de S. Jorge foram dimensionadas para satisfazer as necessidades de água potável de uma população equivalente de 192.559 habitantes e no ano horizonte de projeto (2030) estima-se que a população a ser servida aumente para 262081 habitantes equivalentes. Está previsto que este subsistema forneça água às populações dos municípios de Arcos de Valdevez, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Viana do Castelo, Caminha, e Vila Nova de Cerveira. Estes municípios apresentam vastas áreas rurais com “habitat” disperso, coexistindo com centros urbanos importantes, onde se tem verificado um acentuado crescimento populacional e onde a taxa de atendimento domiciliária é nitidamente inferior à média nacional.

As atividades deste setor compreendem um conjunto de etapas distintas com requisitos muito diferentes. Para realizar o abastecimento de água é necessário dispor de origens em quantidade e qualidade suficientes para cobrir as necessidades e dispor de infraestruturas de captação, elevação, tratamento, adução, armazenamento e distribuição que assegurem a fiabilidade no abastecimento a toda a população e às várias atividades económicas. A Figura 1 estabelece a sequência de processos tecnológicos, sem prejuízo das especificidades de cada caso.

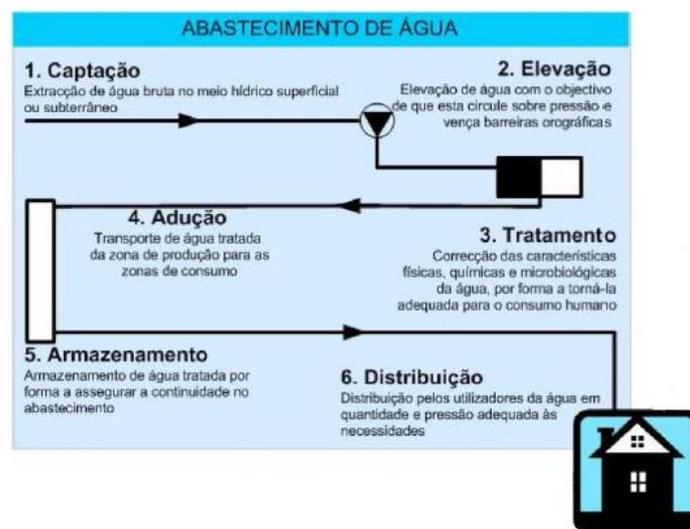


Figura 1 - Processos tecnológicos do abastecimento de água (ERSAR, 2010)

Este subsistema distribui-se por três grandes etapas: captação, tratamento e adução, sendo a distribuição gerida pelas entidades gestoras em baixa. O subsistema de S. Jorge é

composto por uma Captação, uma ETA, 27 reservatórios (Aboim, Couto, Casal Soeiro, Faquêlo, Vila Chã, Correlhã, Neiva Monte, Faro Anha, Âncora, V.P. Âncora, Âncora Zona Baixa, Âncora Zona Alta, Cardosas, Rua Nova, Carvoeiro, Cristelo Zona Alta, Caminha, Portela, Selminho, Venade, Vilar Mouros, 103, Seixas, Bagoada, Outeiro, Castelo e Paderne), com volumes que variam entre os 200 m³ e os 15000 m³, 11 pontos de entrega diretos (Arca/Golfe, Campo Futebol, Gemieira, S. Martinho, Brichal, Monte Crato-Lanhelas, Monte Crato-Caminha, Monte Crato-Vilar Mouros, Monte Crato-Seixas, Mata Velha e Nogueira), 12 Estações Elevatórias (Vila Chã, Faquelo, Casal Soeiro, Âncora Zona Baixa-âncora Zona Alta, Cardosas-Carvoeiro, Caminha-Portela, Caminha-Selminho, Seixas, Bagoada, E.E. Outeiro- RR Ganfei, E.E. Outeiro- RR. Outeiro e RR. Outeiro- P.E. Nogueira) e um sistema adutor com uma extensão aproximada de 308 km, com diâmetros que variam entre 60 mm a 800 mm (Figura 2).

A ETA de S. Jorge constitui uma das mais emblemáticas estruturas da empresa e emprega os mais sofisticados meios tecnológicos no processo de tratamento, tornando-a capaz de produzir cerca de 43 mil m³ de água, sempre com base no respeito pelas regras ambientais, encontrando-se perfeitamente integrada na paisagem circundante. Está dividida em quatro edifícios, nomeadamente: edifício de exploração e comando, onde tem os gabinetes de apoio, sala de supervisão e laboratório; o edifício de tratamento; o edifício de armazenamento, preparação e dosagem de reagentes, onde cada reagente tem uma sala distinta; e o edifício de desidratação de lamas.

Com o conjunto de infraestruturas que compõe o Subsistema de S. Jorge, a AdNw garante o abastecimento de água nas quantidades necessárias, através de processos de produção eficientes e respeitadores dos valores sociais e ambientais mais elevados a um preço socialmente justo. Desta forma, a empresa contribui decisivamente para a qualidade de vida, o desenvolvimento socioeconómico e o equilíbrio ambiental da região.

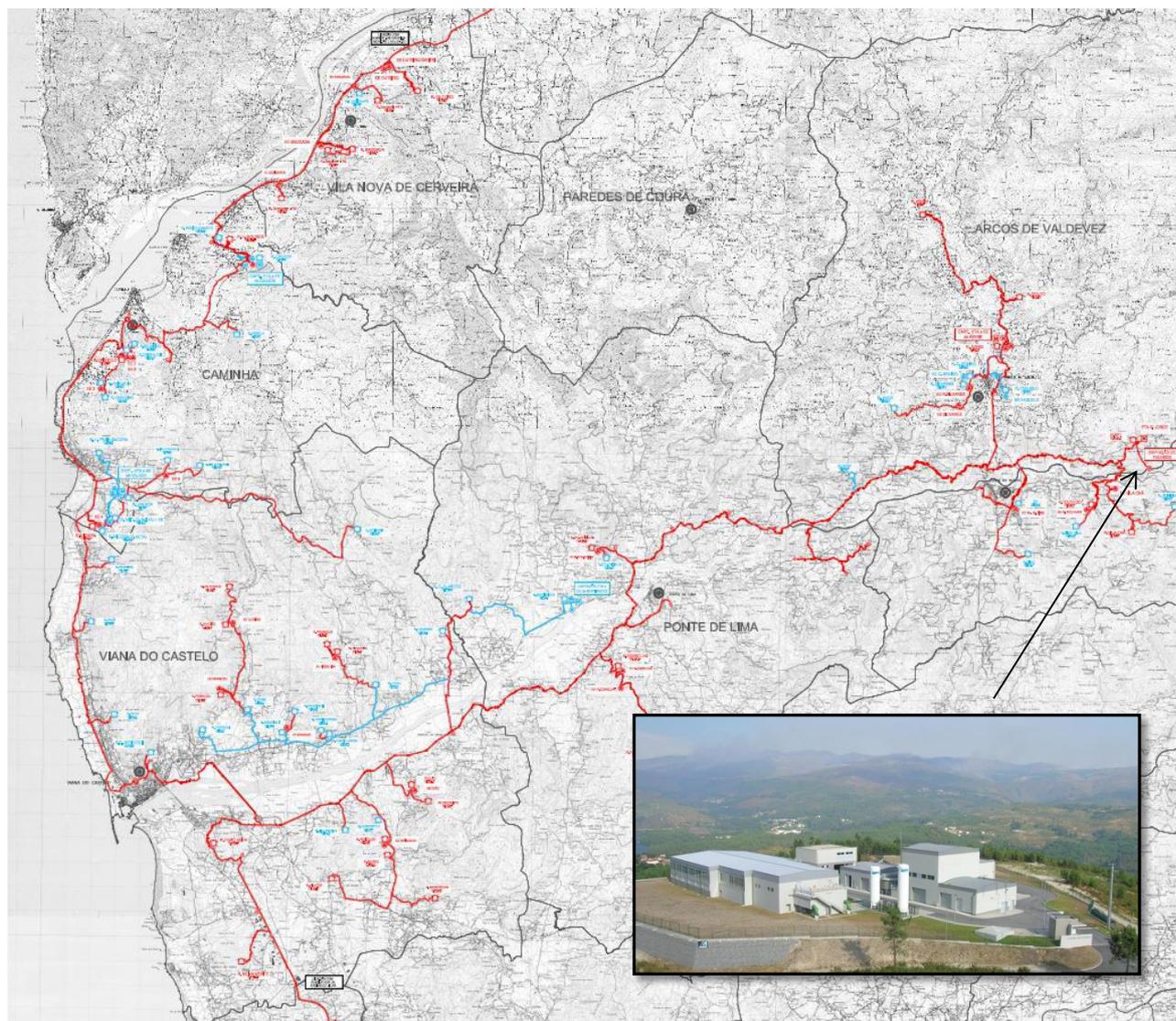


Figura 2 - Infraestruturas físicas do Subsistema de S. Jorge

3.4. PROCESSO DE TRATAMENTO

3.4.1. CAPTAÇÃO

A barragem de Touvedo, local onde está colocada a captação de água bruta para o subsistema de abastecimento de água de S. Jorge, é uma barragem portuguesa que se situa no rio Lima e fica a cerca de 20 km a jusante da Barragem do Lindoso.

A água é captada superficialmente na barragem de Touvedo (Figura 3), a uma profundidade de 10m, sendo elevada a uma altura de 170 m até à ETA através de uma tubagem DN 700.

Na tubagem de elevação estão colocados analisadores de controlo da qualidade da água bruta: turvação, pH e condutividade. O sistema de captação de água é constituído por 3 bombas submersíveis com uma capacidade unitária de $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ (Silva, 2011).



Figura 3 - Captação de Touvedo

3.4.2. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

3.4.2.1. ENTRADA/ SAÍDA DE CAUDAL DA ETA

Na chegada à ETA o caudal é medido através de um medidor de caudal eletromagnético, situado numa caixa de entrada, onde se situa igualmente o medidor de caudal da água tratada. Nos medidores de caudal para além de ser possível a visualização da medição de caudal, também é transmitida a informação de caudal instantâneo para o sistema de supervisão da sala de comando. O controlo do caudal afluente permitirá regular o doseamento dos reagentes de processo. A água a tratar pode entrar na câmara de pré oxidação ou, através de um “bypass”, diretamente na câmara de remineralização. A abertura de uma válvula mural permite ainda realizar o “bypass” geral a estas etapas diretamente para a mistura rápida.

3.4.2.2. PRÉ-OXIDAÇÃO

Em funcionamento normal, a água bruta entra na câmara de pré-oxidação onde um doseamento de ozono permite melhorar a eficácia da coagulação/ floculação (redução da dose de coagulante), remover microrganismos da água bruta e oxidar a matéria orgânica.

O ozono é injetado através de difusores porosos instalados no fundo do tanque. A torre é inteiramente coberta por uma laje de betão, sobre a qual está instalada a tubagem que vai enviar os traços de ozono residual em direção a um destruidor térmico (Figura 4).

O ozonizador (Figura 5) permite uma dosagem efetiva máxima até 4.0 kg/h de ozono, correspondente a uma dosagem (ao caudal máximo e a 16°C) de 2.22 mg/l (Silva, 2006).



Figura 4 - Torre de contacto de ozono



Figura 5 - Gerador de Ozono

Em condições nominais de funcionamento (3.6 kg O₃/h), o ozono é produzido a uma concentração de 10 %. Para uma produção de ozono mais elevada, a concentração de ozono é reduzida para 9% (128g O₃/Nm³) (Silva, 2006). O tempo de contato previsto é de 4,5 minutos para 1800 m³/h, o que é suficiente para uma correta atuação do ozono. Para se obter uma boa dissolução deste na água, convém que a altura da água esteja a 6 m da torre

(Silva, 2006). Como redundância desta etapa, existe a possibilidade de adicionar cloro após a remineralização (Figura 6).

3.4.2.3. REMINERALIZAÇÃO

Após esta etapa, a água segue para uma segunda câmara, onde será injetado CO_2 , iniciando-se o processo de remineralização. Nesta etapa é importante controlar o pH de forma a ser o pH ótimo de coagulação (para o WAC-AB o pH deve estar entre 6.8 – 7).

A dosagem a aplicar depende do aumento de alcalinidade pretendido na água tratada, normalmente entre 50 a 80 mg/l. O volume líquido do tanque é 115 m^3 , sendo o tempo de contacto, para $1800 \text{ m}^3/\text{h}$, de 3.8 minutos (Silva, 2011).

A injeção de CO_2 faz-se através de difusores porosos instalados a cerca de 1 m do fundo do tanque. Esta disposição permite, se houver oxidação residual de ferro e manganês, que os precipitados se depositem no fundo do tanque, abaixo dos difusores, evitando assim a sua eventual colmatção. Normalmente a água de cal é adicionado à entrada da câmara de remineralização, no entanto, também pode ser adicionado a jusante da remineralização (Figura 6).

A câmara de contacto com o CO_2 (Figura 6) encontra-se no seguimento da camara de ozonização e, o percurso da água no interior da câmara de contacto é no sentido descendente na zona de difusão de CO_2 e no sentido ascendente para a zona de saída (Silva, 2006).

Após a remineralização poderá ser adicionado carvão ativado (Figura 6). A adição de carvão ativado permite aumentar o peso do floco formado anteriormente. O carvão só é adicionado de acordo com a qualidade da água bruta. A dosagem a aplicar deve variar entre 5 a 10 mg/l.

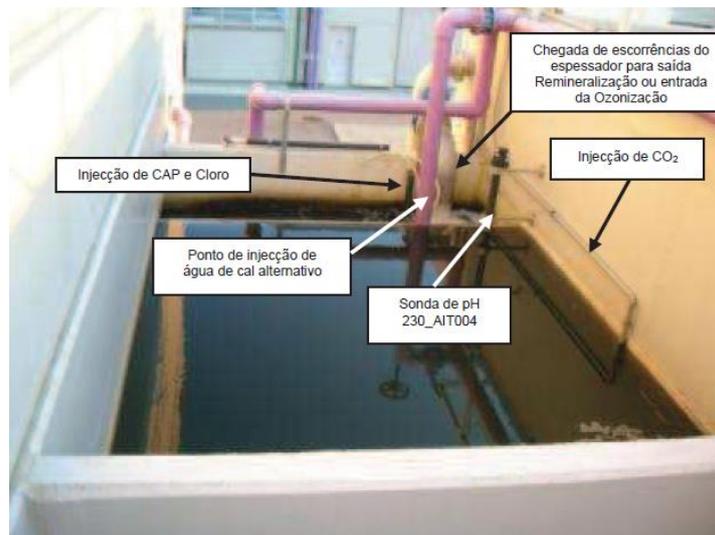


Figura 6 - Câmara de Remineralização

3.4.2.4. COAGULAÇÃO/ FLOCULAÇÃO

A ETA de São Jorge está dimensionada para tratar um caudal máximo de 1800 m³/h, estando dividida nesta etapa de tratamento em duas linhas idênticas. As duas linhas podem funcionar em paralelo ou separadamente. Cada linha de tratamento corresponde ao tratamento de um caudal de 900 m³/h.

Na câmara de mistura lenta é adicionado o coagulante. O coagulante juntamente com o carvão ativado e água de cal, quando adicionados, são misturados na etapa de coagulação.

No projeto de execução estava previsto utilizar como coagulante o sulfato de alumínio. Dada a experiência adquirida em outra ETA da empresa, onde este coagulante provocou alguns problemas de tratamento, o coagulante foi alterado para WAC-AB. O WAC-AB é um policloro sulfato básico de alumínio, utilizado no tratamento de águas como um coagulante inorgânico. Este coagulante tem igualmente propriedades de floculante.

A coagulação efetua-se nas câmaras de mistura rápida (CMR), providas de electroagitadores verticais, que permitem a criação de um gradiente de velocidade (400 a 1000 s⁻¹) necessário a uma corrente de mistura.

Por vezes, para além da adição do coagulante, recorre-se ainda á utilização de adjuvantes – floculantes, que se destinam a melhorar as operações de coagulação – floculação, ao nível da velocidade das reações ou da qualidade do floco produzido.

O floculante pode ser adicionado à saída da CMR, ou à entrada da câmara de mistura lenta (CML). As CMR têm um volume líquido de 27.3 m³ e um tempo de contato de 110 segundos, para a sua capacidade máxima, 900 m³/h (Silva, 2011).

A floculação é desenvolvida em câmaras, equipadas de electroagitadores verticais de velocidade lenta para permitir o crescimento dos flocos (Floculação) formados nas CMR (Figura 8). A agregação dos microflocos em flocos maiores, permite que estes sejam mais decantáveis (Figura 7). O tempo de contacto nas CML variam entre 15 a 30 minutos.



Figura 7 - Flocos formados na CML

A passagem da CMR para o 1º Estágio de floculação faz-se pela parte inferior do tanque. Na primeira parte da câmara de floculação existe um agitador que promove o fluxo ascendente e na segunda câmara existe um agitador que promove o fluxo descendente.

3.4.2.5. FLOTAÇÃO

Após um certo tempo de floculação, dá-se a flotação das partículas agregadas, pela injeção de água pressurizada em tanques com raspadores de superfície. Os Flotadores são do tipo Flotazur P800.

Após um tempo de floculação, a água entra diretamente em potes de mistura dispostos em paralelo onde é posta em contacto com a água pressurizada (Figura 8). A lama flotada é

evacuada na extremidade oposta por uma ponte raspadora (Figura 9) que percorre a área de flotação num movimento de vaivém temporizado que permite raspar a parte da superfície onde a lama se espessa sem perturbar a zona de expansão por baixo dos potes de mistura.

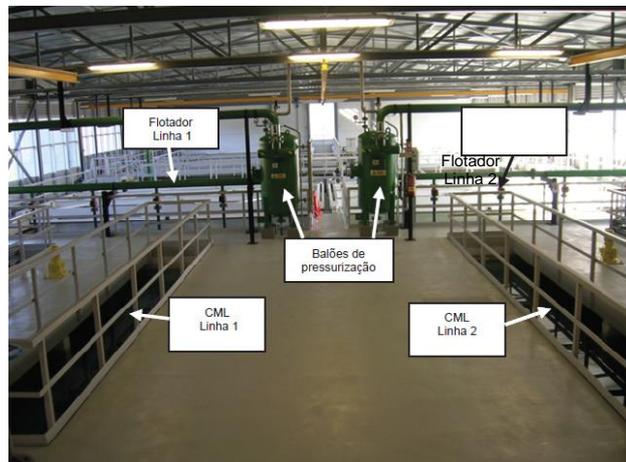


Figura 8 - Câmaras de mistura lenta e Flotador

O Flotador Degremónt Flotazur P800 é composto por um dispositivo de dissolução de ar na água (balão de pressurização), um dispositivo gerador de microbolhas e um dispositivo de separação de água e das partículas sólidas aglomeradas à superfície – Flotador, equipado com uma ponte raspadora.

O princípio de funcionamento consiste na saturação de água floculada com ar, a forte pressão. Essa operação é assegurada pelos balões de pressurização no interior dos quais a pressão é mantida a 4-6 bares, e que dissolve o ar na água. A interface ar-líquido é mantida por uma regulação de nível e a alimentação de líquido ao balão faz-se através de uma de duas bombas de pressurização que recolhem a água tratada à saída do Flotador e o injetam no balão. O sistema ar-líquido que sai do balão entra então numa linha que se subdivide em 6 circuitos. No final de cada um destes 6 circuitos existe uma caixa que permite a despressurização do sistema, provocando a libertação de grandes quantidades de ar sob a forma de microbolhas. Estas microbolhas aderem aos flocos, baixando a sua densidade e permitindo que estes ascendam no meio líquido e sejam captados à superfície sob a forma de lamas. A água clarificada é captada a meia altura entre o fundo e o topo do flotador (Silva, 2011).

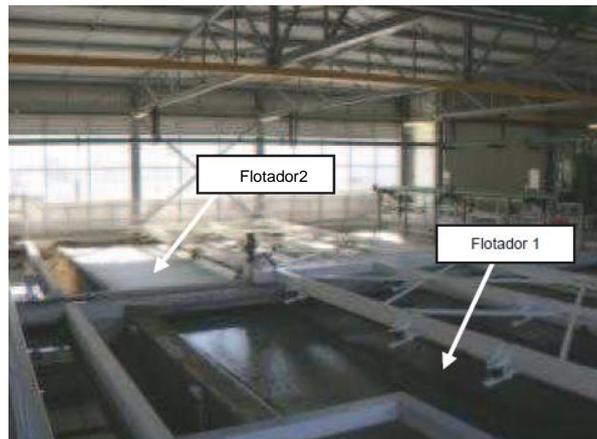


Figura 9 - Ponte raspadora

As lamas flotadas depois de raspadas, são encaminhadas para a caleira de lamas flotadas, e daqui dão entrada em 2 tanques de desgaseificação de lamas flotadas (um por flotador) com agitadores e posteriormente descarregadas para 2 tanques de armazenamento de lamas flotadas também com agitadores (Figura 10). Cada tanque de desgaseificação está equipado com um electroagitador vertical para garantir a desgaseificação das lamas flotadas. Do tanque de desgaseificação as lamas flotadas são enviadas por transbordo em direção ao tanque de lamas flotadas, equipado com um electroagitador, que permite a homogeneização das lamas flotadas. Do tanque de lamas flotadas as lamas são enviadas em direção ao tanque de mistura de lamas.

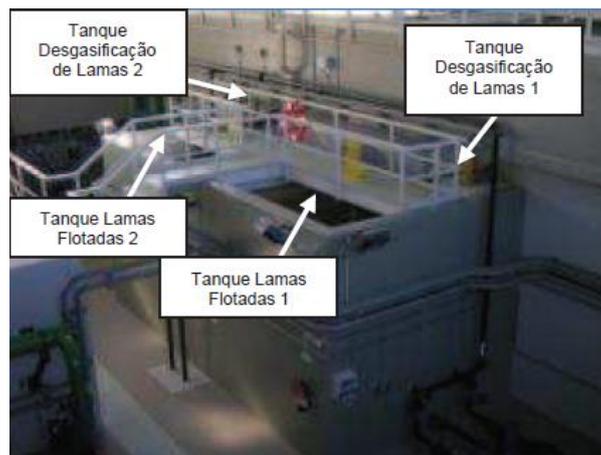


Figura 10 - Tanques de desgaseificação e tanques de lamas flotadas

Em cada uma das linhas existe a possibilidade de se realizar um “bypass” à floculação e flotação.

3.4.2.6. FILTRAÇÃO

Na ETA de S. Jorge a filtração é realizada através de filtros de areia (Figura 11), sendo uma filtração profunda em leito granular.



Figura 11 - Filtro de areia vazio

A água flotada distribui-se igualmente por oito filtros, através de descarregadores reguláveis de onde passa para o interior de cada filtro através de um orifício de passagem e por trop-plein dos descarregadores. Os filtros instalados são de patente Degrémont do tipo Aquazur V, são filtros rápidos (velocidade de filtração 7 a 20m/h), abertos e gravíticos. A água no filtro atravessa a camada filtrante de areia calibrada, com diâmetro médio de 0.95 mm, sendo recolhida no fundo através de ralos que leva a água até à cisterna de água filtrada (Figura 12).

Os filtros mantêm uma altura constante de água acima da camada de areia, independentemente do seu grau de colmatagem, graças a um sistema de regulação electropneumático da válvula de saída da água filtrada.

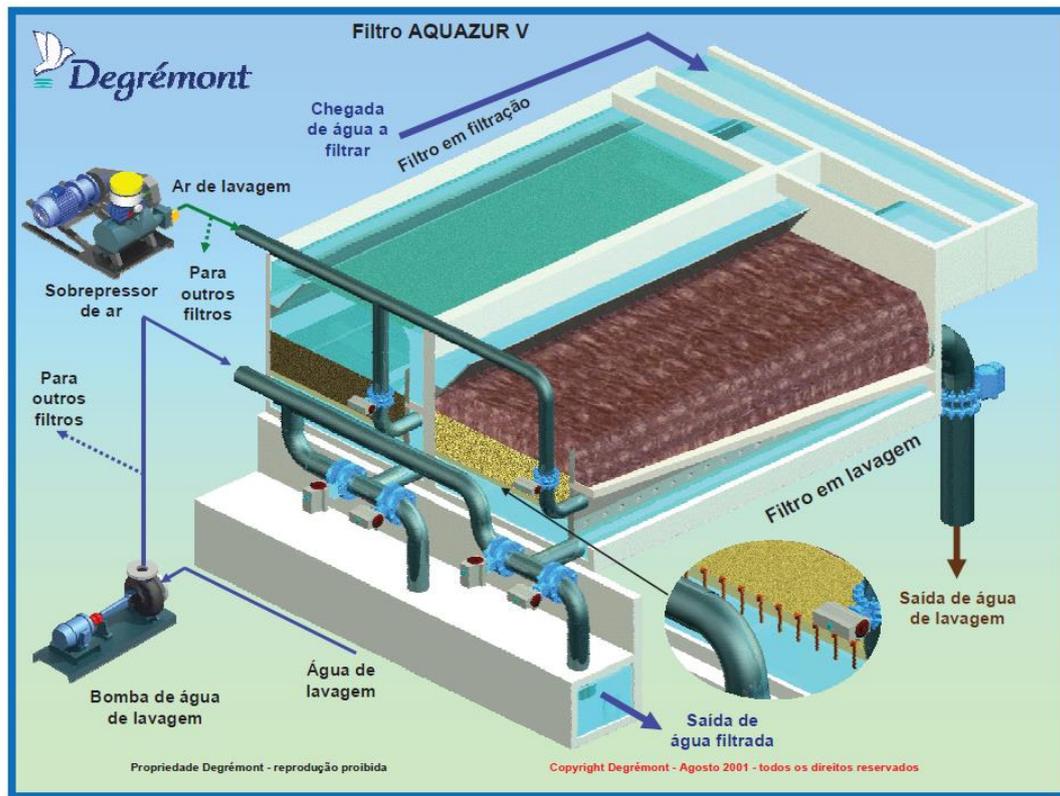


Figura 12 - Filtros de areia AQUAZUR V (Silva, 2011).

Quando os filtros ficam colmatados entram em ordem de lavagem. A lavagem dos filtros também pode ser programada através das horas de filtração de cada filtro (Figura 13). A lavagem dos filtros inicia-se por uma etapa de abaixamento de nível até ao nível de lavagem e depois pela fase de esvaziamento total até ao nível da caleira de saída. Depois é feita a lavagem do filtro com ar e água, através das etapas: injeção de ar; injeção de ar e água, que permite que exista um fluxo de água a entrar pelas caleiras, constituindo assim uma corrente de varrimento horizontal superficial que vai arrastar as lamas que vem a superfície em direção à caleira de saída; é feita uma purga de ar e por fim uma lavagem final. Depois de todas estas etapas devidamente realizadas é feito o enchimento do filtro. Os tempos de cada etapa podem ser alterados, sendo o objetivo final que a água da lavagem seja límpida (Figura 13).

O número de filtros a colocar em serviço depende do caudal de água bruta, devendo para cada linha estar quatro dos filtros em funcionamento.

SET POINTS		
SET POINT DE NIVEL.....		400 mm
SET POINT DE COLMATAGEM.....		320 mbar
SET POINT TEMPO DE FILTRAÇÃO		30 Horas
TEMPO DE FILTRAÇÃO.....		13 Horas
FASES DE LAVAGEM DO FILTRO		
	TIME OUT	SP
<input type="checkbox"/> ABAIXAMENTO.....	0	350
<input type="checkbox"/> ESVAZIAMENTO.....	0	15
<input type="checkbox"/> INJEÇÃO AR.....	0	200
<input type="checkbox"/> INJEÇÃO AR + ÁGUA...	0	350
<input type="checkbox"/> PURGA DE AR.....	0	30
<input type="checkbox"/> LAVAGEM FINAL.....	0	200
<input type="checkbox"/> ENCHIMENTO.....	0	150

Figura 13 - Etapas de lavagem dos filtros

3.4.2.7. DESINFECÇÃO FINAL E AJUSTE FINAL DE PH

A desinfecção final é realizada no trajeto da água da cisterna de água filtrada para o reservatório de água tratada, com adição de cloro gasoso de forma controlada, de modo a manter o teor de cloro residual pretendido no reservatório de água tratada. Existem vários processos de desinfecção, desde os tratamentos físicos por aplicação de radiações (UV), até aos químicos que utilizam agentes alcalinos, tensoactivos ou oxidantes, destacando-se o cloro como o desinfetante mais utilizado.

Esta desinfecção tem como finalidades a inativação dos organismos patogénicos presentes na água (bactérias, vírus e parasitas) – efeito bactericida e, evitar o desenvolvimento de biofilme (bactérias e outros microrganismos) na rede de distribuição – efeito remanescente. Para a desinfecção da água ser eficaz o tempo de contacto deve ser cerca de 30 minutos e a dosagem deve permitir que o cloro residual nos pontos de entrega seja entre 0.6 a 0.4 mg/l.

A água de cal é adicionada após a injeção de cloro, antes do reservatório de água tratada, para efeitos de correção de pH (Silva, 2006).

3.4.2.8. RESERVATÓRIO DE ÁGUA TRATADA

A água tratada é encaminhada graviticamente para um reservatório composto por duas células. A capacidade total do reservatório é de 15000 m³.

3.4.2.9. LINHA DE TRATAMENTO DE LAMAS

As lamas produzidas na ETA são originadas na flotação, na água de lavagem dos filtros, nas escorrências e nos saturadores de produção de água de cal, sendo neste último as lamas de cal constituídas essencialmente por precipitados de CaCO_3 , cal apagada sólida Ca(OH)_2 e impurezas minerais (SiO_2 e outras).

As lamas resultantes do processo de flotação, recolhidas através de um raspador de superfície já se encontram espessadas e desgaseificadas. Dos tanques de lamas flotadas, onde são armazenadas, são enviadas para o tanque de mistura de lamas (Figura 10).

As lamas de cal, produzidas nos saturadores, são regularmente extraídas para uma cisterna de armazenamento de lamas de cal. Esta cisterna está munida de um agitador de modo a promover uma circulação contínua dos fluídos na cisterna.

As lamas resultantes do processo de lavagem dos filtros, pelo facto de serem muito diluídas, necessitam de uma operação de espessamento antes de serem misturadas com as restantes a fim de serem desidratadas. A operação de espessamento é realizada num órgão cilíndrico de betão. As lamas decantam graviticamente e uma ponte raspadora permite concentrar as lamas na tremonha no fundo do órgão, após o que são extraídas para o poço de mistura de lamas, antes da desidratação (Figura 14).

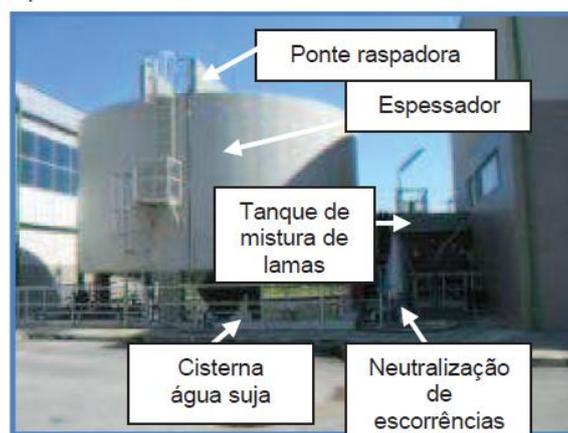


Figura 14 - Órgãos do tratamento de lamas

O tanque de mistura de lamas consiste numa cisterna, munida de agitação vertical, que reúne as lamas provenientes dos órgãos referidos anteriormente e as mistura antes de serem enviadas para o filtro de prensa de membranas, que as irá desidratar.

O tanque de neutralização (Figura 14 e 15) servirá para neutralizar os diversos tipos de água produzida na estação, como as escorrências e purgas da desidratação, as águas de lavagem dos pavimentos de edifício e as purgas e lavagens dos diversos órgãos. O efluente neutralizado com recurso a CO_2 é descarregado na cisterna de água suja de lavagem dos filtros, e posteriormente reenviado para o processo (espassador), ou removido para um destino exterior. Esta solução evita o envio das escorrências para a cabeça da estação e, conseqüentemente, o retorno de quistos de giardia, sendo por isso interessante sob o ponto de vista processual. Note-se que a operação de Ozonização não é suficiente para a remoção de quistos de Giardia, e como se sabe o seu aparecimento na água tratada pode gerar graves problemas de saúde pública. Os sobrenadantes do espessador irão diretamente para a pré-oxidação (ou em opção, para jusante da remineralização), misturando-se com a água bruta, ou poderão igualmente ser enviados para esgoto, sendo descarregadas no canal de trop-plein da cisterna de água de lavagem dos filtros.

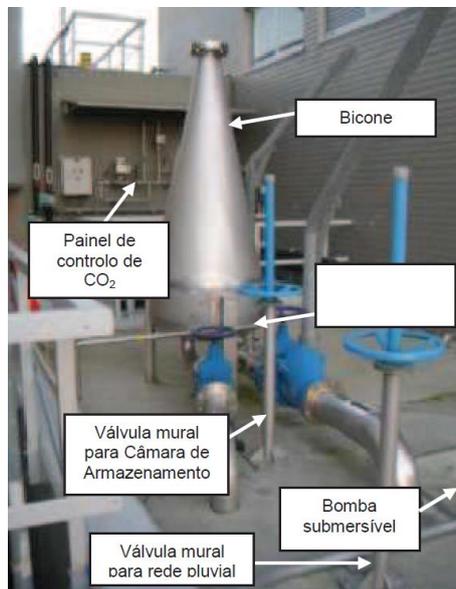


Figura 15 - Sistema de neutralização de escorrências

Para a desidratação das lamas é utilizado um Filtro de Prensa de Membrana (Figura 16), que permite a separação de sólido líquido sob pressão e são na atualidade os equipamentos utilizados para desidratação mais eficientes. Este tipo de filtro é constituído essencialmente por uma bateria de placas verticais, justapostas e apoiadas fortemente umas contra as

outras através de um macaco hidráulico simples com bomba elétrica de duplo efeito colocado na extremidade da bateria. A opção por este tipo de equipamento na desidratação é justificável quando se pretende obter grandes siccidades nas lamas desidratadas (superiores a 30%) (Silva, 2006).



Figura 16 - Filtro de prensa

Após desidratação as lamas (Figura 17) serão enviadas para destino final adequado. As escorrências do processo de desidratação irão fluir ao tanque de neutralização.



Figura 17 - Lama após desidratação no Filtro de Prensa

3.4.3. ADUÇÃO

Depois de tratada, a água percorre uma rede de condutas adutoras em ferro fundido, com diâmetros compreendidos entre 60 mm e 800 mm, a fim de abastecer reservatórios e pontos de entrega diretos na conduta, onde se faz a entrega de água aos diversos municípios que integram o subsistema. Existem ainda estações elevatórias, válvulas, descargas de fundo,

ventosas e outros dispositivos complementares que garantem o funcionamento hidráulico do subsistema.

Na Figura 18 apresenta-se o diagrama de fluxo de todo o subsistema de abastecimento, que inclui todos os elementos da infraestrutura física, desde a fonte até ao cliente (abastecimento em alta). Com esta representação consegue-se obter uma visão clara e sequencial de todas as etapas envolvidas desde a captação de água bruta até à distribuição da água tratada.

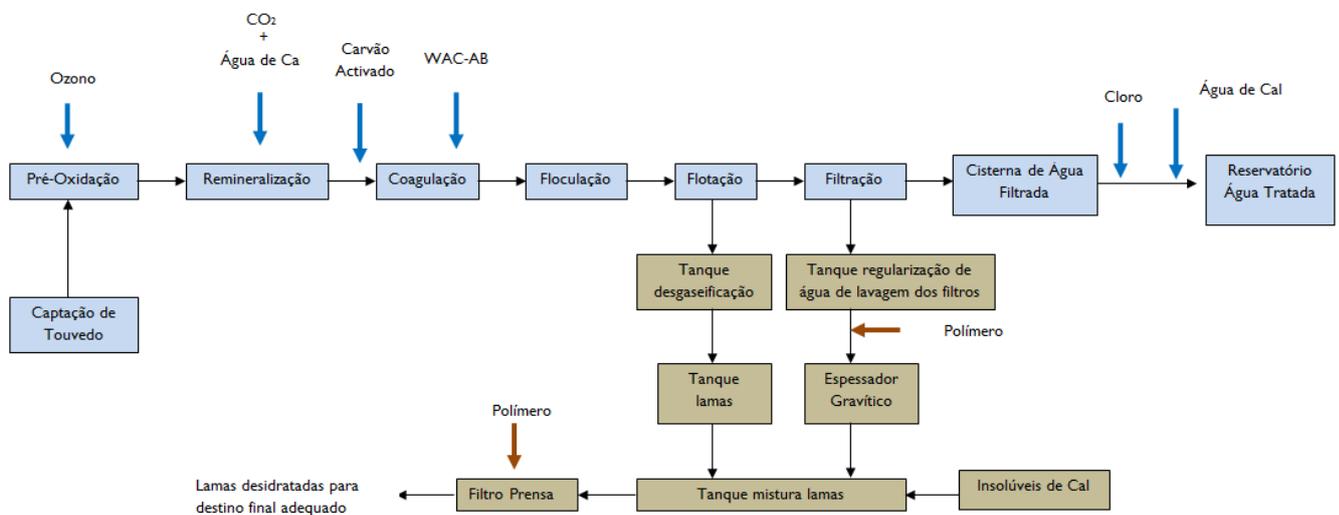


Figura 18 - Esquema de tratamento da ETA de S. Jorge

3.5. EXPLORAÇÃO DA ETA DE S. JORGE

Para o ótimo funcionamento de uma ETA para além de correto dimensionamento e projeto de execução, é essencial uma exploração dedicada e cuidada de todas as etapas de tratamento. O esquema seguinte resume de uma forma geral os processos envolvidos na exploração de uma ETA (Figura 19).

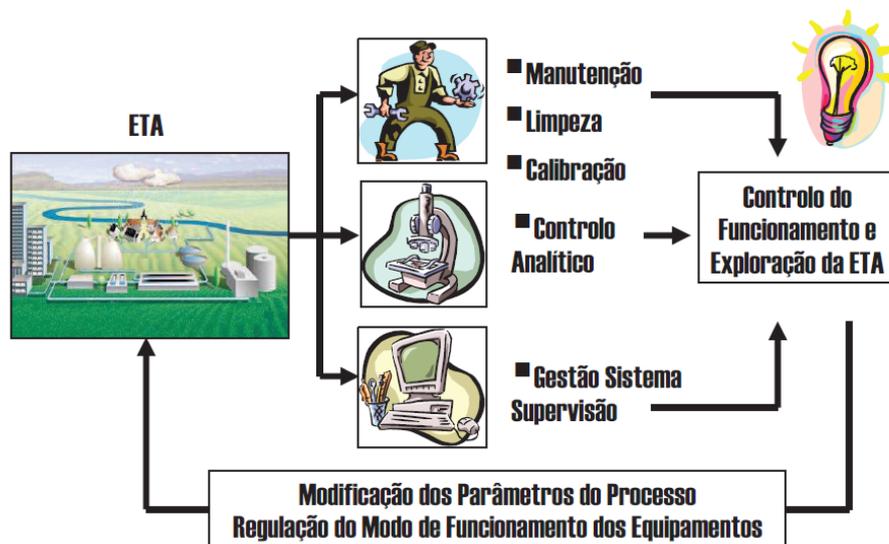


Figura 19 - Processos envolvidos na Exploração de uma ETA

3.5.1. PRINCÍPIOS GERAIS DO MODO DE FUNCIONAMENTO

A ETA está preparada para funcionar em regime automático, possuindo informação centralizada na sala de comando, no “scada”, sobre o estado dos diversos equipamentos, dos valores dos principais parâmetros intervenientes no processo e dos principais alarmes.

O “scada” da ETA de S. Jorge apenas comunica com a Captação e com o Reservatório de Água Tratada – RP1. Ainda não tem comunicação com a Adução, nomeadamente com as Estações Elevatórias e os Reservatórios.

O processo de tratamento é dividido em linha líquida e linha sólida. Cada fase do processo é representada por um sinóptico. Para além do processo de tratamento temos os sinópticos para a preparação dos diversos reagentes.

A seleção das máquinas ou instalações em serviço diretamente ligadas ao processo é feita a partir do “scada”, existindo ainda a possibilidade de selecionar se o seu funcionamento será manual, automático ou semiautomático.

O arranque e paragem gerais da ETA e da Captação são executados, a partir da sala de comando. A ordem de arranque geral permite o funcionamento automático de todas as instalações que para tal estiverem selecionadas e coloca em marcha as máquinas de

funcionamento permanente. Existe igualmente a possibilidade de efetuar a paragem de emergência parcial ou total das instalações. Os comandos manuais e de emergência das máquinas ou instalações localizam-se junto das mesmas.

A ETA pode ainda trabalhar totalmente em modo manual sem passar pelos autómatos, salvaguardando a segurança de pessoas e bens e o funcionamento dos automatismos principais.

Como regra geral uma ETA deve funcionar com um caudal constante ou seja em regime permanente. As variações do caudal a tratar devem ser efetuadas com o maior espaçamento no tempo possível. Assim o ideal de funcionamento da ETA, seria em regime contínuo, durante 24 horas, o que permitiria maior estabilização do processo. No entanto, neste momento as necessidades de água potável dos municípios clientes, são muito inferiores à capacidade de produção da ETA por isso ela funciona em regime descontínuo, pelo período de 9 horas diárias, ao caudal máximo – 1800 m³.

O reservatório de água tratada e sobretudo os reservatórios de distribuição deverão permitir encaixar as variações no consumo sem que seja necessário efetuar ajustes bruscos na produção.

Caso seja necessário efetuar ajustes no caudal de tratamento, estes poderão variar entre 500 L/s (duas linhas a trabalhar a 100% da sua capacidade nominal) e 150 L/s (uma linha a trabalhar a 60% da sua capacidade nominal).

3.5.2. CONTROLO ANALÍTICO

O controlo analítico do processo de tratamento da ETA é feito através de vários analisadores instalados em vários pontos de amostragem - controlo analítico contínuo, ou através de análises laboratoriais – controlo analítico laboratorial.

O controlo analítico contínuo permite uma monitorização constante da eficiência do processo e o controlo do produto final (Tabela 1).

Tabela 1 - Analisadores de Qualidade de Água instalados no processo de tratamento

Fases de Tratamento	Analisadores
Água Bruta	Analizador de Turvação
	Analizador de pH
	Analizador de Condutividade
Água Ozonizada	Analizador de ozono residual
Água Remineralizada	Analizador de pH
Câmaras de Mistura Lenta	Analizador de pH
Água Filtrada	Analizador de Turvação
	Analizador de pH
	Analizador de Condutividade
Água Tratada	Analizador de Turvação
	Analizador de pH
	Analizador de Condutividade
	Analizador de Cloro residual
	Analizador de Alumínio
Reservatório de Água Tratada	Analizador de Cloro residual
	Analizador de pH

Os valores medidos por estes aparelhos para além de ter indicação no local têm ainda indicação na supervisão. Para todos estes parâmetros existem no sistema de supervisão, gráficos de registo.

Em modo automático o doseamento de alguns reagentes, como a água de cal e o dióxido de carbono, é efetuado de acordo com os valores medidos nos analisadores de pH e turvação, respetivamente. Os restantes analisadores são importantes para um constante controlo do processo. É de extrema importância para o correto funcionamento da ETA que estes medidores sejam calibrados periodicamente.

O controlo automatizado da ETA não dispensará, de modo algum, um controlo não automático da qualidade da água bruta e tratada, através da realização do maior número de análises representativas.

O Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de Agosto, estabelece que (...) “a água destinada ao consumo humano deve respeitar os valores paramétricos dos parâmetros constantes das partes I, II e III do anexo I” e não deve conter (...) “nenhum microrganismo, parasita ou substância em quantidade ou concentração que possa constituir um perigo potencial para a saúde humana”. Por outro lado, o mesmo documento dispõe que, a Entidade Gestora do sistema de abastecimento deve (...) “dispor, no início de cada ano civil, de um PCQA, aprovado pela Autoridade Competente” (Plano de Segurança da Água para consumo humano Subsistema de Abastecimento de água de S. Jorge, 2013).

Também o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, estabelece “normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos”, nomeadamente, os valores máximos recomendáveis (VMR) e os valores máximos admissíveis (VMA) em função do tipo de água bruta, A1, A2 e A3.

Para auxiliar o cumprimento da legislação em vigor e para garantir o efetivo funcionamento do processo de captação, produção e adução de água para consumo humano no subsistema de abastecimento de água de S. Jorge, foi elaborado um Plano de Controlo da Qualidade da Água e do Processo (PCQAP) (Anexo 2).

O PCQAP inclui o Plano de Controlo da Qualidade da Água (PCQA), onde estão definidos os parâmetros legais obrigatórios e aprovados pela ERSAR; e o Plano de Controlo da Qualidade do Processo (PCQP), onde estão definidos os parâmetros de controlo do processo de produção e adução de água para consumo humano.

Este plano constitui uma ferramenta de monitorização operacional, assegurando de forma estruturada e organizada, o suporte à gestão da operação do Sistema. Está dividido em duas partes, uma relativa a qualidade da água, onde constam os respetivos parâmetros de monitorização na Fonte, no Tratamento e na Adução; e outra relativa aos parâmetros de funcionamento operacional do processo. Para cada parâmetro estão definidos os limites de alerta, os limites críticos, a frequência de amostragem, o número de amostras, a responsabilidade pelo controlo, o método ou equipamento utilizado para efetuar a monitorização, os documentos internos associados, e alguns exemplos de ações corretivas gerais em caso de desvios aos limites estabelecidos.

O PCQA inclui apenas análises na adução, nos Pontos de Entrega aos clientes, que podem ser reservatórios ou pontos de entrega físicos nas condutas. Os parâmetros a analisar foram definidos de acordo com a legislação em vigor e, dividem-se em microbiológicos, químicos e indicadores. Os parâmetros a analisar agrupam-se em controlos de rotina e controlos de inspeção. Os controlos de rotina têm como objetivo fornecer regularmente informações sobre a qualidade organolética e microbiológica da água destinada ao consumo humano, bem como a eficiência dos tratamentos existentes, especialmente a desinfecção. De acordo com os parâmetros a analisar, dividem-se em controlos de rotina 1 e 2. O controlo de inspeção tem como objetivo obter as informações necessárias para verificar o cumprimento dos valores paramétricos definidos na legislação, estando incluídos neste controlo todos os parâmetros analíticos legislados (Anexo 3).

O número de análises a efetuar nos Pontos de Entrega é calculado com base no consumo estimado para o ano civil, e é baseado nos volumes médios diários fornecidos entre Julho e Junho de ano civil anterior.

O PCQP estabelece as análises a realizar na água bruta, água tratada e na água ao longo das várias fases do tratamento: água ozonizada, água flotada e água filtrada. É importante analisarmos frequentemente a água bruta, de forma a podermos detetar variações da sua qualidade e alterar o doseamento de reagentes de acordo com estas variações. De forma a analisar a eficiência das várias etapas de tratamento é importante analisar a água no final das várias etapas, tal como no final de todo o processo de tratamento – água tratada. No PCQP estão ainda definidos parâmetros e periodicidade de análises nos vários pontos de entrega.

As análises a realizar dividem-se nas da responsabilidade do laboratório das Águas do Noroeste, devidamente acreditado para o efeito e, nas análises realizadas internamente no laboratório da ETA de S. Jorge.

As análises a realizar no laboratório das Águas do Noroeste são definidas de acordo com as necessidades e experiência adquirida ao longo dos anos, e tendo em conta as recomendações da legislação em vigor.

Semanalmente são recolhidas amostras de água bruta, água tratada e ao longo das várias etapas de tratamento, para serem analisadas no laboratório das Águas do Noroeste. Os

parâmetros a controlar nas várias etapas podem ter uma periodicidade semanal, quinzenal, mensal, semestral ou anual. Existem ainda alguns parâmetros que a periodicidade de análise difere de acordo com as estações do ano, como as cianobactérias, o fósforo total e a clorofila A, que exigem um controlo mais intensivo na época de Primavera e Verão.

Para além dos parâmetros microbiológicos, químicos e indicadores o Decreto-Lei n.º 306/2007 define que as entidades gestoras devem controlar os pesticidas cuja presença seja provável numa determinada zona de abastecimento, tendo em conta a localização das suas origens de água. A Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) fixa até 31 de Julho de cada ano os pesticidas a controlar pelas entidades gestoras no ano seguinte. Quando as origens são superficiais, como é o caso da Captação de Touvedo, a DGADR fixa os períodos mais adequados para a sua pesquisa.

4. METODOLOGIA

4.1. PLANO DE CONTROLO ANALÍTICO INTERNO

Inicialmente o plano de controlo analítico realizado no laboratório da ETA de S. Jorge, era composto essencialmente por análises expeditas à linha líquida, como pH, condutividade, temperatura, turvação, oxigénio dissolvido, ozono residual e cloro residual. De forma a poder avaliar-se a eficiência de tratamento da ETA e com o aumento do conhecimento das várias etapas e problemas em cada uma delas, surgiu a necessidade de elaborar um plano de controlo analítico mais alargado, com o controlo de mais parâmetros e em mais pontos de controlo. Para além do aumento de parâmetros a analisar nas diferentes fases da linha líquida de tratamento foram também definidas as análises a efetuar na linha de reagentes, na linha sólida e na adução. Como foi detetado que a qualidade da água bruta variava muito ao longo do ano, foi necessário prever análises a montante da captação. Para facilitar a análise por parte dos colaboradores e permitir uma rápida atuação, foi colocado os valores esperados nos diferentes parâmetros ao longo do processo de tratamento. Para se determinar esses valores analisou-se os resultados analíticos dos anos anteriores e a legislação em vigor. Este plano vem complementar o PCQAP do Subsistema de água de S. Jorge (Anexo 2).

4.2. ROTINA DIÁRIA DE CONTROLO DE PROCESSO

Para se conseguir um bom controlo de funcionamento é essencial fazer um conjunto genérico de tarefas: ronda pela totalidade da instalação para verificação do correto funcionamento dos principais órgãos e equipamentos; controlo do correto funcionamento da

instalação no sistema de supervisão; leitura e registos de caudais; controlo dos consumos de reagentes e verificação da chegada dos reagentes nos locais de dosagem; medição do caudal de reagentes; calibração e limpeza dos equipamentos de instrumentação em linha e verificação/ medição do manto de lamas no interior dos saturadores de cal e espessador de lamas. Foi detetado que a maioria destas tarefas eram realizadas periodicamente pelos colaboradores, no entanto não eram registados os resultados. Para assegurar a realização e registo de algumas destas tarefas foi elaborada uma rotina de trabalho, que deve ser preenchida diariamente. Para elaborar a rotina de trabalho para a ETA de S. Jorge, foram analisadas outras rotinas de ETA semelhantes e foi tido em conta as especificidades do processo de tratamento da ETA de S. Jorge e as tarefas normalmente desenvolvidas pelos colaboradores.

4.3. ANÁLISE DA ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA BRUTA

Para analisar a alteração da qualidade da água bruta ao longo do tempo foram avaliados os resultados das análises realizadas no estudo prévio da ETA e das análises realizadas no ano de 2014. Foi escolhido um ano completo de forma a ter-se em conta as variações sazonais.

No estudo prévio foi realizado um programa alargado de caracterização analítica da qualidade da água bruta (de 2000 a 2004 com uma periodicidade variável entre semanal e trimestral), com vista à classificação do tipo de água e à definição das etapas de tratamento a adotar na conceção da ETA de S. Jorge. As análises foram realizadas pela AdML e pela Companhia Portuguesa de Produção de Eletricidade (CPPE). As análises fornecidas pela AdML foram realizadas nos laboratórios da Águas do Cávado (AdC), durante o período de 2001 a 2002 e da Sagilab, durante o período de 2003 e 2004. As análises fornecidas pela CPPE foram realizadas no laboratório da Labelec, durante o período de 2000 a 2004.

As análises de 2014 foram realizadas pelo laboratório central das Águas do Noroeste, devidamente acreditado para o efeito.

Efetou-se a comparação dos resultados obtidos durante o estudo prévio, e no ano de 2014, com os valores definidos no Anexo I do Decreto-Lei nº 306/07 de 27 de Agosto, que regula a qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo

humano. Comparou-se ainda os resultados da qualidade da água da albufeira, em 2000-2004 e em 2014, com os limites legislados.

Com a comparação da qualidade da água bruta nos anos em que foi realizado o estudo prévio da ETA e o ano de 2014, pretende-se verificar se a qualidade da água bruta se mantém e desta forma verificar a adequabilidade do processo de tratamento da ETA de S. Jorge à qualidade da água bruta atual.

4.4. AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA

Para analisar o cumprimento da qualidade da água tratada, foram comparados os resultados das análises à saída da ETA e nos vários pontos de entrega às Entidades Gestoras, realizadas no ano de 2014, com os limites definidos no Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto. As análises foram realizadas no laboratório central das Águas do Noroeste, devidamente acreditado para o efeito.

Após a análise do cumprimento da qualidade da água nos pontos de entrega foram analisados os incumprimentos detetados no ano de 2014 e feita uma pequena análise da evolução do número de incumprimentos desde o ano de 2011.

4.5. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DA ETA DE S. JORGE

Para analisar a eficiência do processo de tratamento implementado na ETA de S. Jorge, analisou-se os processos de tratamento: ozonização, coagulação – flotação, filtração e por fim o processo final. Para atingir este objetivo, analisou-se a evolução de alguns parâmetros indicativos do correto funcionamento de cada etapa de tratamento.

Apesar do processo de tratamento ser maioritariamente controlado pelos resultados obtidos internamente no laboratório da ETA, os resultados apresentados são das análises realizadas no laboratório central da Águas do Noroeste, uma vez que os métodos analíticos utilizados são mais rigorosos, sendo os resultados mais fiáveis. Para avaliar a eficiência dos processos de tratamento da ETA de S. Jorge foi ainda utilizada a metodologia de avaliação do funcionamento de ETA, desenvolvida em 1998, no âmbito do Protocolo INAG/ DCEA. Para aplicar esta metodologia foram utilizados os resultados analíticos da água bruta e da água tratada à saída da ETA, do ano de 2014.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PLANO DE CONTROLO ANALÍTICO INTERNO

Um plano de controlo analítico interno para uma ETA é de extrema importância, tanto para controlar e avaliar a eficiência dos processos de tratamento, como para verificação da conformidade da água tratada. É importante a realização de um estudo analítico sistemático, das diferentes etapas do processo de tratamento, permitindo acompanhar o desempenho das instalações. O plano de controlo analítico foi definido em função dos processos unitários de tratamento da ETA.

O Plano de controlo analítico elaborado é dividido em análises à linha líquida, linha de reagentes, linha sólida, controlo da água bruta e adução.

Na linha de água são analisados os pontos: água bruta (captação de Touvedo); água ozonizada, água flotada, água filtrada e água tratada. Na linha de reagentes são previstas análises ao leite de cal, água de cal e carvão ativado

De forma a controlar-se a linha sólida do processo, e os efeitos desta na linha líquida, foi definido análises às lamas desidratadas, às escorrências do espessador, às escorrências do filtro de prensa e lama para o filtro prensa.

Dada a variação da qualidade da água bruta afluyente à captação, foram definidos dois pontos a montante: Ermelo e Barragem do Lindoso, para serem analisados periodicamente. Ermelo é um local a uns km a montante da captação, caracterizado por ter água corrente. A barragem de Lindoso situa-se a cerca de 20 km da barragem de Touvedo. Tal como a barragem de Touvedo a sua principal função é a produção de energia elétrica, logo é caracterizada igualmente por ter água estagnada, sendo a quantidade de água armazenada nesta barragem muito maior. Paralelamente a estas análises foi ainda feito um levantamento pela equipa de operação de possíveis fontes de contaminação, como indústrias.

O plano de controlo analítico do subsistema de S. Jorge define ainda as análises a serem realizadas em pontos de entrega (reservatórios e pontos de entrega em conduta). Nestes pontos são analisados os parâmetros: pH, turvação e cloro residual, com a periodicidade de duas vezes por semana. À medida que o sistema de adução vai ficando estabilizado e aumenta o conhecimento do comportamento e variações da qualidade da água, esta periodicidade pode ser alterada, por exemplo para uma vez por semana.

Uma vez por mês são feitas análises mais completas em todos os pontos de entrega onde se analisam os seguintes parâmetros: condutividade, temperatura, alumínio, alcalinidade, UV 254 nm, e-coli, coliformes totais.

Como complemento ao controlo analítico realizado à adução são ainda realizadas análises em pontos na baixa, o que permite analisar a água consumida pelo consumidor final. Para cada ponto de entrega, foi definido um ponto de controlo na baixa (exemplo: cafés, escolas, fontanários, casas particulares).

Para todos os parâmetros a serem analisados nas várias fases de tratamento, foram criados procedimentos, onde se definiu os equipamentos a utilizar, os cuidados de manutenção e calibração a ter com esses equipamentos, o modo de medição e os cuidados de segurança e ambiente com os equipamentos e reagentes a utilizar. Com estes procedimentos pretendeu-se sistematizar os métodos de medição, e aumentar a fiabilidade dos resultados obtidos.

As análises a realizar na linha líquida, linha de reagentes, linha de lamas e adução, a sua periodicidade, procedimentos e equipamentos a utilizar, valores esperados, foram compiladas no Plano de Análises de S. Jorge (Tabela 2), que complementa o PCQP. Neste

plano são ainda sintetizadas algumas ações que devem ser tomadas se os valores obtidos nas análises não estiverem de acordo com os esperados.

Este Plano pretende ser um documento mais prático, de fácil leitura e alterado de acordo com as necessidades ao longo do ano.

Tabela 2 - Plano de Análises do Subsistema de S. Jorge

Plano de Análises Subsistema S. Jorge

Ponto de Análise	Periodicidade	Parâmetro	Equipamento	Procedimento	Valores esperados	Observações
Linha Líquida						
Água Bruta	1x em cada 4h de trabalho	pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i	6 - 7,5	
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH	1 - 4	
		condutividade	medidor condutividade HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de condutividade HACH		
		oxigénio dissolvido	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		temperatura	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		alcalinidade	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal	7-20	
	2x semana	UV 254	espectrofotómetro UV-Visível	Medição da absorção UV 254 nm		
		e-coli	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray		
		coliformes totais	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray		
Água Ozonizada	1x em cada 4h de trabalho	pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i	6 - 7,5	
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH	1 - 4	
		condutividade	medidor condutividade HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de condutividade HACH		
		oxigénio dissolvido	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		temperatura	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		ozono residual	espectrofotómetro UV-Visível	Manutenção e Medição de ozono residual no Espectrofotómetro DR5000, método 8311	0.05 – 0.30	Regular a tx tratamento e/ou o SP de ozono de forma a ter algum ozono residual na água ozonizada.
	2x semana	UV 254	espectrofotómetro UV-Visível	Medição da absorção UV 254 nm		
		e-coli	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray		
		coliformes totais	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray		
Água Flotada	1x em cada 4h de trabalho	pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i	6.8 – 7.2	Regular o SP da abertura da válvula da água de cal para a remineralização. Regular a abertura da válvula do CO2.
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH	0.10 – 0.35	Regular a tx tratamento do WAC-AB de acordo com a turvação da água bruta. Verificar o tempo de paragem da ponte. Verificar a saída do flotor.
		condutividade	medidor condutividade HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de condutividade HACH		
		oxigénio dissolvido	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		temperatura	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		alumínio	medidor alumínio Lovibond	Manutenção e Medição de Alumínio no Teste de Alumínio da Lovibond	0	Se tem alumínio na água, reduzir a tx tratamento do WAC-AB. Verificar se o pH à saída da flotação é adequado à reacção do WAC-AB (6,8 - 7,2).
		alcalinidade	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal	65 - 75	Regular o SP da abertura da válvula da água de cal para a remineralização. Verificar a abertura da válvula do CO2.

Plano de Análises Subsistema de S. Jorge

Ponto de Análise	Periodicidade	Parâmetro	Equipamento	Procedimento	Valores esperados	Observações
Linha Líquida						
Água Filtrada	1x em cada 4h de trabalho	pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i	6.8 – 7.1	
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH	0.06 – 0.20	Verificar a tx tratamento do WAC-AB. Verificar o tempo de lavagem dos filtros.
		condutividade	medidor condutividade HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de condutividade HACH		
		oxigênio dissolvido	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		temperatura	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		alumínio	espectrofotômetro UV-Visível	Manutenção e Medição de alumínio no Espectrofotômetro DR5000	0	Se tem alumínio na água, reduzir a tx tratamento do WAC-AB. Verificar se o pH à saída da flotação é adequado à reação do WAC-AB (6,8 - 7,2).
	2x semana	alcalinidade	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal	65 - 75	Regular o SP da abertura da válvula da água de cal para a remineralização. Verificar a abertura da válvula do CO2.
		UV 254	espectrofotômetro UV-Visível	Medição da absorção UV 254 nm		
		e-coli	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray	0	
		coliformes totais	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray	0	
Água Tratada	1x em cada 4h de trabalho	pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i	8 – 8.5	
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH	< 0.70	Verificar a tx tratamento do WAC-AB. Possibilidade de por mais filtros a trabalhar ou reduzir o tempo de filtração. Se a turvação à saída dos filtros é baixa e no reservatório é alta, verificar a turvação da água de cal.
		condutividade	medidor condutividade HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de condutividade HACH		
		oxigênio dissolvido	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		temperatura	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		alumínio	espectrofotômetro UV-Visível	Manutenção e Medição de ozono residual no Espectrofotômetro DR5000	0	
		alcalinidade	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal	80 - 85	Regular o SP da abertura da válvula da água de cal para a água tratada.
		cloro residual	medidor HACH cloro residual	Manutenção e medição no medidor portátil do cloro Hach Lange, Pocket II	1.10 – 1.20	Regular o SP do cloro. Com temperaturas quentes o valor de cloro residual tem de ser superior.
	2x semana	UV 254	espectrofotômetro UV-Visível	Medição da absorção UV 254 nm	< 0.012	
		e-coli	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray	0	
		coliformes totais	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray	0	
		temperatura	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		alumínio	espectrofotômetro UV-Visível	Manutenção e Medição de alumínio no Espectrofotômetro DR5000	0	
		alcalinidade	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal	65 - 75	Regular o SP da abertura da válvula da água de cal para a remineralização. Verificar a abertura da válvula do CO2.

Plano de Análises Subsistema de S. Jorge

Ponto de Análise	Periodicidade	Parâmetro	Equipamento	Procedimento	Valores esperados	Observações
Linha de Reagentes						
Leite de cal	2x semana	concentração cuba 1	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal	30 - 40	
		concentração cuba 2	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal	30 - 40	
Água de cal	2x semana	turvação saturador 1	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH	11	
		turvação saturador 1	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH	11	
		alcalinidade saturador 1	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal	2 – 3.5	
		alcalinidade saturador 2	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal	2 – 3.5	
Carvão Ativado	2x semana	% MS	balança, estufa	Método de Determinação Analítica de Sólidos	2	
		ST	balança, estufa	Método de Determinação Analítica de Sólidos	12	
Linha de Lamas						
Lamas para Filtro de Prensa	2x semana	% MS	balança, estufa	Método de Determinação Analítica de Sólidos	1 – 2	
		% MV	balança, mufla	Método de Determinação Analítica de Sólidos	70 - 95	
		ST	balança, estufa	Método de Determinação Analítica de Sólidos	10 - 15	
		SV	balança, mufla	Método de Determinação Analítica de Sólidos		
		pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i	9 - 13	
Lamas Desidratadas	Sempre que se fizer queda de lamas	% MS	balança, estufa	Método de Determinação Analítica de Sólidos	35 – 50	
		% MV	balança, mufla	Método de Determinação Analítica de Sólidos	10 - 15	
Escorrências Espessador	2x semana	alumínio	medidor alumínio Lovibond	Manutenção e Medição de Alumínio no Teste de Alumínio da Lovibond		Se o valor de alumínio for muito elevado, direcionar as escorrências para o rio.
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH		
		pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		Altura manto de lamas	vara de medição	Método visual e medido com vara de medição de altura do manto de lamas		
		SST	balança, estufa	Método de Determinação Analítica de Sólidos		
Escorrências Filtro de Prensa	2x semana	SST	balança, estufa	Método de Determinação Analítica de Sólidos		
		alumínio	medidor alumínio Lovibond	Manutenção e Medição de Alumínio no Teste de Alumínio da Lovibond		
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH	< 10	
		pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i	11 -14	

Plano de Análises Subsistema de S. Jorge

Ponto de Análise	Periodicidade	Parâmetro	Equipamento	Procedimento	Valores esperados	Observações
Água Bruta a Montante						
Barragem Lindoso	1x semana (Maio – Outubro)	pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH		
		condutividade	medidor condutividade HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de condutividade HACH		
		oxigênio dissolvido	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		temperatura	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		alumínio	espectrofotômetro UV-Visível	Manutenção e Medição de alumínio no Espectrofotômetro DR5000		
		alcalinidade	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal		
		UV 254	espectrofotômetro UV-Visível	Medição da absorção UV 254 nm		
		e-coli	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray		
		coliformes totais	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray		
Ermelo	1x semana (Maio – Outubro)	pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH		
		condutividade	medidor condutividade HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de condutividade HACH		
		oxigênio dissolvido	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		temperatura	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		alumínio	espectrofotômetro UV-Visível	Manutenção e Medição de alumínio no Espectrofotômetro DR5000		
		alcalinidade	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal		
		UV 254	espectrofotômetro UV-Visível	Medição da absorção UV 254 nm		
		e-coli	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray		
		coliformes totais	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray		

Plano de Análises Subsistema de S. Jorge

Ponto de Análise	Periodicidade	Parâmetro	Equipamento	Procedimento	Valores esperados	Observações
Adução						
Pontos de Entrega (Reservatórios e Pontos de entrega na rede)	2x por semana	pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i	≥ 6.5 - ≤ 9.0	
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH	< 4	
		cloro residual	medidor HACH cloro residual	Manutenção e medição no medidor portátil do cloro Hach Lange, Pocket II	0.4 – 0.8	
	1x por mês	condutividade	medidor condutividade HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de condutividade HACH		
		temperatura	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		alumínio	espectrofotómetro UV-Visível	Manutenção e Medição de alumínio no Espectrofotómetro DR5000	< 200 mg/l	
		alcalinidade	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal	80 - 90	
		UV 254	espectrofotómetro UV-Visível	Medição da absorção UV 254 nm		
		e-coli	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray	0	
		coliformes totais	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray	0	
Locais em baixa	1x por mês	pH	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i	≥ 6.5 - ≤ 9.0	
		turvação	turbidímetro bancada HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de turvação HACH	< 4	
		cloro residual	medidor HACH cloro residual	Manutenção e medição no medidor portátil do cloro Hach Lange, Pocket II	0.4 – 0.8	
		condutividade	medidor condutividade HACH	Manutenção, calibração e medição do medidor de condutividade HACH		
		oxigénio dissolvido	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i		
		temperatura	medidor WTW pH/ Oxi 340i	Manutenção, calibração e medição do medidor portátil da WTW pH-Oxi 340i	< 200 mg/l	
		alumínio	espectrofotómetro UV-Visível	Manutenção e Medição de alumínio no Espectrofotómetro DR5000	80 - 90	
		alcalinidade	titulação	Determinação da Alcalinidade da Água, Água de cal e Concentração do Leite de cal		
		UV 254	espectrofotómetro UV-Visível	Medição da absorção UV 254 nm	0	
		e-coli	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray	0	
		coliformes totais	colilert 18/ Quanti-tray	Determinação de coliformes e E. coli através do Método Colilert 18 Quanti-tray	0	

5.1.1. PARÂMETROS, PERIODICIDADE E VALORES ESPERADOS

LINHA LÍQUIDA

Na **água bruta** são analisados os parâmetros: pH, turvação, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, alumínio, alcalinidade, UV 254 nm, e-coli e coliformes totais.

Quando a ETA trabalha em regime descontínuo, como é o caso desta ETA, é essencial analisar a água bruta logo no arranque da ETA, de forma a permitir o maior controlo e atuação de acordo com as variações da sua qualidade.

Os parâmetros que influenciam o doseamento de reagentes são o pH e turvação. Se o pH da água bruta estiver baixo, é importante ajustar o doseamento de CO₂ e de água de cal, de forma a obter-se uma água equilibrada e o pH ótimo de reação do coagulante – WAC-AB. A taxa de doseamento do coagulante WAC-AB varia de acordo com a turvação. Quanto maior a turvação maior deve ser a quantidade de coagulante adicionada.

Em termos microbiológicos é importante o resultado da absorvância a 254 nm, para se ter noção da carga microbiológica da água bruta e desta forma fazer um correto doseamento de ozono. Os resultados do colilert também são muito importantes para definir a quantidade de ozono a adicionar. No entanto, como se demora 18h a obter os resultados não é possível ter uma atuação muito rápida.

Na **água ozonizada** são analisados os parâmetros: pH, turvação, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, ozono residual, UV 254 nm, e-coli e coliformes totais.

O parâmetro mais importante para controlo desta etapa é o ozono residual. O resultado ideal é que este seja ligeiramente superior a zero. Desta forma pode verificar-se que a quantidade adicionada é suficiente.

Para controlo da eficiência desta etapa determina-se a carga microbiológica da água ozonizada. São desejáveis resultados nulos de e-coli e coliformes totais e verificar-se uma redução da absorvância a 254 nm, o que indica uma efetiva redução da concentração de matéria orgânica.

Na **água flotada** são analisados os parâmetros: pH, turvação, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, alumínio e alcalinidade.

Na água flotada o pH deve estar entre 6, 8 e 7 dado que é o pH ótimo para a reação do coagulante WAC-AB. Se não se conseguir estabilizar o pH nestes valores, corre-se o risco do WAC-AB não reagir, não havendo formação de coágulos, e ficando o coagulante dissolvido na água, provocando um aumento do valor de alumínio.

A turvação à saída desta etapa convém estar entre 0,15 e 0,3 NTU. No caso do valor da turvação ser superior, convém verificar a taxa de doseamento de WAC-AB. Também é possível diminuir o tempo de espera da ponte raspadora do flotor, de forma a conseguir-se uma maior remoção de lamas. O doseamento de coagulante deve ser sempre feito de acordo com o valor de alumínio.

A alcalinidade convém estar entre 72 e 76 mg/l. Se não estiver nesta gama, deve-se ajustar o doseamento de água de cal e CO₂ a montante.

Na **água filtrada** são analisados os parâmetros: pH, turvação, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, alumínio, alcalinidade, UV 254 nm, e-coli e coliformes totais.

A eficiência da etapa da filtração é avaliada pela redução da turvação da água. Convém que a turvação à saída dos filtros esteja entre 0,06 – 0,10 NTU. Se o resultado for superior a 0,10 NTU, normalmente deve-se à não eficácia das etapas anteriores, nomeadamente a coagulação, floculação e flotação.

Para melhorar a eficácia da filtração, e de acordo com o resultado da água flotada, pode-se reduzir o tempo de filtração dos vários filtros, ou aumentar o número de filtros que estão em funcionamento. Pode ainda forçar-se a lavagem dos filtros e fazer-se uma lavagem mais eficaz aumentando o tempo das fases de lavagem: injeção de ar e injeção de ar e água.

No final desta etapa o alumínio deve ser inferior µg Al/L e a alcalinidade deve estar entre 72 e 76 mg/l.

Em termos microbiológicos convém que o resultado do Colilert seja nulo, quer em relação ao crescimento de e-coli como de coliformes totais. Para evitar o crescimento de

microrganismos no meio filtrante, pode-se efetuar periodicamente lavagens dos filtros com algum cloro. O crescimento de microrganismos pode ocorrer devido às condições favoráveis do meio, decorrentes da paragem dos filtros.

Quando se adiciona carvão ativado ao tratamento, os valores de turvação aumentam na água flotada para 0,20 – 0,50 NTU e na água filtrada para 0,10 – 0,20.

Na **água tratada** são analisados os parâmetros: pH, turvação, condutividade, temperatura, oxigénio dissolvido, alumínio, alcalinidade, cloro residual, UV 254 nm, e-coli e coliformes totais.

Na água tratada o pH deve estar a 8 e a alcalinidade a 80, de forma à água estar equilibrada e não reagir com o material das condutas de adução. Se a água estiver equilibrada todos os parâmetros analíticos mantêm-se mais constantes ao longo das condutas.

Legalmente a turvação à saída da ETA não pode ser superior a 1 NTU. Com a qualidade da água bruta e o tratamento realizado na ETA, não é esperado que a turvação da água tratada seja superior a 0,20 – 0,30 NTU.

Não é conveniente a presença de alumínio na água tratada, mas legalmente à saída da ETA existe uma indicação de 200 µg/l. Nos primeiros anos de funcionamento de condutas, é normal o valor de alumínio aumentar, devido à reação da água com os materiais da conduta. Esta reação é minimizada quando a água está devidamente equilibrada.

A concentração de cloro convém estar regulada de acordo com a extensão da adução e de forma a haver cloro residual nos vários pontos de entrega e nos reservatórios. É conveniente que à saída da ETA a concentração de cloro residual livre na água esteja entre 1,10 – 1,20 mg/L, de forma a estar presente no ponto mais longe da adução, garantindo que a água está devidamente desinfetada. Para se fazer essa relação, também têm de se ter em conta os pontos de adução mais próximos, não podendo ser detetados valores muito altos.

Em termos microbiológicos não pode haver contaminações.

LINHA DE REAGENTES

Para o controlo do processo de tratamento é importante analisar os reagentes que são adicionados ao processo e preparados na ETA: leite de cal, água de cal e carvão.

Para obter uma água de cal com as características constantes é importante analisar a concentração de leite de cal nas duas cubas. É importante que a água de cal tenha uma alcalinidade constante e não tenha uma turvação superior a 11NTU. Problemas na preparação de leite de cal e água de cal podem levar a um aumento da turvação da água de cal adicionada ao processo e conseqüentemente um aumento da turvação da água tratada e a um aumento dos insolúveis de cal. Uma alcalinidade reduzida deve-se normalmente a falta de leite de cal (verificar o caudal da bomba doseadora), caudal de água de diluição excessivo e falta de lamas de cal.

Para uma correta adsorção com carvão ativado é importante o controlo da percentagem de matéria seca e a determinação de sólidos totais.

LINHA DE LAMAS

De forma a controlar-se a linha sólida do processo, e os efeitos desta na linha líquida, surgiu a necessidade de se realizarem análises na linha de lamas. É essencial que se faça uma análise da quantidade de lamas contidas do tanque de mistura de lamas para assegurar o correto balanço entre os vários tipos de lamas que vão para este tanque. Na lama do tanque de mistura de lamas, que posteriormente vai para o filtro de prensa, analisa-se a percentagem de matéria seca, os sólidos totais e voláteis e o pH. O pH das lamas que vão para o filtro de prensa deve estar entre 9-13, de forma a não criar muito impacto quando as escorrências são incorporadas no processo.

A eficiência do processo de desidratação é analisada através da percentagem de matéria sólida e volátil das lamas desidratadas. Quanto maior for a percentagem de matéria seca, mais eficiente é o processo de desidratação, e menores são os custos que a empresa tem com o destino final das lamas.

Como as escorrências do espessador são introduzidas no início do processo de tratamento é importante o controlo dos parâmetros alumínio, turvação e pH. Um aumento destes

valores pode provocar graves problemas no processo de tratamento, aquando a entrada das escorrências na linha líquida. De forma a analisar e a controlar o funcionamento do espessador, é importante analisar os sólidos suspensos totais e a altura do manto de lamas.

Para o correto funcionamento da linha de lamas é importante analisar as escorrências do filtro de prensa.

ÁGUA BRUTA A MONTANTE

De forma a conseguir-se prever as alterações da qualidade da água bruta começaram a ser recolhidas amostras em dois pontos a montante da captação de Touvedo. Estas análises foram realizadas uma vez por semana nos meses de maio a outubro, período em que aumenta a atividade bacteriana e dispara o número de cianobactérias.

A quantidade de cianobactérias tornou-se num dos maiores problemas da água bruta, tendo sido detetado uma crescente eutrofização da albufeira ao longo dos anos. As cianobactérias são constituintes naturais do fitoplâncton que em águas eutrofizadas se desenvolvem excessivamente constituindo populações muito densas denominadas fluorescências. Estas fluorescências são por vezes acompanhadas pela produção de toxinas (cianotoxinas), constituindo um risco para a saúde humana.

As análises mais importantes são pH, temperatura, oxigénio dissolvido, UV 254 e as análises microbiológicas, resultados que nos permitem ter uma noção da eutrofização da água.

ADUÇÃO

É essencial o controlo analítico da água nos pontos de entrega. Os resultados obtidos devem estar de acordo com a legislação em vigor (Decreto-Lei n.º 306/2007). A água à saída da ETA deve estar equilibrada e de acordo com o recomendado na legislação deve ser ligeiramente agressiva, de forma a não reagir com as condutas e permitir que as características da água se mantenham ao longo da adução e tendo em conta os tempos de retenção da água nos reservatórios.

Os resultados das análises do Plano de Análises do Subsistema de S. Jorge estão compilados num ficheiro em excel (Anexo 4). Para facilitar a compreensão dos resultados foram colocados alarmes na tabela, de acordo com os valores esperados. Assim se um resultado obtido não estiver de acordo com os valores esperados, este aparece a vermelho, alertando o colaborador. Nesta tabela também são colocados os resultados dos medidores em linha, lidos no instante em que se começam a fazer as análises e os resultados analíticos obtidos nas análises enviadas para laboratório externo. Desta forma pretende-se obter um ficheiro único, por mês, com os resultados analíticos da ETA. Os resultados obtidos estão organizados em vários separadores: linha líquida, linha de reagentes, linha de lamas e adução.

5.1.2. MÉTODOS ANALÍTICOS

LINHA LÍQUIDA, ÁGUA BRUTA E ADUÇÃO

As análises dos parâmetros pH, turvação, condutividade, oxigénio dissolvido, temperatura, ozono e cloro residuais, são efetuadas com medidores portáteis. Estes equipamentos de medição expedita são sujeitos a calibrações mensais, efetuadas no laboratório da AdNw, por técnico competente. Para além das calibrações mensais, os equipamentos são verificados semanalmente, através da leitura de soluções padrão. As datas de verificação e os valores obtidos são registados num ficheiro de controlo operacional dos equipamentos de monitorização portáteis.

A alcalinidade da água nas diferentes fases do processo de tratamento é realizada através de titulação com ácido sulfúrico 0,02N. Como indicador utiliza-se o reagente alaranjado de metilo.

A quantidade de alumínio presente na água é determinada quantitativamente através do medidor da Lovibond na água flotada, ou num espectrofotómetro, através dos kits LCK 301, na água filtrada e tratada. O medidor da Lovibond lê entre 0,01 a 0,03 mg/l e o método de medição baseia-se na reação de duas pastilhas (Aluminium no1 e Aluminium no2) com a amostra a analisar, o que forma uma solução de cor alaranjada. A análise de alumínio no espectrofotómetro, só é aplicável em águas com uma turvação inferior a 1NTU, daí só se utilizarem estes kits para a determinação de alumínio na água tratada e filtrada.

O princípio de funcionamento deste método é a reação do chromazurol S com o alumínio da amostra, que forma uma solução de cor verde. Concentrações elevadas de metais pesados, flúor, fosfatos, e elementos raros (berílio, titânio, tório, zircônio e vanádio) na amostra, interferem com a determinação da concentração de alumínio na amostra. Para leituras mais corretas da concentração de alumínio, o pH da amostra deve estar entre 2.5 – 3.5 e a temperatura da amostra e dos reagentes a 20°. Quando o pH da amostra é elevado, ocorre precipitação dos compostos de alumínio, obtendo-se um resultado de alumínio da amostra mais baixo. Se necessário, o pH da amostra deverá ser ajustado pela adição de uma pequena quantidade de ácido nítrico.

A concentração de alumínio na água pode ser monitorizada através da realização de determinações laboratoriais, sendo o método mais eficaz absorção atômica, ou recorrendo a tecnologia de instrumentação em linha.

A absorção de UV 254 nm, mede os constituintes orgânicos que absorvem no comprimento de onda de 254 nm, sendo a absorção proporcional à sua concentração. O equipamento e material necessário são espectrofotómetro para uso entre 200 a 400 nm com um par de células de quartzo idênticas com um passo ótico de 1 cm, um filtro que deve ser de fibra de vidro livre de matéria orgânica, e material de vidro auxiliar à filtração, rampa de filtração e bomba. As amostras são filtradas para controlar variações na absorção no UV causadas por partículas.

Uma vez que não existia qualquer tipo de análise a nível bacteriológico foi implementado um novo método, o Colilert, que permite identificar a presença e quantificar coliformes e E-coli na água (Anexo 5). Este método é recomendado pela ERSAR (Recomendação ERSAR nº 01/2011), como um método alternativo para a pesquisa e quantificação de Bactérias Coliformes e E-coli na água destinada ao consumo humano. Foi demonstrada a equivalência entre este método e o método de referência ISO 9308-1:2000 num estudo europeu que serviu de base à elaboração da Norma ISO 17994:2004 sobre os critérios para a avaliação da equivalência entre os métodos microbiológicos.

O método Colilert-18/ Quanti-Tray é um método alternativo que permite a deteção e o cálculo do número mais provável de E-coli e outras bactérias coliformes. O método deteta simultaneamente E-coli e outras bactérias coliformes na água, baseado na adição de um substrato à amostra colocada no Quanti-Tray e incubada a $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 18 a 22 horas.

Existem duas formas de utilizar o Colilert, uma que permite apenas determinar a presença/ ausência de coliformes totais e E. coli e o segundo que permite a sua quantificação.

Para determinar a presença/ ausência dos microrganismos primeiro adiciona-se o reagente DST, à amostra e leva-se os frascos da amostra ao incubador por ± 20 h a uma temperatura de 36°C . De seguida lêem-se os resultados que são quantificados a olho nu em que incolor mostra a ausência de bactérias, a cor amarela indica a presença de coliformes totais e o amarelo fluorescente indica a presença de E. coli (Anexo 5).

Para quantificação, primeiro adiciona-se o reagente DST à amostra, misturou-se a amostra com o reagente, e de seguida despejou-se a mistura nas placas Quanti-tray ou Quanti-Tray 2000. Posteriormente as placas devem ser lacradas no selador e colocadas na incubadora a 36°C , durante ± 20 h. Após o período de incubação, deve fazer-se a contagem do número de poços amarelos. Depois, com a ajuda de uma lâmpada UV, a 365 nm e num ambiente escuro, deve fazer-se a contagem do número de poços amarelos fluorescentes. A quantificação consiste na contagem de cavidades que aparecem em amarelo e a amarelo fluorescente e a comparação com uma tabela que faz a interpolação entre a quantidade de coliformes totais e E. coli, respetivamente (Anexo 5).

LINHA DE REAGENTES

A concentração do leite de cal é determinada através de uma titulação com hidróxido de sódio 0,5N. Como indicador utiliza-se o reagente alaranjado de metilo.

A turvação da água de cal é medida através de um turbidímetro portátil. A alcalinidade dos saturadores é determinada igualmente através de titulação com ácido sulfúrico 0,5N.

As técnicas de análises para determinação da percentagem de matéria seca e sólitos totais do carvão ativado adicionado são baseadas no Standard Methods Examination of Water and Wastewater (Apha, 1989). O material necessário é um exsicador e uma estufa para aquecer a amostra a 105° (Anexo 6).

LINHA DE LAMAS

A percentagem de matéria seca e sólidos totais na linha de lammas, é determinada da mesma forma que na linha de reagentes. A percentagem de matéria volátil e os sólidos voláteis, são determinados de uma forma semelhante, no entanto a amostra deve ser incinerada a uma temperatura de 550°, sendo preciso uma mufla para esse efeito (Anexo 6).

Para se determinar os sólidos suspensos totais das escorrências do espessador e do filtro de prensa deve-se filtrar a amostra. Para se filtrar a amostra precisa-se de uma rampa de filtração com vácuo e de filtros de fibra de vidro. Posteriormente o filtro deve secar a 105° numa estufa.

O pH, a turvação e o alumínio são determinados através de medidores portáteis.

O manto de lammas é medido através de uma vara de medição própria para medição de manto de lammas.

5.2. ROTINA DE CONTROLO DE PROCESSO

A rotina de controlo de processo da ETA de S. Jorge está dividida em vários campos, tendo um campo para cada reagente e um campo para as diferentes etapas de tratamento.

No que se refere à captação a rota pretende reunir dados sobre o caudal captado, o período em que se captou água, as bombas que trabalharam e as suas horas de funcionamento.

Seguidamente existe um quadro por cada reagente adicionado ao processo (ozono, dióxido de carbono, coagulante WAC-AB, leite de cal e água de cal, polielectrólito e cloro). Para cada uma destes reagentes deve ser preenchido o modo de funcionamento (manual, semiautomático ou automático) e informação referente à quantidade doseada. Assim de acordo com a forma de doseamento, é solicitado o preenchimento de informações de set-point de concentração, taxas de tratamento e percentagens de abertura de válvulas de doseamento.

No caso do coagulante e do polielectrólito, que tem várias bombas de doseamento, é importante identificar as bombas em funcionamento. Como o coagulante é adicionado de acordo com a turvação da água bruta, é importante identificar a turvação desta.

No caso da água de cal é ainda solicitada a análise da sua cor (branco, azulado ou turvo) e o aspeto das amostras retiradas nas quatro picagens de cada saturador (límpida, lamas de cal ou turva). A água de cal deve ser azulada e as amostras das duas primeiras picagens dos saturadores devem estar límpidas. Se nestas duas amostras aparecerem lamas de cal, significa que o manto de lamas de cal subiu muito. Para controlar o manto de lamas de cal, deve ser verificado a velocidade da turbina, a extração de lamas do saturador, a tubagem de saída de lamas e o caudal de leite de cal. A subida do manto de lamas também pode ter origem no aumento da temperatura da água devido à ação do sol.

Existe ainda um quadro referente à soda caustica, utilizada para neutralizar as fugas de cloro, onde é importante apontar o nível da soda na torre. O aspeto da soda caustica também deve ser analisado periodicamente e complementado com uma análise de concentração.

No que se refere às etapas de tratamento a rota só compila dados da flotação e da filtração, uma vez que são as etapas que permitem maior controlo visual. Apesar da rota só ser preenchida uma vez por dia, estas etapas requerem acompanhamento praticamente contínuo, devendo ser feito um controlo a cada hora de funcionamento da eta.

A água à entrada do flotador deve ter uma coloração esbranquiçada (presença de microbolhas) e a lama presente de meio para o final da superfície do órgão deve ter uma coloração acastanhada e deve ser mais ou menos homogénea. Para o controlo de funcionamento da flotação deve ser verificado o aspeto da água flotada à saída do órgão (pouco turva e sem a presença de sólidos), a quantidade e aspeto das lamas (lama muito branca é indicativa da dosagem insuficiente de coagulante, enquanto excesso de lama na superfície é indicativo que será necessário reduzir o tempo de espera de ciclo da ponte raspadora). Para controlo desta etapa, de acordo com o referido no ponto anterior, é essencial analisar a turvação à saída deste órgão

Uma turvação elevada na água flotada deve-se normalmente à ausência de lamas à superfície ou lamas de cor muito clara, uma desregulação do pH de coagulação, à presença de lamas velhas devido a várias paragens ou à passagem de lama flotada ou sólidos grosseiros para a zona de saída da água clarificada. É importante que os colaboradores tenham em conta, que a ponte deve raspar as lamas antes de pararem a ETA.

Na rota é importante indicador os flutuadores em funcionamento, o tempo de paragem da ponte raspadora e o aspeto da água flutuada (poucos sólidos, sólidos moderados, muitos sólidos).

Na filtração é essencial o controlo visual da saída da água de cada filtro. Este controlo é complementado com as análises da turvação da água filtrada, de quatro em quatro horas, e semanalmente com a análise da turvação à saída de cada filtro. A turvação da água filtrada em cada filtro deverá ser inferior a 0.5 NTU, no caso de ser superior, deverá ser forçada a lavagem do filtro em questão. O aumento de turvação num filtro pode ser devido a uma desregulação do tempo de filtração ou a um mau estado da camada filtrante, caso o filtro não tenha sido convenientemente lavado ou esteja em funcionamento há demasiado tempo. A duração de um ciclo de filtração está diretamente relacionada com o funcionamento do flutuador, com o caudal de água a filtrar (velocidade de filtração) e com a lavagem do filtro. Nesta etapa é importante registar os filtros em funcionamento, o aspeto da água filtrada (normal ou anormal) e os filtros que lavaram, por colmatação, por tempo de filtração ou de forma forçada.

Na rota existe ainda uma parte referente à linha sólida do tratamento. Para garantir uma correta desidratação de lamas é essencial que haja uma correta proporção entre os tipos de lamas e as suas concentrações. Assim é importante que se faça um registo da percentagem de cada tipo de lamas (tanque de desgaseificação, lamas flutuadas, insolúveis de cal, mistura de lamas e cisterna de água suja) que vai para o tanque de lamas que alimenta o filtro de prensa. Para uma correta desidratação é essencial o correto doseamento de polielectrólito e evitar o envelhecimento da lama armazenada. Sempre que haja desidratação de lamas, é importante referir se a lama saiu bem das placas e qual era o aspeto da lama desidratada. Uma lama pouco desidratada e de difícil remoção das placas pode dever-se a um doseamento incorreto de polielectrólito, incorreta proporção de lamas e lama muito diluída.

No campo das observações deve ser referido alterações significativas no tratamento, nomeadamente alterações significativas das taxas de tratamento de reagentes, situações anormais detetadas nas fases de tratamento e os principais alarmes da supervisão.

A rotina de controlo de processo da ETA de S. Jorge está ilustrada na figura 20. Foi definido que esta rotina deve ser preenchida diariamente.

Designação Rota Diária - ETA de S. Jorge		IMPRESSO	
Código:		Revisão: 0	
Data:		Data:	

DATA			
HORA			

CAPTAÇÃO			
CAUDAL DE ÁGUA A TRATAR (m³/h)			
HORÁRIO FUNCIONAMENTO			
BOMBAS	2	3	4
HORAS FUNCIONAMENTO			
BOMBA QUE TRABALHOU			

OZIGÉNIO - OZONO			
	Manual	Semi-aut	n
MODO DE FUNCIONAMENTO			
OZONO	SP Concentração qO ₃ /Nm ³		
	Caudal Calculado Nm ³ /h		
	Tx. Tratamento q/l		
	Patência %		
	% Abertura da válvula (V260_VA006A)		

DIÓXIDO DE CARBONO			
	Manual	Semi-aut	n
MODO DE FUNCIONAMENTO			
DIÓXIDO DE CARBONO	% Abertura da válvula (V230 K003)		

COAGULANTE - MAC-AB			
	Manual	Semi-aut	n
MODO DE FUNCIONAMENTO			
TURBAÇÃO ÁGUA BRUTA (NTU)			

BOMBAS FUNC.	Linha		% Tx. Trat.	Regulação mecânica
	1	2		
H230_P0002				
H230_P0003				
H230_P0004				
H230_P0005				

LEITE DE CAL E ÁGUA DE CAL						
MODO DE FUNCIONAMENTO	Água cal Água Tratada			Água cal Água Remineralização		
	Manual	Semi-aut	Automática	Manual	Semi-aut	Automática

SATURADORES	Saturador 1	Saturador 2			
Em funcionamento					
Aspecto da água de cal	Branca	Branca			
	Azulada	Azulada			
	Turva	Turva			
Q.Leito de cal (m ³ /h)					

	%	pH
Água Tratada (V260_VA006A)		
Remineralização (V260_VA006B)		

AMOSTRAS SATURADOR 1				
Piçagem	Piçagem 1	Piçagem 2	Piçagem 3	Piçagem 4
Aspecto Amarra	Límpida	Límpida	Límpida	Límpida
	Lamar de Cal	Lamar de Cal	Lamar de Cal	Lamar de Cal
	Turva	Turva	Turva	Turva

AMOSTRAS SATURADOR 2				
Piçagem	Piçagem 1	Piçagem 2	Piçagem 3	Piçagem 4
Aspecto Amarra	Límpida	Límpida	Límpida	Límpida
	Lamar de Cal	Lamar de Cal	Lamar de Cal	Lamar de Cal
	Turva	Turva	Turva	Turva

POLIELECTRÓLITO			
	Linha Líquida		
	Manual	Semi-aut	n
MODO DE FUNCIONAMENTO			

BOMBAS	Linha Líquida		BOMBAS	Linha Lamar	
	Flutador	% Tx. Trat.		Emparramento	% Tx. Trat.
H230_P0006			H200_P0003		
H230_P0007			H200_P0004		
H230_P0008				Doxidrateção	% Tx. Trat.
	Saturador	% Tx. Trat.	H200_P0005		
H260_P0009			H200_P0006		
H260_P0009					

TORRE DE SODA CÁUSTICA		Nível

CLORO		
MODO DE FUNCIONAMENTO		
Manual	Semi-aut	Automático
% TX. TRATAMENTO		
-		
% ABERTURA VÁLVULAS		
260A VA007		
260A VA008		

Figura 20 - Rotina de Controlo de Processo da ETA de S. Jorge

	IMPRESSO				
Designação	Rota Diária - ETA de S. Jorge				
Código:	Revisão: 0	Data:			
FLOTADOR					
	Funcionamento	Tempo de ponto raspadora	Aspecto Saída Flotador		
			Pouca Sólida	Moderada	
			Muita Sólida		
Flotador 1					
Flotador 2					
FILTRAÇÃO					
	Funcionamento	Aspecto Filtro		Lavagem	
		Normal	Anormal	Par Calmação	Par Tempo
				Forçada	
Filtro 1					
Filtro 2					
Filtro 3					
Filtro 4					
Filtro 5					
Filtro 6					
Filtro 7					
Filtro 8					
DESIDRATAÇÃO DE LAMAS					
∞ Tempo de Lomar		Filtro de Prensa			
∞ Tq. Desaguatagem		Desidratou	Sim	Não	
∞ Tq. Lomar Flotador					
∞ Tq. Inaléveir de cal					
∞ Tq. Mistura Lomar					
∞ Círculo de água Suja					
Altera Manta de Lomar		Se Desidratou			
Espessador		A lama vai bem dar placar?			
Saturador cal n.º 1		Aspecto da lama desidratada			
Saturador cal n.º 2		∞ Matéria Seca			
OBSERVAÇÕES					

Figura 20 - Rotina de Controlo de Processo da ETA de S. Jorge

5.3. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA BRUTA

Através dos resultados analíticos do estudo prévio classificou-se a água da albufeira de Touvedo de acordo com o Anexo I do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto (Tabela 3).

Da análise da Tabela 3 verifica-se que a água a tratar na ETA de S. Jorge, no período de 2000-2004, se inseria, para a maioria dos parâmetros, na classe A1, sendo que para os parâmetros coliformes fecais e totais, estreptococos fecais e cor se inseria na classe A2 e para o parâmetro hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados se inseria na classe A3. Assim, a água da albufeira de Touvedo deverá ser classificada como A3. De acordo com o definido no Decreto-Lei uma água bruta do tipo A3 necessita de um processo de tratamento físico, químico de afinação e desinfecção a fim de a tornar apta para o consumo humano.

A presença de coliformes fecais e totais e estreptococos fecais leva a concluir que havia contaminação da água da albufeira com efluentes urbanos. A origem desta contaminação poderia ser de fossas sépticas particulares ou comunitárias existentes na bacia hidrográfica do rio Lima a montante da Barragem de Touvedo.

Relativamente à cor da água, o seu valor é indicativo da presença de matéria orgânica. Note-se contudo que há uma diferença significativa entre os resultados obtidos pela Sagilab e pela AdC. O método analítico utilizado para a determinação da cor é muito sensível e sujeito a interferências pelo que a obtenção de resultados díspares provenientes de laboratórios distintos é usual.

A presença de hidrocarbonetos na água podia estar relacionada com atividades desportivas ou de lazer quer na albufeira de Touvedo quer na de Lindoso, verificando-se que os valores mais elevados, foram obtidos durante os períodos de Primavera, Verão e Outono.

Para analisar a alteração da qualidade da água bruta desde o estudo prévio até agora foram analisados os resultados analíticos do ano de 2014. Na Tabela 4 foi feita uma classificação da água bruta da albufeira de Touvedo, com base nos resultados deste ano, numa das classes de tratamento estabelecidos pelo Decreto-Lei nº 236/98.

Tabela 3 - Classificação da Água Bruta da Albufeira de Touvedo (2000-2004), numa das classes de tratamento estabelecidas pelo Decreto-Lei nº 236/98 de 01 de Agosto

PARÂMETRO	UNIDADE	ANEXO I do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto						SAGILAB 2003/2004		Classificação Parcial	AdC 2001/2002		Classificação Parcial	CPPE 2000/2004		Classificação Parcial	Classificação Global
		A1		A2		A3		Percentil 95%	Percentil 90%		Percentil 95%	Percentil 90%		Percentil 95%	Percentil 90%		
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA										
Amónia	mg NH ₄ /L	0,05	-	1,00	1,50	2,00	4,00	0,13	0,11	A1	0,10	0,10	A1	0,05	0,05	A1	A1
Arsénio	mg As/L	0,01	0,05	-	0,05	0,05	0,01	0,002	0,002	A1	0,01	0,01	A1	-	-	-	A1
Azoto Kjeldahl	mg N/L	1	-	2	-	3	-	2,0	1,7	A1/A2	1	1	A1	-	-	-	A1
Bário	mg Ba/L	-	0,1	-	1,0	-	1,0	0,002	0,002	A1	0,004	0,004	A1	-	-	-	A1
Boro	mg B/L	1,0	-	1,0	-	1,0	-	0,4	0,4	A1	0,32	0,32	A1	-	-	-	A1
Cádmio	mg Cd/L	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,0002	0,0002	A1	0,003	0,003	A1/A2	-	-	-	A1
CBO ₅	mg O ₂ /L	3	-	5	-	7	-	10	10	A3	3	3	A1	2	2	A1	A3
Cheiro	Fator de diluição	3	-	10	-	20	-	1	1	A1	3	3	A1	-	-	-	A1
Chumbo	mg Pb/L	-	0,05	-	0,05	-	0,05	0,002	0,002	A1	0,02	0,02	A1	-	-	-	A1
Cianetos	mg CN/L	-	0,05	-	0,05	-	0,05	0,003	0,003	A1	0,05	0,05	A1	-	-	-	A1
Cloretos	mg Cl/L	200	-	200	-	200	-	4,69	4,66	A1	4	4	A1	5	5	A1	A1
Cobre	mg Cu/L	0,02	0,05	0,05	-	1,00	-	0,002	0,002	A1	0,01	0,01	A1	-	-	-	A1
Coliformes fecais	Número/100 mL	20	-	2000	-	20000	-	-	-	-	1728	500	A2	40	28	A2	A2
Coliformes totais	Número/100 mL	50	-	5000	-	50000	-	4725	3850	A2	4500	2400	A2	4725	1120	A2	A2
Condutividade a 20 °C	µS/cm	1000	-	1000	-	1000	-	41,99	40,14	A1	35	33	A1	39	39	A1	A1
Cor	mg PtCo/L	10	20	50	100	50	200	28	26	A2	7	6	A1	-	-	-	A2
CQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-	30	-	9	8	A1	9	9	A1	10	9	A1	A1
Crómio	mg Cr/L	-	0,05	-	0,05	-	0,05	0,001	0,001	A1	0,01	0,01	A1	-	-	-	A1
Estreptococos fecais	Número/100 mL	20	-	1000	-	10000	-	52	35	A2	420	255	A2	55	22	A2	A2
Fenóis	mg C ₆ H ₅ OH/L	-	0,001	0,001	0,005	0,01	0,1	0,006	0,005	A3	0,0004	0,0004	A1	-	-	-	A3
Ferro	mg Fe/L	0,1	0,3	1,0	2,0	1,0	-	0,1	0,1	A1	0,2	0,2	A1/A2	0,03	0,03	A1	A1
Fluoretos	mg F/L	0,7 - 1,0	1,5	0,7 - 1,7	-	0,7 - 1,7	-	0,3	0,3	A1	0,2	0,2	A1	-	-	-	A1
Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados	mg/L	-	0,05	-	0,2	0,5	1,0	3,8	3	A3	0,02	0,02	A1	-	-	-	A3
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HAP)	µg/L	-	0,2	-	0,2	-	1,0	0,01	0,01	A1	-	-	-	-	-	-	A1
Manganês	mg Mn/L	0,05	-	0,10	-	1,00	-	0,02	0,02	A1	0,03	0,02	A1	0,01	0,01	A1	A1
Mercúrio	mg Hg/L	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,0005	A1/A2	0,001	0,001	A1/A2	-	-	-	A1
Nitratos	mg NO ₃ /L	25	50	-	50	-	50	1	1	A1	5	4	A1	3	3	A1	A1
Percentagem de saturação	%	70	-	50	-	30	-	113	112	A1	-	-	-	-	-	-	A1
Pesticidas totais	µg/L	-	1,0	-	2,5	-	5,0	0,1	0,1	A1	-	-	-	-	-	-	A1
pH	Esc. Sorensen	6,5 - 8,5	-	5,5 - 9,0	-	5,5 - 9,0	-	8,2	8,1	A1	7,3	7,1	A1	7,3	7,2	A1	A1
Salmonelas	Número/1000 mL	Ausência em 5 000 ml	-	Ausência em 1 000 ml	-	-	-	0	0	A1	0	0	A1	-	-	-	A1
Selénio	mg Se/L	-	0,01	-	0,01	-	0,01	0,01	0,01	A1	0,01	0,01	A1	-	-	-	A1
Sólidos suspensos totais	mg SST/L	25	-	-	-	-	-	11	8	A1	9	8	A1	5	5	A1	A1
Substâncias extraíveis com clorofórmio	mg/L	0,1	-	0,2	-	0,5	-	0,1	0,1	A1	0,1	0,1	A1	-	-	-	A1
Substâncias tensoactivas	mg/L	0,2	-	0,2	-	0,5	-	0,02	0,02	A1	0,02	0,02	A1	-	-	-	A1
Sulfatos	mg SO ₄ /L	150	250	150	250	150	250	2	2	A1	4	3	A1	2	2	A1	A1
Temperatura	°C	22	25	22	25	22	25	24	23	A1	23	22	A1	21	21	A1	A1
Zinco	mg Zn/L	0,5	3,0	1,0	5,0	1,0	5,0	0,1	0,1	A1	0,1	0,1	A1	-	-	-	A1

Notas:

Os valores a azul correspondem a parâmetros cuja totalidade ou maioria dos resultados analíticos é igual ao limite de deteção do método utilizado. Para estes parâmetros não é possível quantificar um valor exato mas apenas afirmar que ele não é superior ao valor apresentado.

Tabela 4 -Classificação da Água Bruta da Albufeira de Touvedo (2014), numa das classes de tratamento estabelecidas pelo Decreto-Lei nº 236/98 de 01 de Agosto

PARÂMETRO	UNIDADE	ANEXO I do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto						Laboratório AdNw		Classificação Parcial
		A1		A2		A3		Percentil 95%	Percentil 90%	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA			
Amónia	mg NH ₄ /L	0,05	-	1,00	1,50	2,00	4,00	0.1	0.1	A1
Arsénio	mg As/L	0,01	0,05	-	0,05	0,05	0,01	0.003	0.003	A1
Azoto Kjeldahl	mg N/L	1	-	2	-	3	-	0.50	0.50	A1
Bário	mg Ba/L	-	0,1	-	1,0	-	1,0	0.01	0.01	A1
Boro	mg B/L	1,0	-	1,0	-	1,0	-	0.1	0.1	A1
Cádmio	mg Cd/L	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0.0003	0.0003	A1
CBO ₅	mg O ₂ /L	3	-	5	-	7	-	2	1.6	A1
Cheiro	Fator de diluição	3	-	10	-	20	-	4	4	A1
Chumbo	mg Pb/L	-	0,05	-	0,05	-	0,05	0.004	0.004	A1
Cianetos	mg CN/L	-	0,05	-	0,05	-	0,05	-	-	-
Cloretos	mg Cl/L	200	-	200	-	200	-	5.6	5.6	A1
Cobre	mg Cu/L	0,02	0,05	0,05	-	1,00	-	0.0014	0.0014	A1
Coliformes fecais	Número/100 mL	20	-	2000	-	20000	-	92	70	A1
Coliformes totais	Número/100 mL	50	-	5000	-	50000	-	63000	4300	A3
Condutividade a 20 °C	µS/cm	1000	-	1000	-	1000	-	39.4	37.1	A1
Cor	mg PtCo/L	10	20	50	100	50	200	12	9	A1
CQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-	30	-	21	11	A1
Crómio	mg Cr/L	-	0,05	-	0,05	-	0,05	0.0008	0.0008	A1
Estreptococos fecais	Número/100 mL	20	-	1000	-	10000	-	-	-	-
Fenóis	mg C ₆ H ₅ OH/L	-	0,001	0,001	0,005	0,01	0,1	-	-	-
Ferro	mg Fe/L	0,1	0,3	1,0	2,0	1,0	-	0.1	0.07	A1
Fluoretos	mg F/L	0,7 - 1,0	1,5	0,7 - 1,7	-	0,7 - 1,7	-	0.5	0.5	A1
Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados	mg/L	-	0,05	-	0,2	0,5	1,0	0.002	0.002	A1
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HAP)	µg/L	-	0,2	-	0,2	-	1,0	0.0398	0.0398	A1
Manganês	mg Mn/L	0,05	-	0,10	-	1,00	-	0.054	0.011	A2
Mercúrio	mg Hg/L	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0.00032	0.00032	A1
Nitratos	mg NO ₃ /L	25	50	-	50	-	50	4.4	3.4	A1
Percentagem de saturação	%	70	-	50	-	30	-	-	-	-
Pesticidas totais	µg/L	-	1,0	-	2,5	-	5,0	0.025	0.025	A1
pH	Esc. Sorensen	6,5 - 8,5	-	5,5 - 9,0	-	5,5 - 9,0	-	6.76	6.3	A1
Salmonelas	Número/1000 mL	Ausência em 5000 ml	-	Ausência em 1000 ml	-	-	-	0	0	A1
Selénio	mg Se/L	-	0,01	-	0,01	-	0,01	0.0032	0.0032	A1
Sólidos suspensos totais	mg SST/L	25	-	-	-	-	-	6.5	3.8	A1
Substâncias extraíveis com clorofórmio	mg/L	0,1	-	0,2	-	0,5	-	-	-	-
Substâncias tensoactivas	mg/L	0,2	-	0,2	-	0,5	-	0.04	0.04	A1
Sulfatos	mg SO ₄ /L	150	250	150	250	150	250	1.9	1.8	A1
Temperatura	°C	22	25	22	25	22	25	-	-	-
Zinco	mg Zn/L	0,5	3,0	1,0	5,0	1,0	5,0	0.3	00.01	A1

Analisando a Tabela 4 verifica-se que a água bruta da albufeira de Touvedo durante o ano de 2014 insere-se, para a maioria dos parâmetros, na classe A1. Os únicos parâmetros que não se inserem na classe A1 são o manganês, cujos resultados se inserem na classe A2 e os coliformes totais que se inserem na classe A3. Relativamente aos coliformes totais, através da Figura 21 verifica-se que normalmente os resultados obtidos não ultrapassam os 1000-2000, estando na categoria A1, havendo no entanto alguns picos nos meses de julho e agosto.

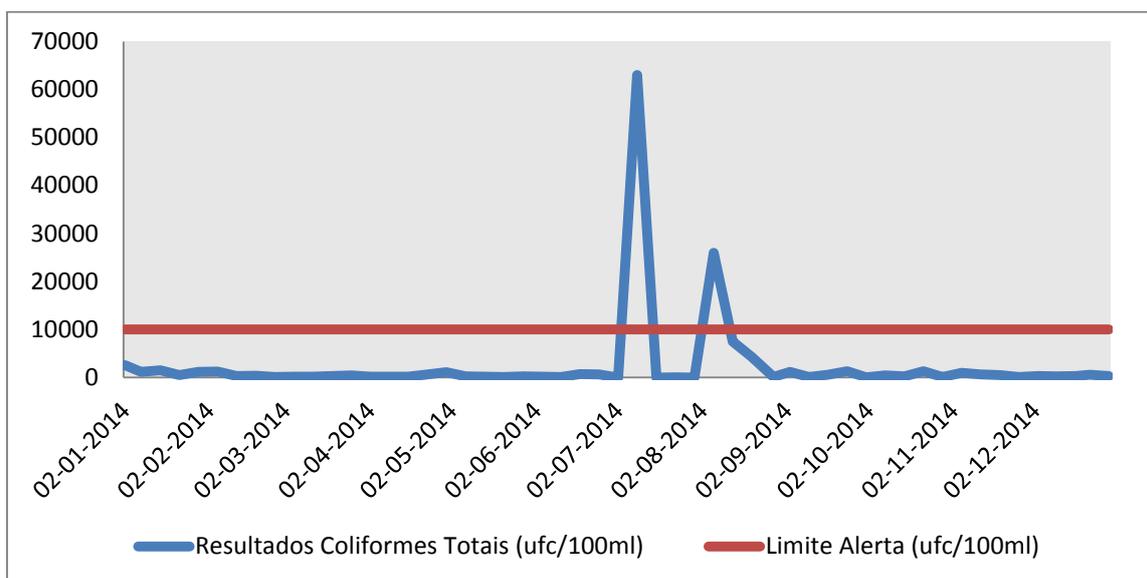


Figura 21 - Variação de Coliformes Totais na água bruta no ano de 2014

À semelhança da classificação da água bruta nos anos 2000-2004, a água bruta no ano 2014 continua a ser do tipo A3. No entanto, comparando os resultados do estudo prévio e os atuais, pode concluir-se que a água melhorou em vários parâmetros, nomeadamente: carência bioquímica de oxigénio e hidrocarbonetos, que em 2000-2004 estavam na classe A3 e agora estão na classe A1 e coliformes fecais, cor e estreptococos que estavam na classe A2 e agora estão na A1.

A diminuição da quantidade de hidrocarbonetos na água deve-se à proibição da prática de atividades desportivas ou de lazer com meios motorizados, nas albufeiras de Lindoso e Touvedo, de acordo com a Resolução do Conselho de Ministros nº 27/2004 de 8 Março 2004. A elevada quantidade de coliformes fecais e totais e estreptococos fecais, nos anos 2000-2004, leva a concluir que havia contaminação da água da albufeira com efluentes urbanos. A origem desta contaminação poderia ser de fossas sépticas particulares ou

comunitárias existentes na bacia hidrográfica do rio Lima a montante da Barragem de Touvedo. A melhoria da qualidade da água nestes parâmetros vem ao encontro do esforço realizado na área abrangida pelo Sistema Multimunicipal do Minho e Lima, para que as águas residuais sejam apenas descarregadas no meio recetor após terem sido sujeitas a um tratamento adequado.

Para analisar a evolução da qualidade da água bruta desde o estudo prévio, até aos dias de hoje, fez-se ainda uma comparação dos resultados da qualidade da água da albufeira, em 2000-2004 e em 2014, com os objetivos de qualidade estabelecidos no Decreto-Lei nº 306/07 de 27 de Agosto.

Na tabela 5 comparou-se os resultados obtidos durante os anos de 2000 – 2004 com os definidos no Decreto-Lei nº 306/07 de 27 de Agosto. Pode verificar-se que a maioria dos parâmetros analisados cumpria, ainda antes do tratamento, os valores estabelecidos neste Decreto-Lei para águas de consumo humano, pelo que se pode afirmar que a água da albufeira de Touvedo é genericamente de boa qualidade. Há no entanto alguns parâmetros que se afastam dos VP (valores paramétricos) e sobre os quais recairá a análise que se apresenta de seguida.

Na fase do estudo prévio a água era pouco mineralizada e apresentava valores de condutividade e de sólidos totais baixos. Tendo em atenção os baixos valores de alcalinidade, cálcio e dureza, os valores de pH e CO₂ livre e o índice de saturação de Langelier, constata-se que a água era muito macia, agressiva e corrosiva.

É de referir que os valores apresentados para os parâmetros cobre e nitritos, apesar de serem superiores aos respetivos VP, correspondem aos limites de deteção dos métodos analíticos utilizados na sua determinação, pelo que não é possível quantificar os valores reais na água. Relativamente ao cobre, note-se que os valores apresentados eram sempre muito inferiores ao antigo VMR estabelecido pelo D.L. 236/98 (100 µgCu/L). Em relação aos nitritos, apesar do limite de deteção da Sagilab ser de 0,3 mg NO₂/L, quer a AdC quer a CPPE (representando 80% da totalidade das amostragens realizadas) fornecem resultados muito inferiores ao VP. Quer os valores de turvação, quer os de sólidos suspensos totais são baixos.

Para além dos parâmetros analisados foi feita uma identificação e quantificação do fitoplâncton presente na albufeira de Touvedo. Verificou-se que a quantidade máxima de fitoplâncton presente na albufeira é de 30210 células/ml (tabela 5). Quanto ao fitoplâncton existente verificou-se que os grupos que apresentam maior número de espécies são os das diatomáceas, clorófitas e crisófitas. Dentro do grupo das diatomáceas as espécies mais frequentes são a *Tabellaria*, *Rizosolenia*, *Melosira* e *Stauroneis*. No grupo das crisófitas a espécie mais frequente é a *Dinobyron*.

Tabela 5 - Resultados Analíticos da Água da Albufeira de Touvedo (2000-2004)/ Objetivos de Qualidade Estabelecidos pela Legislação em Vigor - Decreto-Lei nº 306/07 de 27 de Agosto

PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/07	ALBUFEIRA DE TOUVEDO				SAGILAB - 2003/2004					AdC - 2001/2002					CPPE - 2000/2004				
		VALOR PARAMÉTRICO	MÉDIA TOTAL	MÁXIMO TOTAL	MÍNIMO TOTAL	N	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DES.PADR.	N	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DES.PADR.	N	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DES.PADR.	N
Parâmetros Microbiológicos																					
<i>Escherichia coli</i>	Número/100 mL	0	18	320	0	106	34	320	0	66	26	12	131	0	26	61	18	160	1	36	19
Enterococos	Número/100 mL	0	73	910	0	74	26	150	0	43	13	83	910	0	162	61	-	-	-	-	0
Parâmetros Químicos																					
Acetilamida	µg/L	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antimónio	µg Sb/L	5,0	3,5	5,0	2,0	6	2,0	2,0	2,0	0,0	3	5,0	5,0	5,0	0,0	3	-	-	-	-	0
Arsénio	µg As/L	10	4	6	2	10	2	2	2	0	6	6	6	6	0	4	-	-	-	-	0
Benzeno	µg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	8	1,0	1,0	1,0	0,0	5	1,0	1,0	1,0	0,0	3	-	-	-	-	0
Benzeno(a) pireno	µg/L	0,010	0,001	0,004	0,0001	6	0,0001	0,0001	0,0001	0,0	5	0,004	0,004	0,004	-	1	-	-	-	-	0
Boro	mg B/L	1,0	0,4	0,4	0,3	6	0,4	0,4	0,4	0,0	3	0,3	0,3	0,3	0,0	3	-	-	-	-	0
Bromatos	µg BrO ₃ /L	10	6	6	6	3	6	6	6	0	3	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
Cádmio	µg Cd/L	5,0	1,7	3,2	0,2	6	0,2	0,2	0,2	0,0	3	3,2	3,2	3,2	0,0	3	-	-	-	-	0
Crómio	µg Cr/L	50	5	10	1	6	1	1	1	0	3	10	10	10	0	3	-	-	-	-	0
Cobre	µg Cu/L	2,0	7,5	13,0	2,0	6	2,0	2,0	2,0	0,0	3	13,0	13,0	13,0	0,0	3	-	-	-	-	0
Cianetos	µg CN/L	50	22	50	3	10	3	3	3	0	6	50	50	50	0	4	-	-	-	-	0
1,2 dicloroetano	µg/L	3,0	0,01	0,01	0,01	4	0,01	0,01	0,01	0,0	4	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
Epicloridrina	µg/L	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluoretos	mg F/L	1,5	0,3	0,3	0,2	10	0,3	0,3	0,3	0,0	6	0,2	0,2	0,2	0,0	4	-	-	-	-	0
Chumbo	µg Pb/L	25	11	19	2	6	2	2	2	0	3	19	19	19	0	3	-	-	-	-	0
Mercúrio	µg Hg/L	1,0	0,7	1,0	0,5	9	0,5	0,5	0,5	0,0	5	1,0	1,0	1,0	0,0	4	-	-	-	-	0
Níquel	µg Ni/L	20	12	19	4	6	4	4	4	0	3	19	19	19	0	3	-	-	-	-	0
Nitratos	mg NO ₃ /L	50	2	7	0	40	0,5	1,5	0,1	0,5	6	3	7	1	2	14	1	3	0	1	20
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,1	0,1	0,3	0,0	65	0,3	0,3	0,3	0,0	14	0,01	0,03	0,01	0,0	31	0,010	0,040	0,007	0,007	20
Pesticida individual	µg/L	0,10	inf. lim.	-	-	9	inf. lim.	inf. lim.	inf. lim.	-	1	inf. lim.	inf. lim.	inf. lim.	-	8	-	-	-	-	-
Pesticidas totais	µg/L	0,50	inf. lim.	0,06	0,06	16	0,06	0,06	0,06	0,00	2	inf. lim.	inf. lim.	inf. lim.	-	14	-	-	-	-	0
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HAP)	µg/L	0,10	inf. lim.	0,01	0,01	19	0,01	0,01	0,01	0,00	5	inf. lim.	inf. lim.	inf. lim.	-	14	-	-	-	-	0
Selénio	µg Se/L	10	6	6	5	6	5	5	5	0	3	6	6	6	0	3	-	-	-	-	0
Tetracloroetano e Tricloroetano	µg/L	10	1	1	1	16	1	1	1	0	4	1	1	1	0	12	-	-	-	-	0
Tri-halometanos total	µg/L	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloreto de vinilo	µg/L	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/07	ALBUFEIRA DE TOUVEDO				SAGILAB – 2003/2004					AdC – 2001/2002					CPPE - 2000/2004				
		VALOR PARAMÉTRICO	MÉDIA TOTAL	MÁXIMO TOTAL	MÍNIMO TOTAL	N	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DES.PADR.	N	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DES.PADR.	N	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DES.PADR.	N
Parâmetros Indicadores																					
Alumínio	µg Al/L	200	28	45	2	40	16	37	2	16	6	40	42	39	1	14	23	45	9	10	20
Amónia	mg NH ₄ /L	0,50	0,08	0,16	0,02	137	0,08	0,16	0,02	0,03	54	0,10	0,15	0,06	0,01	63	0,05	0,08	0,05	0,01	20
Cálcio	mg Ca/L	100	1,7	2,7	0,0	87	1,5	2,2	1,1	0,3	14	1,9	2,7	0,0	0,5	53	1,2	1,6	0,6	0,3	20
Cloretos	mg Cl/L	250	4	5	3	39	4	5	4	0	6	3	5	3	1	13	4	5	3	1	20
<i>Clostridium perfringens</i>	Número/100 mL	0	17	175	0	50	57	175	1	67	14	2	30	0	5	36	-	-	-	-	0
Cor	mg PtCo/L	20	11	32	2	117	20	32	9	5	54	4	11	2	2	63	-	-	-	-	0
Condutividade a 20 °C	µS/cm	2 500	31	54	20	137	34	54	27	5	54	28	37	20	5	63	33	40	21	5	20
pH	Esc. Sorensen	>6,5 e <9,0	7,0	8,6	6,0	137	7,3	8,6	6,0	0,6	54	6,8	7,6	6,1	0,3	63	6,8	7,5	6,3	0,3	20
Ferro	µg Fe/L	200	58	264	7	109	45	80	22	15	26	76	264	38	52	63	22	42	7	8	20
Magnésio	mg Mg/L	50	0,5	0,8	0,1	37	0,5	0,5	0,5	0,0	6	0,3	0,8	0,1	0,2	11	0,5	0,7	0,2	0,1	20
Manganês	µg Mn/L	50	12	53	2	73	14	35	5	7	26	16	53	5	10	27	7	13	2	4	20
Cheiro a 25°C	Fator de diluição	3	1	3	0	117	0	1	0	0	54	1	3	0	1	63	-	-	-	-	0
Oxidabilidade	mg O ₂ /L	5	2	4	1	75	2	2	1	0	14	2	4	1	0,5	61	-	-	-	-	0
Sulfatos	mg SO ₄ /L	250	2	5	0	39	1	2	0	1	6	2	5	1	1	13	2	2	1	0	20
Sódio	mg Na/L	200	3	7	1	40	4	5	3	1	6	3	4	3	0	14	3	7	1	1	20
Sabor	Fator de diluição	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nº colónias (22°)	Número/mL	Sem alteração anormal	1 532	17 300	93	75	222	311	93	99	12	1 781	17 300	110	3 251	63	-	-	-	-	0
Nº colónias (37°)	Número/mL	Sem alteração anormal	724	9 300	10	75	212	334	10	123	12	822	9 300	35	1 567	63	-	-	-	-	0
Coliformes totais	Número/100 mL	0	1 507	46 700	8	107	2 550	46 700	10	9 105	26	1 096	18 000	8	2 532	61	1 401	18 500	23	4 114	20
Carbono orgânico total	mg/l C	Sem alteração anormal	2	4	1	28	2	4	1	1	14	1	3	1	1	14	-	-	-	-	0
Turvação	NTU	1	2	40	0,4	137	1	5	0	1	54	2	10	1	2	63	3	40	1	9	20
α-total	Bq/L	0,5	0,02	0,02	0,02	5	0,02	0,02	0,02	-	1	0,02	0,02	0,02	0,00	4	-	-	-	-	0
β-total	Bq/L	1,0	0,05	0,08	0,02	6	0,04	0,04	0,04	-	1	0,05	0,08	0,02	0,03	5	-	-	-	-	0
Tritio	Bq/L	100	9	40	1	6	4	4	4	-	1	10	40	1	17	5	-	-	-	-	0
Dose indicativa total	mSv/ano	0,10	0,02	0,02	0,02	1	0,02	0,02	0,02	-	1	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0

PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/07	ALBUFEIRA DE TOUVEDO				SAGILAB - 2003/2004					AdC - 2001/2002					CPPE - 2000/2004				
		VALOR PARAMÉTRICO	MÉDIA TOTAL	MÁXIMO TOTAL	MÍNIMO TOTAL	N	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DES.PADR.	N	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DES.PADR.	N	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DES.PADR.	N
Outros Parâmetros não referidos no D.L. 243/01																					
Temperatura	°C	>12 e <25	17,4	25,1	8,2	137	18,8	25,1	9,9	3,6	54	16,7	24,0	8,5	4,3	63	15,4	24,3	8,2	4,8	20
Oxigénio dissolvido	mg O ₂ /L	-	9,2	16,7	4,7	67	9,4	16,7	7,0	2,6	14	8,9	13,2	6,0	1,3	33	9,6	11,2	4,7	1,4	20
Percentagem de saturação	%	-	96,8	113,0	70,5	14	96,8	113,0	70,5	13,6	14	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
Clorofila a	µg/L	-	9,4	39,0	0,01	63	13,3	39,0	0,0	10,3	26	6,7	23,6	1,9	4,4	37	-	-	-	-	0
Fitoplâncton	Número Cél./mL	-	7 485	30 210	1816	56	8 740	30 210	2 554	5 908	26	6 397	30 121	1 816	5 420	30	-	-	-	-	0
Zooplâncton	Número Ind./m ³	-	129 242	1 458 000	1080	17	21 078	82 000	1 080	34 245	5	174 311	1 458 000	2 550	408 224	12	-	-	-	-	0
Coliformes fecais	Número/100 mL	0	296	5600	0	83	-	-	-	-	0	296	5600	0	854	63	18	160	1	35	20
Estreptococos fecais	Número/100 mL	0	58	910	0	94	14	72	0	20	13	83	910	0	162	61	10	83	0	21	20
Salmonelas	Número/1000 mL	0	0	0	0	25	0	0	0	0	14	0	0	0	0	11	-	-	-	-	0
<i>Clostridium sulfitorreductores</i>	Número/20 mL	1	1	40	0	58	-	-	-	-	0	1	10	0	2,6	38	14	40	2	10,4	20
<i>Cryptosporidium</i>	Número/20 L	-	0	0	0	1	-	-	-	-	0	0	0	0	-	1	-	-	-	-	0
<i>Giardia</i>	Número/20 L	-	1	1	1	1	-	-	-	-	0	1	1	1	-	1	-	-	-	-	0
Transparência Secchi	m	-	2,6	4,3	1,0	19	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	2,6	4,3	1,0	0,8	19
Sólidos suspensos totais	mg SST/L	0	6,0	74,0	0,1	107	4,8	14,4	0,1	3,0	26	7,6	74,0	1,0	10,4	61	2,9	6,4	0,5	1,5	20
Sólidos totais	mg/L	1 500	30,5	86,7	11,0	37	38	87	13	19	14	26	60	11	10	23	-	-	-	-	0
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	-	5,3	10,0	2,2	93	6,9	10,0	5,2	1,4	14	4,8	8,5	2,2	1,4	59	5,6	9,3	2,5	2,0	20
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	500	5,5	22,0	1,7	69	4,1	7,0	2,0	1,5	14	6,1	22,0	1,7	3,2	35	5,3	7,2	2,6	1,3	20
Potássio	mg K/L	12	0,9	3,2	0,3	40	0,6	1,0	0,5	0,2	6	1,5	3,2	0,7	0,6	14	0,6	1,0	0,3	0,2	20
Anidrido Carbónico livre	mg CO ₂ /L	-	6,2	14,0	3,7	28	4,9	7,3	3,7	0,9	14	7,6	14,0	6,0	2,1	14	-	-	-	-	0
Sílica	mg SiO ₂ /L	-	4,1	9,0	0,7	39	4,0	5,2	2,8	1,1	6	4,8	9,0	0,7	2,6	13	3,6	6,0	1,2	1,5	20
Azoto Kjeldahl	mg N/L	1	0,5	2,3	0,1	20	1,2	2,3	1,0	0,5	6	0,3	0,8	0,1	0,2	14	-	-	-	-	0
CQO	mg O ₂ /L	-	5,9	15,8	0,2	48	5,2	10,0	0,2	2,7	14	5,8	10,0	3,0	2,0	14	6,6	15,8	3,3	3,0	20
CBO ₅	mg O ₂ /L	-	3,9	10,0	0,4	48	10,0	10,0	10,0	0,0	14	1,5	3,0	1,0	0,8	14	1,3	3,4	0,4	0,7	20
Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados	mg/L	0,01	0,47	5,00	0,01	26	0,92	5,00	0,01	1,6	13	0,02	0,02	0,02	0,00	13	-	-	-	-	0
Fenóis	mg C ₆ H ₅ OH/L	0,0005	0,0009	0,0080	0,0003	20	0,0022	0,0080	0,0010	0,0029	6	0,0003	0,0004	0,0003	0,0000	14	-	-	-	-	0
Substâncias tensoactivas	mg/L	0,2	0,02	0,03	0,01	28	0,01	0,03	0,01	0,01	14	0,02	0,02	0,02	0,00	14	-	-	-	-	0
Substâncias extraíveis com clorofórmio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	5	0,1	0,1	0,1	0,0	2	0,1	0,1	0,1	0,0	3	-	-	-	-	0
Bário	mg Ba/L	0,1	0,003	0,004	0,002	6	0,0020	0,0020	0,0020	0,0	3	0,003	0,004	0,003	0,000	3	-	-	-	-	0
Prata	mg Ag/L	0,01	0,005	0,010	0,001	6	0,0006	0,0006	0,0006	0,0	3	0,010	0,010	0,010	0,000	3	-	-	-	-	0
Brometos	mg Br/L	-	0,1	0,1	0,1	15	0,1	0,1	0,1	0,0	2	0,1	0,1	0,1	0,0	13	-	-	-	-	0
Índice de saturação de Langelier	-	-	-3,6	-1,3	-4,6	59	-	-	-	-	0	-3,6	-1,3	-4,6	0,5	59	-	-	-	-	0

Notas:

Os valores a azul correspondem a parâmetros cuja totalidade ou maioria dos resultados analíticos é igual ao limite de deteção do método utilizado.

Para estes parâmetros não é possível quantificar um valor exato mas apenas afirmar que ele não é superior ao valor apresentado.

Após a comparação dos valores definidos no Decreto-Lei nº 306/07 de 27 de Agosto com os resultados obtidos no estudo prévio da ETA de S. Jorge, fez-se uma comparação semelhante com os resultados do ano de 2014 (tabela 6). De salientar que muitos parâmetros analisados no âmbito do estudo prévio não constam do PCQA da ETA de S. Jorge, pelo que não existe qualquer indicação dos resultados. Outro motivo para terem sido analisados mais parâmetros no estudo prévio, é que em 2000-2004 a legislação que regulava a qualidade da água para consumo humano, era o Decreto-Lei n 243/2001 de 5 de setembro, que obrigava ao controlo de maior número de parâmetros

De igual forma aos resultados do estudo prévio, pode-se verificar que a maioria dos parâmetros analisados cumpre, ainda antes do tratamento, os valores estabelecidos neste Decreto-Lei para águas de consumo humano.

Tabela 6 - Resultados Analíticos da Água da Albufeira de Touvedo (2014)/ Objetivos de Qualidade Estabelecidos pela Legislação em Vigor - Decreto-Lei nº 306/07 de 27 de Agosto

PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. D.L. 306/07	Laboratório AdNw		
		VALOR PARAMÉTRICO	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Parâmetros Microbiológicos					
<i>Escherichia coli</i>	Número/100 mL	0	0	17.98	92
Enterococos	Número/100 mL	0	0	13.72	72
Parâmetros Químicos					
Acrilamida	µg/L	0,10	-		
Antimónio	µg Sb/L	5,0	-		
Arsénio	µg As/L	10	-		
Benzeno	µg/L	1,0	-		
Benzeno(a) pireno	µg/L	0,010	-		
Boro	mg B/L	1,0	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Bromatos	µg BrO ₃ /L	10	-		
Cádmio	µg Cd/L	5,0	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003
Crómio	µg Cr/L	50	< 0.0008	< 0.0008	< 0.0008
Cobre	µg Cu/L	2,0	< 0.0014	0.0026	< 0.005
Cianetos	µg CN/L	50	-		
1,2 dicloroetano	µg/L	3,0	-		
Epicloridrina	µg/L	0,10	-		
Fluoretos	mg F/L	1,5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Chumbo	µg Pb/L	25	< 0.004	< 0.004	< 0.004
Mercúrio	µg Hg/L	1,0	< 0.00032	< 0.00032	< 0.00032
Níquel	µg Ni/L	20	< 0.002	0.0024	0.0027
Nitratos	mg NO ₃ /L	50	< 1.0	2.21	4.4
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,5	-		
Pesticida individual	µg/L	0,10	-		

PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. D.L. 306/07	Laboratório AdNw		
		VALOR PARAMÉTRICO	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Pesticidas totais	µg/L	0,50	< 0.025	< 0.025	< 0.025
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HAP)	µg/L	0,10	< 0.0398	< 0.0398	< 0.0398
Selênio	µg Se/L	10	< 0.0032	< 0.0032	< 0.0032
Tetracloroeteno e Tricloroeteno	µg/L	10	-		
Tri-halometanos total	µg/L	100	-		
Cloreto de vinilo	µg/L	0,50	-		
Parâmetros Indicadores					
Alumínio	µg Al/L	200	40	197	1900
Amônia	mg NH ₄ /L	0,50	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cálcio	mg Ca/L	100	1	1.7	2.5
Cloretos	mg Cl/L	250	3.3	4.7	5.6
<i>Clostridium perfringens</i>	Número/100 mL	0	3	60.83	160
Cor	mg PtCo/L	20	2	7.02	12
Condutividade a 20 °C	µS/cm	2 500	16.5	31.58	39.4
pH	Esc. Sorensen	>6,5 e <9,0	6.3	6.76	8.5
Ferro	µg Fe/L	200	< 0.04	0.052	0.1
Magnésio	mg Mg/L	50	< 0.20	0.52	0.71
Manganês	µg Mn/L	50	0.0041	0.023	0.054
Cheiro	Fator de diluição	3	3	3.84	4
Oxidabilidade	mg O ₂ /L	5	2	2.48	3.6
Sulfatos	mg SO ₄ /L	250	1.1	1.6	1.9
Sódio	mg Na/L	200	-		
Sabor	Fator de diluição	3	-		
Nº colónias (22º)	Número/mL	Sem alteração anormal	-		
Nº colónias (37º)	Número/mL	Sem alteração anormal	-		
Coliformes totais	Número/100 mL	0	2	2364.47	63000
Carbono orgânico total	mg/l C	Sem alteração anormal	< 2	2	2
Turvação	NTU	1	0.9	1.98	4.5
α-total	Bq/L	0,5	-		
β-total	Bq/L	1,0	-		
Tritio	Bq/L	100	-		
Dose indicativa total	mSv/ano	0,10	-		
Outros Parâmetros não referidos no D.L 306/07					
Temperatura	°C	>12 e <25	-		
Oxigênio dissolvido	mg O ₂ /L	-	6.3	9.01	11.2
Percentagem de saturação	%	-	-		
Clorofila a	µg/L	-	0.69	4.29	7.1
Fitoplâncton	Número Cél./mL	-	-		
Zooplâncton	Número Ind./m ³	-	-		
Coliformes fecais	Número/100 mL	0	0	18.89	92
Salmonelas	Número/1000 mL	0	0	0	0
<i>Clostridium sulfitorreductores</i>	Número/20 mL	1	-		
<i>Cryptosporidium</i>	Número/20 L	-	-		

PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/07	Laboratório AdNw		
		VALOR PARAMÉTRICO	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Outros Parâmetros não referidos no D.L 306/07					
<i>Giardia</i>	Número/20 L	-	-		
Transparência Secchi	m	-	-		
Sólidos suspensos totais	mg SST/L	0	< 2.5	3.02	6.5
Sólidos totais	mg/L	1 500	-		
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	-	1.3	5.05	7.6
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	500	< 4	6	9
Potássio	mg K/L	12			
Anidrido Carbónico livre	mg CO ₂ /L	-			
Sílica	mg SiO ₂ /L	-	4.2	5	5.8
Azoto Kjeldahl	mg N/L	1	< 0.5	< 0.5	< 0.5
CQO	mg O ₂ /L	-	< 10	10.48	21
CBO ₅	mg O ₂ /L	-	1	1.23	2
Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados	mg/L	0,01	< 0.002	< 0.002	< 0.002
Fenóis	mg C ₆ H ₅ OH/L	0,0005	-		
Substâncias tensoactivas	mg/L	0,2	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Substâncias extraíveis com clorofórmio	mg/L	0,1	-		
Bário	mg Ba/L	0,1	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Prata	mg Ag/L	0,01	-		
Brometos	mg Br/L	-	< 20	< 20	< 20
Índice de saturação de Langelier	-	-	-		
IQF - Ident. quant. fitop. (Total)	n.º cél./ml	-	786	5385.94	20314
IQF - Ident. quant. fitop. (Cianobactérias)	n.º cél./ml	-	0	181.37	592

Os valores a azul correspondem a parâmetros cuja totalidade ou maioria dos resultados analíticos é igual ao limite de deteção do método utilizado.

Para estes parâmetros não é possível quantificar um valor exato mas apenas afirmar que ele não é superior ao valor apresentado.

Os parâmetros onde se nota maior alteração, ao longo dos anos, são os parâmetros microbiológicos (*escherichia coli* e *enterococos*), nos parâmetros indicadores (alumínio, *clostridium perfringens*, coliformes totais) e na identificação da quantidade de fitoplâncton.

A quantidade de alumínio na água bruta tem vindo a aumentar ao longo dos anos. A presença de alumínio na água da albufeira de Touvedo pode ter origem natural, através da mobilização de metais naturalmente contidos no solo, ou origem antropogénica, em consequência da presença de lixeiras e de descargas de fossas sépticas na região da bacia hidrográfica do rio lima. A composição deste cenário pode levar a uma contaminação do lençol freático, pelo líquido que percola através do solo e que é proveniente tanto das lixeiras (no caso, o chorume) como do próprio esgoto *in natura* liberado pelas fossas. Estes

líquidos, ao entrar em contato com o lençol subterrâneo, podem alterar o pH do meio, mobilizando metais, os quais, contidos naturalmente no solo, passam para a forma dissolvida na água.

Os resultados de alumínio na água bruta obtidos ao longo do ano de 2014 estão ilustrados na figura 22. O alumínio da água bruta é removido nos processos de tratamento coagulação e flotação.

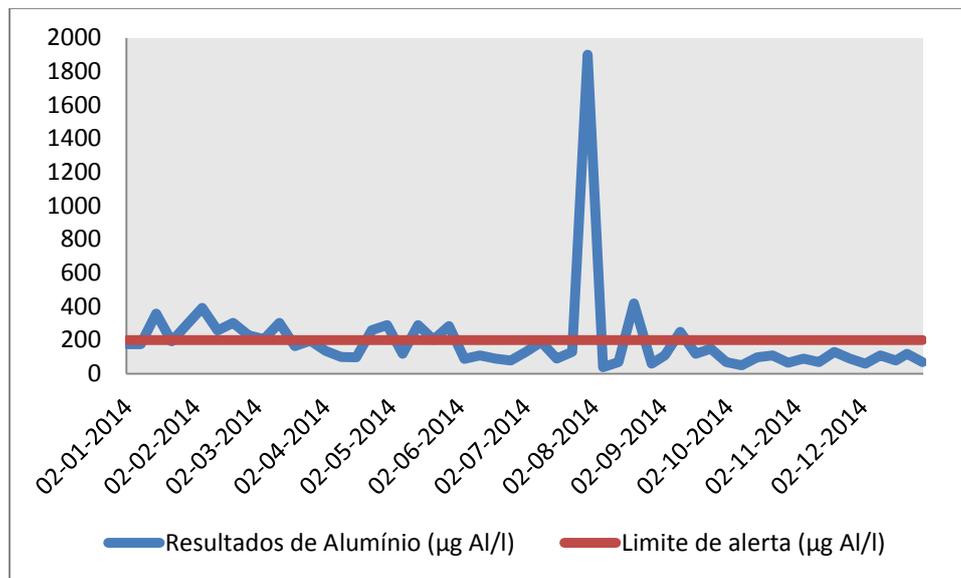


Figura 22 - Variação de Alumínio na água bruta no ano de 2014

Desde as análises da qualidade da água bruta nos anos do estudo prévio da ETA de S. Jorge até ao ano de 2014, houve uma deterioração da qualidade da água no que respeita aos parâmetros microbiológicos, havendo um aumento dos valores de *escherichia coli*, *enterococos*, *clostridium perfringens*, coliformes totais e identificação da quantidade de fitoplâncton. A proveniência das contaminações microbiológicas ou orgânicas é variada (matéria orgânica em decomposição, contaminação por esgotos urbanos, etc), e, de uma forma geral, sempre que há condições para os mesmos se reproduzirem (luz, ar, matéria orgânica, etc) eles estão presentes.

Para além dos coliformes totais as cianobactérias representam outro dos problemas da água bruta da albufeira de Touvedo, apresentando valores muito elevados nos meses de Verão, quando as condições são mais propícias ao seu crescimento e formação de fluorescências (Figura 23).

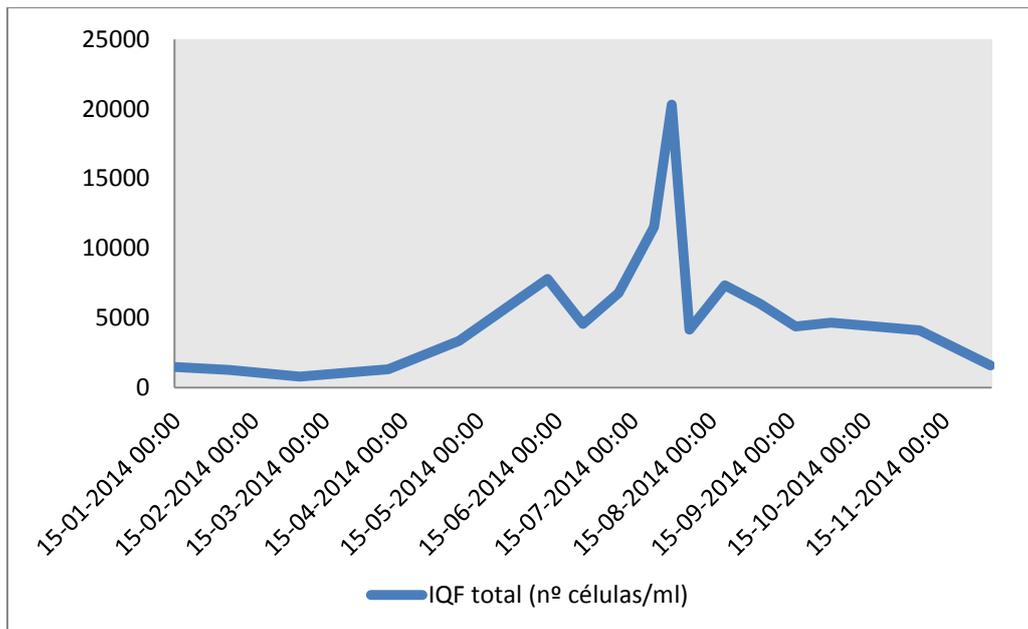


Figura 23 - Variação de IQF total na água bruta no ano de 2014

Na ETA a eliminação das células de cianobactérias ocorre sobretudo no processo de coagulação – flotação, com a adição de carvão ativado na forma de pó.

A adsorção em carvão ativado, a nanofiltração e a oxidação são os processos mais utilizados na remoção de cianotoxinas da água. Contudo a eficiência destes processos é muito dependente do tipo de cianotoxina (tamanho da molécula, carga, solubilidade), das condições de operação e das características da água (pH e dureza).

No tratamento de água o carvão ativado é utilizado na forma de pó (PAC) ou granular (GAC). De estudos publicados pode concluir-se que, tanto o PAC como para o GAC, a eficiência de remoção das diversas cianotoxinas e suas variantes é influenciada pela interação de uma diversidade de fatores. Assim, a utilização de GAC ou PAC como processo de tratamento deve ser baseada em estudos preliminares que suportem a formulação do tipo de carvão e as condições e parâmetros de operação mais adequados a cada caso.

A absorção a PAC é um processo muito utilizado nas ETA para responder à ocorrência de florescências de cianobactérias. Tal deve-se à sua facilidade de utilização, uma vez que o carvão pode ser adicionado na operação de mistura rápida da etapa da floculação. Outra vantagem do PAC prende-se com a sua elevada eficiência de remoção de cianotoxinas da

água. Contudo, para que o PAC tenha a eficiência pretendida geralmente é necessário recorrer a doses relativamente elevadas de carvão (> 20 mg/L). Por esta razão e porque na prática é impossível regenerar/ reutilizar o carvão, o processo torna-se muito oneroso, particularmente quando a ocorrência de fluorescências é frequente, como é o caso da água bruta de Touvedo.

5.4. AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA

Para analisar o cumprimento da qualidade da água tratada, foram comparados os resultados das análises à saída da ETA, do ano de 2014, com os limites definidos no Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto (Tabela 7).

Tabela 7 - Avaliação do Cumprimento da Qualidade da Água Tratada à saída da ETA (2014) de acordo com o Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto

PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw			
		VALOR PARAMÉTRICO	Nº determinações	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Parâmetros Microbiológicos						
<i>Escherichia coli</i>	Número/100 mL	0	53	0	0	0
Enterococos	Número/100 mL	-	53	0.7	1.03	1.2
Parâmetros Químicos						
Acrilamida	µg/L	0,10	0	-		
Antimónio	µg Sb/L	5,0	2	4	4	4
Arsénio	µg As/L	10	2	3	3	3
Benzeno	µg/L	1,0	2	0.26	0.26	0.26
Benzeno(a) pireno	µg/L	0,010	0	-		
Boro	mg B/L	1,0	2	0.1	0.1	0.1
Bromatos	µg BrO ₃ /L	10	2	8	8	8
Cádmio	µg Cd/L	5,0	2	0.3	0.3	0.3
Crómio	µg Cr/L	50	2	0.8	0.8	0.8
Cobre	µg Cu/L	2,0	2	0.0039	0.00395	0.004
Cianetos	µg CN/L	50	1	10	10	10
1,2 dicloroetano	µg/L	3,0	2	0.25	0.25	0.25
Epicloridrina	µg/L	0,10	0	-		
Fluoretos	mg F/L	1,5	2	0.5	0.5	0.5
Chumbo	µg Pb/L	10	2	4	4	4
Mercúrio	µg Hg/L	1,0	2	0.32	0.32	0.32
Níquel	µg Ni/L	20	2	2	2	2
Nitratos	mg NO ₃ /L	50	52	1	2.06	3.2
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,5	3	0.1	0.1	0.1
Pesticida individual	µg/L	0,10	0	-		
Pesticidas totais	µg/L	0,50	0	-		

PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw			
		VALOR PARAMÉTRICO	Nº determinações	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Parâmetros Químicos						
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HAP)	µg/L	0,10	2	0.0389	0.0389	0.0389
Selênio	µg Se/L	10	2	3.2	3.2	3.2
Tetracloroeteno	µg/L	10	2	0.48	0.48	0.48
Tricloroeteno	µg/L	10	2	0.5	0.5	0.5
Tri-halometanos total	µg/L	100	52	0.81	9.89	26
Cloreto de vinilo	µg/L	0,50	0	-		
Parâmetros Indicadores						
Alumínio	µg Al/L	200	54	16	71.03	409
Amônia	mg NH ₄ /L	0,50	53	0.1	0.1	0.1
Cálcio	mg Ca/L	100	3	23	24.67	26
Cloretos	mg Cl/L	250	2	8.8	9.2	9.6
<i>Clostridium perfringens</i>	Número/100 mL	0	53	0	0	0
Cor	mg PtCo/L	20	53	2	2	2
Condutividade a 20 °C	µS/cm	2 500	53	118	143.34	177
pH	Esc. Sorensen	>6,5 e <9,0	53	6.8	7.55	7.8
Ferro	µg Fe/L	200	53	40	40	40
Magnésio	mg Mg/L	50	3	0.35	1.15	2.5
Outros Parâmetros não referidos no D.L 306/07						
Manganês	µg Mn/L	50	3	1.2	1.3	1.4
Cheiro a 25°C	Fator de diluição	3	53	1	1.13	3
Oxidabilidade	mg O ₂ /L	5	3	1	1.067	1.2
Sulfatos	mg SO ₄ /L	250	2	1.6	2.15	2.7
Sódio	mg Na/L	200	2	3.5	3.95	4.4
Sabor	Fator de diluição	3	53	1	1	1
Nº colónias (22º)	Número/mL	Sem alteração anormal	52	0	0.0385	1
Nº colónias (37º)	Número/mL	Sem alteração anormal	52	0	0.1154	2
Coliformes totais	Número/100 mL	0	53	0	0	0
Carbono orgânico total	mg C/l	Sem alteração anormal	0	-		
Turvação	NTU	1	53	0.2	0.2137	0.48
α-total	Bq/L	0,5	0	-		
β-total	Bq/L	1,0	0	-		
Trítio	Bq/L	100	0	-		
Dose indicativa total	mSv/ano	0,10	0	-		
Desinfetante residual	mg/L	-	53	0.7	1.031	1.2
Temperatura	°C	>12 e <25	0	-		
Oxigênio dissolvido	mg O ₂ /L	-	0	-		
Porcentagem de saturação	%	-	0	-		
<i>Cryptosporidium</i>	Número/20 L	-	2	0	0	0
<i>Giardia</i>	Número/20 L	-	2	0	0	0
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	-	53	47	60.43	78
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	500	3	60	63	67
IQF Total	n.º cél./ml	-	3	7	11.67	18
IQF(Cianobactérias)	n.º cél./ml	-	3	0	0	0

Os valores a azul correspondem a parâmetros cuja totalidade ou maioria dos resultados analíticos é igual ao limite de detecção do método utilizado. Para estes parâmetros não é possível quantificar um valor exato mas apenas afirmar que ele não é superior ao valor apresentado.

Analisando a tabela 7, verifica-se que o alumínio é o único parâmetro que apresenta valores que excedem o valor paramétrico legislado. As causas dos elevados valores de alumínio na água tratada podem ter origem no alumínio presente na água bruta, como se viu anteriormente (Figura 22), ou no WAC-AB adicionado na etapa de coagulação. Em condições normais o processo de tratamento consegue eliminar o alumínio presente na água bruta e, a adição de WAC-AB, coagulante que contem alumínio na sua composição, não representa um problema nos níveis de alumínio na água tratada. Os problemas de alumínio na água tratada devem-se maioritariamente a problemas nas etapas de coagulação – flotação, onde uma desregulação do pH ótimo prejudica a reação do coagulante.

Na figura 24 pode-se observar que ao longo do ano de 2014, apenas dois resultados se encontram acima dos 200 µg Al/ L, valor definido como a quantidade limite de alumínio à saída da ETA.

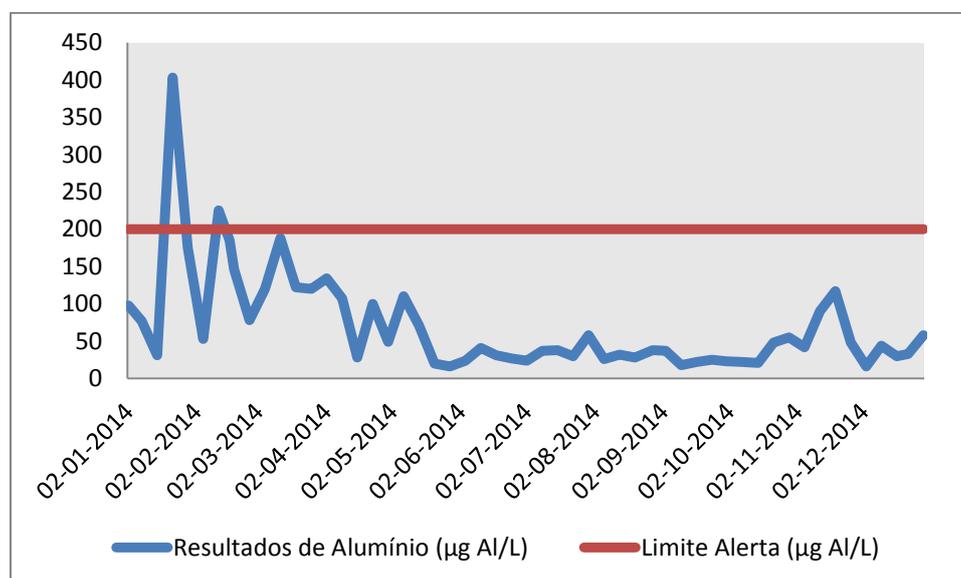


Figura 24 - Variação de Alumínio na água tratada no ano de 2014

Vários estudos efetuados em laboratório, concluem haver a possibilidade de a exposição ao alumínio ser um fator de risco para o desenvolvimento de doenças degenerativas, tais como esclerose lateral amiotrófica, doença de Parkinson assim como, lesões cerebrais características de doença de Alzheimer. Os problemas de toxicidade devido à ingestão de água com alumínio estão relacionados com pessoas com insuficiência renal, as quais não

tendo capacidade para o eliminar, estão sujeitas a um processo de acumulação que pode atingir níveis altamente tóxicos. A presença deste metal na água para consumo humano é particularmente crítico no caso de água usada em Unidades de Hemodiálise, que terão de efetuar um tratamento próprio de forma a atingir um valor máximo de 0,004 mg/l Al (Despacho nº 14 391/2001, de 24.05.2001).

Seguidamente fez-se uma comparação semelhante com os resultados obtidos nos vários pontos de entrega e reservatórios com os limites definidos no Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto (Tabela 8). O número de análises efetuadas em cada ponto de entrega e reservatório varia de acordo com o consumo estimado.

Tabela 8 - Avaliação do Cumprimento da Qualidade da Água Tratada nos Pontos de Entrega e Reservatórios (2014) de acordo com o Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto

PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw			
		VALOR PARAMÉTRICO	Nº determinações	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Parâmetros Microbiológicos						
<i>Escherichia coli</i>	Número/100 mL	0	114	0	0	0
Enterococos	Número/100 mL	-	6	0	0	0
Parâmetros Químicos						
Acrilamida	µg/L	0,10	0	-		
Antimónio	µg Sb/L	5,0	9	3	3	3
Arsénio	µg As/L	10	9	3	3	3
Benzeno	µg/L	1,0	9	0,26	0,26	0,26
Benzeno(a) pireno	µg/L	0,010	0	-		
Boro	mg B/L	1,0	9	0,10	0,10	0,10
Bromatos	µg BrO ₃ /L	10	9	8	8	8
Cádmio	µg Cd/L	5,0	9	0,30	0,30	0,30
Crómio	µg Cr/L	50	9	0,80	0,80	0,80
Cobre	µg Cu/L	2,0	6	0,0014	0,0014	0,0014
Cianetos	µg CN/L	50	9	10	10	10
1,2 dicloroetano	µg/L	3,0	9	0,25	0,25	0,25
Epicloridrina	µg/L	0,10	0	-		
Fluoretos	mg F/L	1,5	9	0,5	0,5	0,5
Chumbo	µg Pb/L	10	6	4	4	4
Mercúrio	µg Hg/L	1,0	9	0,32	0,32	0,32
Níquel	µg Ni/L	20	6	2	2	2
Nitratos	mg NO ₃ /L	50	53	<1	2,38	10,2
Nitritos	mg NO ₂ /L	0,5	6	0,10	0,10	0,10
Pesticida individual	µg/L	0,10	0	-		
Pesticidas totais	µg/L	0,50	9	0,025	0,025	0,025
Hidrocarbonetos polic. aromáticos (HAP)	µg/L	0,10	6	0,0398	0,0398	0,0398

PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw			
		VALOR PARAMÉTRICO	Nº determinações	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Parâmetros Químicos						
Selênio	µg Se/L	10	9	3	3	3
Tetracloroetano	µg/L	10	9	0,48	0,48	0,48
Tricloroetano	µg/L	10	9	0,50	0,50	0,50
Tri-halometanos total	µg/L	100	6	0,6	11,75	26
Cloreto de vinilo	µg/L	0,50	0	-		
Parâmetros Indicadores						
Alumínio	µg Al/L	200	27	31	91,85	221
Amônia	mg NH ₄ /L	0,50	25	10	10	10
Cálcio	mg Ca/L	100	6	24	30,16	39
Cloretos	mg Cl/L	250	9	8,4	9,64	12,1
<i>Clostridium perfringens</i>	Número/100 mL	0	25	0	0	0
Cor	mg PtCo/L	20	2	2	2	2
Condutividade a 20 °C	µS/cm	2 500	25	129	153,32	178
pH	Esc. Sorensen	>6,5 e <9,0	76	7,2	7,99	8,5
Ferro	µg Fe/L	200	6	40	40	40
Magnésio	mg Mg/L	50	6	0,37	0,53	0,71
Manganês	µg Mn/L	50	25	<0,3	2,16	11
Cheiro a 25°C	Fator de diluição	3	26	<1	1,27	>4
Oxidabilidade	mg O ₂ /L	5	25	1	1	1
Sulfatos	mg SO ₄ /L	250	9	1,7	2,62	3,5
Sódio	mg Na/L	200	9	3,6	4,2	4,6
Sabor	Fator de diluição	3	25	<1	1,33	2
Nº colónias (22°)	Número/mL	Sem alteração anormal	25	0	0,04	1
Nº colónias (37°)	Número/mL	Sem alteração anormal	25	0	7,24	161
Outros Parâmetros não referidos no D.L 306/07						
Coliformes totais	Número/100 mL	0	114	0	0	0
Carbono orgânico total	mg C/l	Sem alteração anormal	0	-		
Turvação	NTU	1	76	<0,20	0,67	2,2
α-total	Bq/L	0,5	0	-		
β-total	Bq/L	1,0	0	-		
Trítio	Bq/L	100	0	-		
Dose indicativa total	mSv/ano	0,10	0	-		
Desinfetante residual	mg/L	-	0	-		
Temperatura	°C	>12 e <25	0	-		
Oxigênio dissolvido	mg O ₂ /L	-	0	-		
Porcentagem de saturação	%	-	0	-		
<i>Cryptosporidium</i>	Número/20 L	-	0	-		
<i>Giardia</i>	Número/20 L	-	0	-		
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	-	0	-		
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	500	6	62	77,83	100
IQF Total	n.º cél./ml	-	0	-		
IQF Cianobactérias	n.º cél./ml	-	0	-		

Os valores a azul correspondem a parâmetros cuja totalidade ou maioria dos resultados analíticos é igual ao limite de deteção do método utilizado.
Para estes parâmetros não é possível quantificar um valor exato mas apenas afirmar que ele não é superior ao valor apresentado.

Analisando os resultados da tabela 8 verifica-se que existem dois parâmetros que são superiores aos limites definidos no Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto, o cheiro e o alumínio. Apesar de não existir valor definido para o nº de colónias a 37°C, pode observar-se que foram contabilizadas 161 colónias, sendo um número muito elevado.

5.4.1. TRATAMENTO DE INCUMPRIMENTOS DE VALORES PARAMÉTRICOS

Legalmente só nos pontos de entrega ao cliente é que é obrigatório cumprir os limites legislados, constituindo uma não conformidade o não cumprimento. A ocorrência de situações de incumprimentos de valores paramétricos nos pontos de entrega às Entidades Gestoras em baixa são comunicados à Direção Geral de Saúde, à ERSAR e à Entidade Gestora respetiva. Qualquer incumprimento de valor paramétrico é alvo de uma investigação desenvolvida para pesquisa de causas potencialmente relacionadas com a ocorrência em questão, bem como para definição de eventuais medidas preventivas e/ou corretivas a adotar para resolução do problema detetado.

No ano de 2014 foram registados 2 incumprimentos de parâmetros com valores limites legislados, nos parâmetros alumínio e cheiro. O incumprimento de alumínio foi detetado no PE de Casal Soeiro, nos Arcos de Valdevez, tendo sido registado um valor de 221 µg Al/L. Foi detetado que a origem do valor elevado de alumínio no PE deveu-se a um valor elevado de alumínio à saída da ETA, tendo sido reajustado o doseamento do coagulante WAC-AB na coagulação e controlado o processo da flotação. O incumprimento de cheiro foi detetado no Reservatório de Vilar de Mouros – cota 103, tendo sido determinado o valor de 4 para o cheiro da água deste ponto de entrega. Após investigação do valor elevado de cheiro, foi verificado que este valor se deveu a uma redução na taxa de doseamento de carvão ativado – PAC, tendo sido aumentado o seu doseamento. Para estes dois incumprimentos foram realizadas contra análises e os resultados obtidos foram inferiores ao limite legislado. Desta forma pode-se verificar que foram problemas pontuais, rapidamente resolvidos. Para além destes valores foi registado um valor elevado do nº de colónias a 37°C, no entanto, como para este parâmetro não existem valores limites legislados, não constitui um incumprimento.

5.4.2. EVOLUÇÃO DOS INCUMPRIMENTOS DE VALORES PARAMÉTRICOS

Na tabela seguinte estão registados o número de incumprimentos do Subsistema de S. Jorge desde o ano de 2011 a 2014. É igualmente analisado o número de análises requeridas, de acordo com o definido no PCPA desse ano, e o cumprimento desse plano. Dado que só nos parâmetros com valores limites definidos, é que pode haver incumprimentos, foi feita a distinção entre o número de análises totais realizadas e o número de análises realizadas com valores paramétricos.

Tabela 9 - Avaliação do cumprimento do Plano de Controlo da Qualidade da Água (PCQA) da ETA de S. Jorge

	2011	2012	2013	2014
Nº Análises requeridas	242	620	744	947
Nº Análises realizadas (c/ valor paramétrico)	185	480	577	749
Nº Análises requeridas e realizadas	242	320	744	947
Não conformidades	0	1	2	2
Nº Análises conformes	185	479	575	747
Análises de água realizadas (%)	100	100	100	100
Qualidade do serviço prestado (%)	100	99.7	99.6	99.7

O número de análises requeridas pela legislação é definido na base anual e segundo as características dos subsistemas de abastecimento. Assim, o número de análises requeridas é o constante no controlo analítico a realizar no âmbito do PCQA aprovado pela ERSAR.

Salienta-se que os parâmetros considerados sem VP foram os seguintes: Cálcio, Dureza total, Magnésio, N.º de colónias a 22°C, N.º de colónias a 37°C, Carbono orgânico total e Desinfetante residual.

Da análise da tabela 9 pode concluir-se que o número de análises requeridas, de acordo com os PCQA dos vários anos, foram sempre cumpridas. O número de incumprimentos detetados aumentou nos anos de 2013 e 2014, o que se deve em parte ao aumento de número de análises requeridas, relacionado com o aumento da rede de distribuição e aumento do volume de água fornecido. A qualidade da água fornecida no ano de 2014 está representada na figura 25.

Analisando os incumprimentos registados nos anos de 2013 e 2012, detetou-se que em 2013 os parâmetros onde ocorreram incumprimentos foram o alumínio e o número de bactérias coliformes, em 2012 apenas ocorreu um incumprimento do parâmetro alumínio.

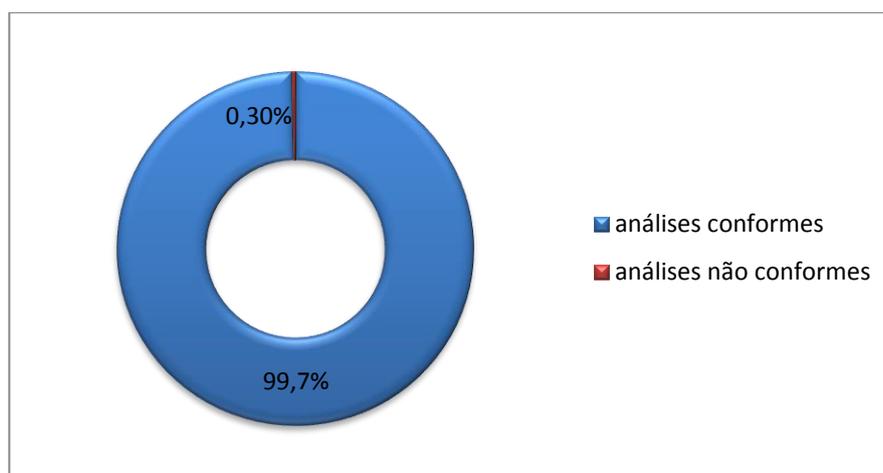


Figura 25 - Qualidade da Água fornecida em 2014

Concluí-se assim que tal como foi analisado anteriormente no cumprimento da legislação à saída do processo de tratamento de S. Jorge, nos pontos de entrega às Entidades gestoras o alumínio continua a ser um parâmetro crítico da qualidade da água fornecida.

Os níveis de alumínio na água de consumo humano dependem da sua ocorrência nas origens de água e da sua utilização como coagulante no tratamento da água. Por vezes são detetados valores elevados de alumínio na rede de distribuição e a quantidade de alumínio à saída da ETA está controlada. Nestes casos, o alumínio tem origem na ressuspensão dos sedimentos depositados ao longo das condutas, provocada por alterações de escoamento. Estes valores elevados de alumínio podem originar igualmente problemas de cor e turvação.

5.5. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DA ETA DE S. JORGE

5.5.1. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA OZONIZAÇÃO

Para se avaliar a eficiência do processo de ozonização instalado na ETA de S. Jorge, analisou-se a redução, da água bruta para a água ozonizada, dos valores médios dos seguintes parâmetros: identificação quantitativa de fitoplâncton total (IQF - total), identificação quantitativa de fitoplâncton de cianobactérias (IQF – cianobactérias) (Tabela 10) e bactérias coliformes (Tabela 11). Os resultados apresentados são das análises realizadas no laboratório central da Águas do Noroeste.

Tabela 10 - Resultados IQF total e IFQ cianobactérias na água bruta e água ozonizada (2014)

ETAPA TRATAMENTO	PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw				
			VALOR PARAMÉTRICO	Nº deter.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	EFICIÊNCIA MÉDIA (%)
Água Bruta	IQF Total	n.º cél./ml	-	16	786	20314	5385.94	73,3
Água Ozonizada		n.º cél./ml	-	16	366	4339	1437,35	
Água Bruta	IQF Cianobactérias	n.º cél./ml	-	16	0	592	181.37	78,6
Água Ozonizada		n.º cél./ml	-	16	0	112,2	38.875	

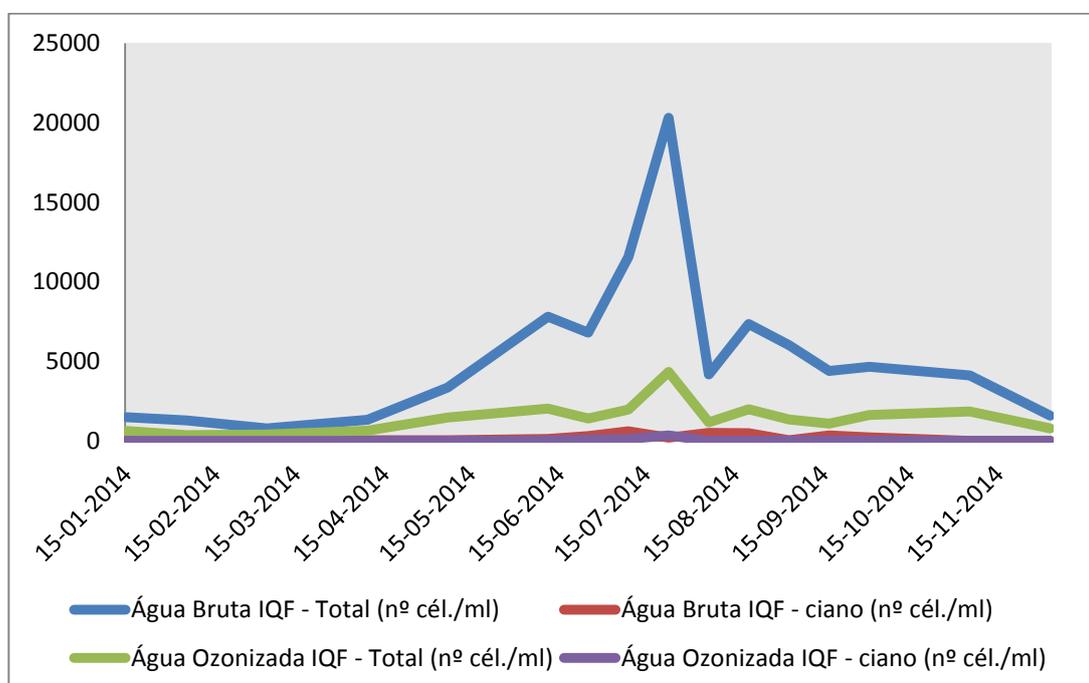


Figura 26 - Comparação IQF total e IQF cianobactérias presentes na água bruta e água ozonizada (2014)

Analisando os resultados da tabela 9 e da figura 26, pode-se verificar que há uma redução significativa dos valores de IQF total e IQF cianobactérias da água bruta para a água ozonizada, o que evidencia a eficiência da ozonização para a remoção de fitoplâncton. No entanto verifica-se ainda um pico de fitoplâncton na água ozonizada de 4339 n° células/ml, o que é um valor muito elevado e que pode por em causa a eliminação total de fitoplâncton no final do tratamento.

Tabela 11 - Resultados das bactérias coliformes na água bruta e água ozonizada (2014)

ETAPA TRATAMENTO	PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw				
			VALOR PARAMÉTRICO	Nº deter.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	EFICIÊNCIA MÉDIA (%)
Água Bruta	Bactérias Coliformes	Número/ 100 mL	-	53	2	63000	2364,47	92,3
Água Ozonizada	Bactérias Coliformes	Número/ 100 mL	-	53	0	8000	181,89	

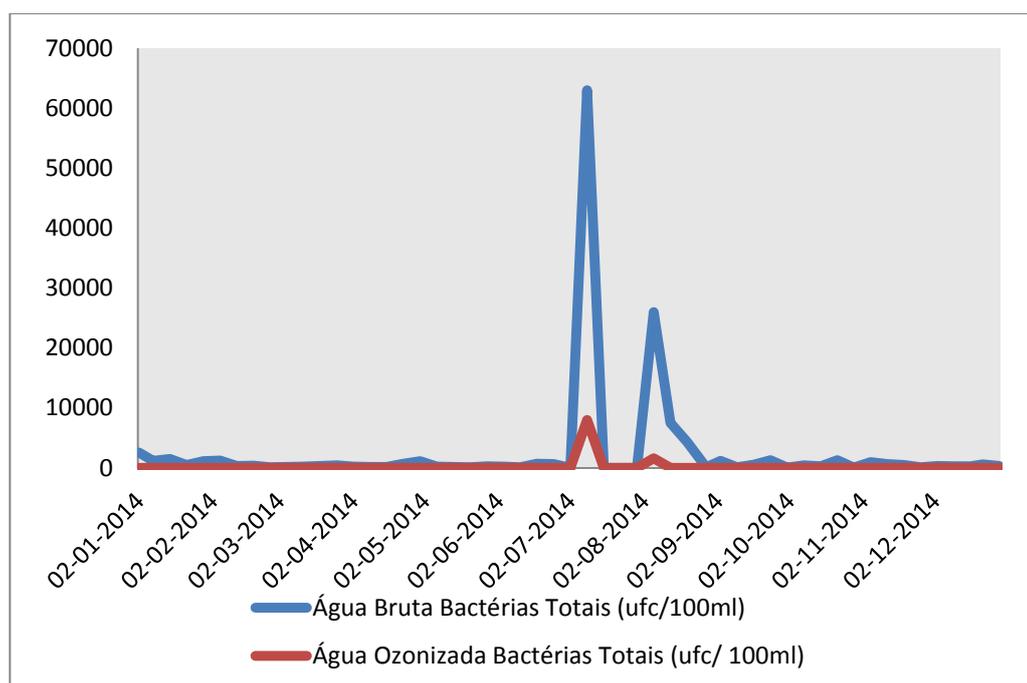


Figura 27 - Comparação das Bactérias Coliformes presentes na água bruta e água ozonizada (2014)

Através da análise da tabela 11 e da figura 27, pode concluir-se que há uma redução significativa do número de bactérias coliformes da água bruta para a água ozonizada, sendo a eficiência de remoção de 92,3%.

5.5.2. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA COAGULAÇÃO – FLOTAÇÃO

De acordo com o descrito anteriormente no fim do processo da flotação, a água deve ter uma turvação de 0,15 – 0,30 NTU. Quando adicionamos carvão no processo de tratamento a turvação à saída deve ser 0,20 – 0,50 NTU. Para avaliarmos os valores de turvação à saída

da flotação analisamos os resultados analíticos da turvação à saída da água flotada e comparamos com os resultados da água bruta (Tabela 12 e Figura 28).

Tabela 12 - Resultados da turvação na água bruta e água flotada (2014)

ETAPA TRATAMENTO	PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw				EFICIÊNCIA MÉDIA (%)
			VALOR PARAMÉTRICO	Nº deter.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	
Água Bruta	Turvação	NTU	-	53	0,90	4,5	1,983	78,1
Água Flotada	Turvação	NTU	-	53	0,20	1,5	0,434	

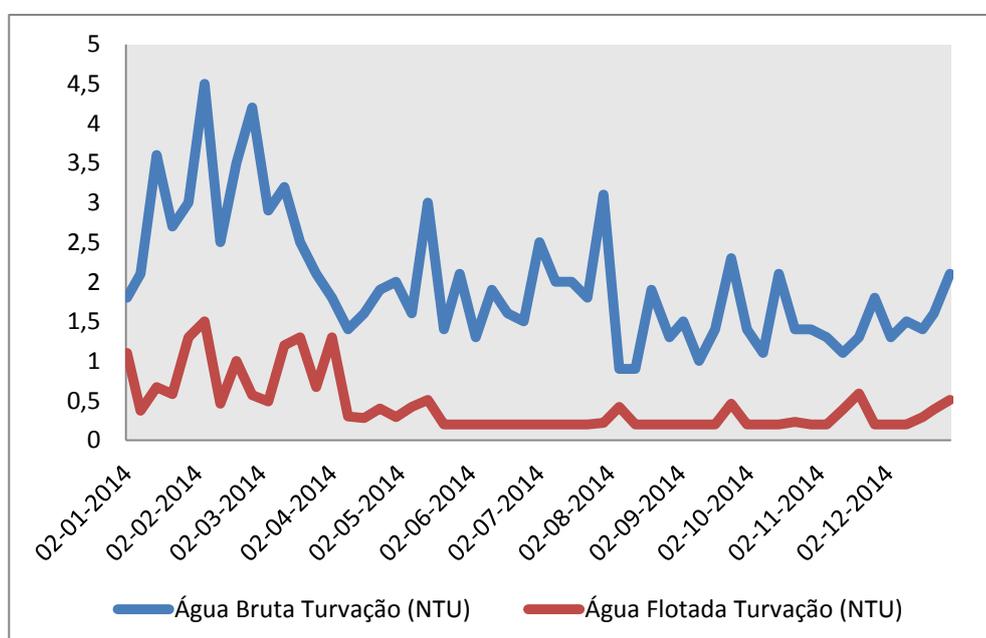


Figura 28 - Comparação da turvação da água bruta e água flotada (2014)

Ao longo do ano de 2014 o processo de adição de carvão ativado foi contínuo, justificando-se os valores mais elevados de turvação à saída dos flotadores. O limite de deteção do método de análise de turvação no laboratório central é 0,20 NTU, no entanto muitos resultados são inferiores ao limite de deteção. Apesar de alguns valores excederem os 0,50 NTU (Figura 28), há uma redução substancial da turvação, sendo a eficiência de remoção de 78,1%, o que evidência a adequabilidade deste método de tratamento de acordo com as características da água bruta da albufeira de Touvedo.

5.5.3. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA FILTRAÇÃO

De acordo com o descrito anteriormente no fim do processo da filtração, quando se adiciona carvão no processo de tratamento, a turvação deve ser 0,10 – 0,20 NTU. Para avaliar a eficiência da etapa da filtração comparou-se os resultados analíticos da turvação à saída da água filtrada com os resultados da água bruta (Tabela 13 e Figura 29).

Tabela 13 - Resultados da turvação na água bruta e água filtrada (2014)

ETAPA TRATAMENTO	PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw				EFICIÊNCIA MÉDIA (%)
			VALOR PARAMÉTRICO	Nº deter.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	
Água Bruta	Turvação	NTU	-	53	0,90	4,5	1,983	87,9
Água Filtrada	Turvação	NTU	-	53	0,20	1,4	0,24	

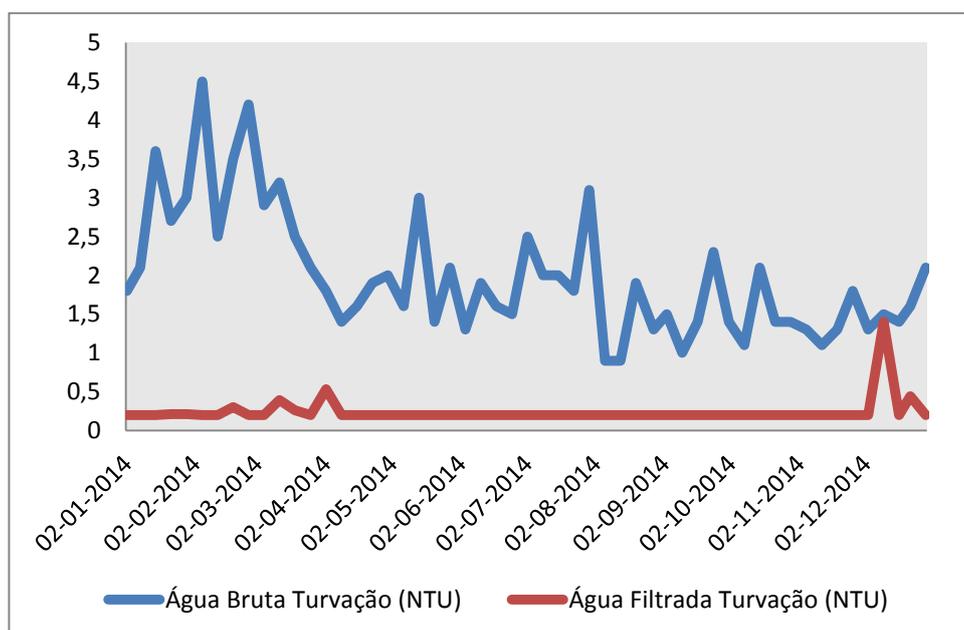


Figura 29 - Comparação da turvação da água bruta e água filtrada (2014)

A maior parte dos resultados analíticos obtidos é inferior ao limite de detecção – 0,20 NTU. Excluindo alguns valores mais elevados (Figura 29), há uma redução substancial da turvação, o que evidencia o correto funcionamento dos filtros.

Dado os valores elevados de alumínio que obtivemos na água tratada (Figura 24), e a possibilidade deste ter origem na adição de WAC-Ab, comparou-se os valores de alumínio da água bruta e à saída dos filtros (Tabela 14 e Figura 30). O Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto define como valor limite orientador 100 µg/ml de alumínio na água filtrada.

Tabela 14 - Resultados do alumínio na água bruta e água filtrada (2014)

ETAPA TRATAMENTO	PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw				EFICIÊNCIA MÉDIA (%)
			VALOR PARAMÉTRICO	Nº deter.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	
Água Bruta	Alumínio	µg Al/ml	-	53	40	1900	197	70,5
Água Filtrada	Alumínio	µg Al/ml	100	53	15	290	58,04	

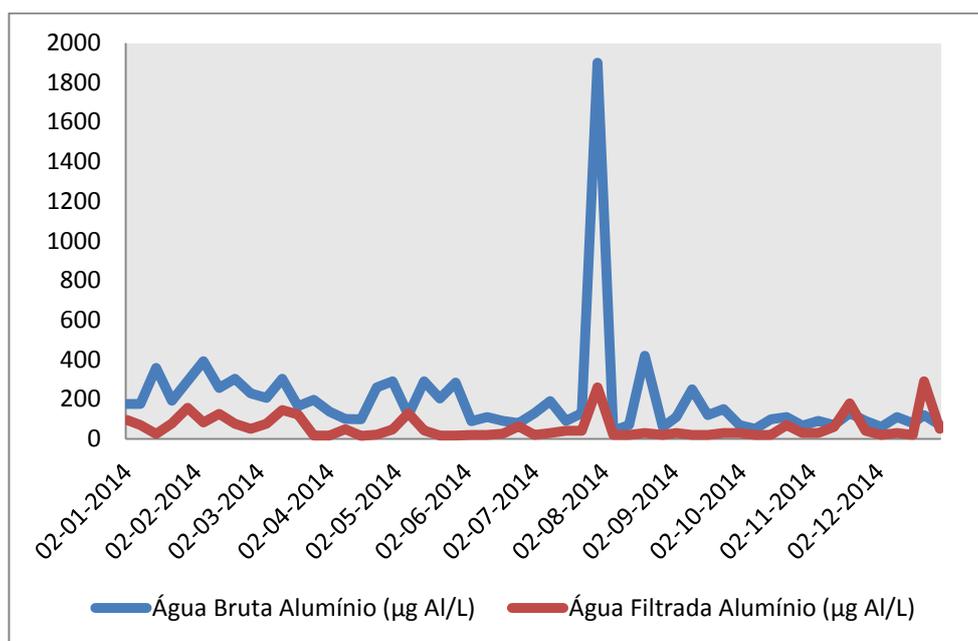


Figura 30 - Comparação do alumínio presente da água bruta e água filtrada (2014)

Analisando a tabela 14 verifica-se que a média do alumínio na água filtrada é inferior ao valor legislado. No entanto, ao longo do ano, pontualmente surgem valores mais elevados de alumínio. Alguns destes valores estão associados a valores muito elevados de alumínio na água bruta, não conseguindo o processo de tratamento remover o alumínio na totalidade. Surgem também casos em que os valores elevados de alumínio à saída dos filtros, não ocorrem em dias com valores elevados de alumínio na água bruta, decorrendo de problemas na fase de coagulação e floculação (Figura 30).

5.5.4. AVALIAÇÃO FINAL DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE TRATAMENTO

Para analisar a eficiência do processo de tratamento implementado na ETA de S. Jorge, analisou-se os seguintes parâmetros: turvação, identificação quantitativa de fitoplâncton total (IQF - total), identificação quantitativa de fitoplâncton de cianobactérias (IQF – cianobactérias), bactérias coliformes, E. coli., alumínio e o cheiro. A turvação foi selecionada porque a maioria dos estudos sobre eficiência de processos de tratamento em ETA utilizam a turvação como parâmetro indicativo. Os restantes parâmetros foram selecionados após análise dos resultados da água bruta (Tabela 6) e da água tratada (Tabela 7 e 8), sendo os parâmetros mais críticos do processo de tratamento.

Tabela 15 - Resultados de Turvação ao longo do processo de tratamento (2014)

ETAPA TRATAMENTO	PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw				EFICIÊNCIA MÉDIA (%)
			VALOR PARAMÉTRICO	Nº deter.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	
Água Bruta	Turvação	NTU	-	53	0,90	4,5	1,983	78,1
Água Flotada	Turvação	NTU	-	53	0,20	1,5	0,434	
Água Filtrada	Turvação	NTU	-	53	0,20	1,4	0,240	87,9
Água Tratada	Turvação	NTU	1	53	0.2	0.48	0.214	10,9

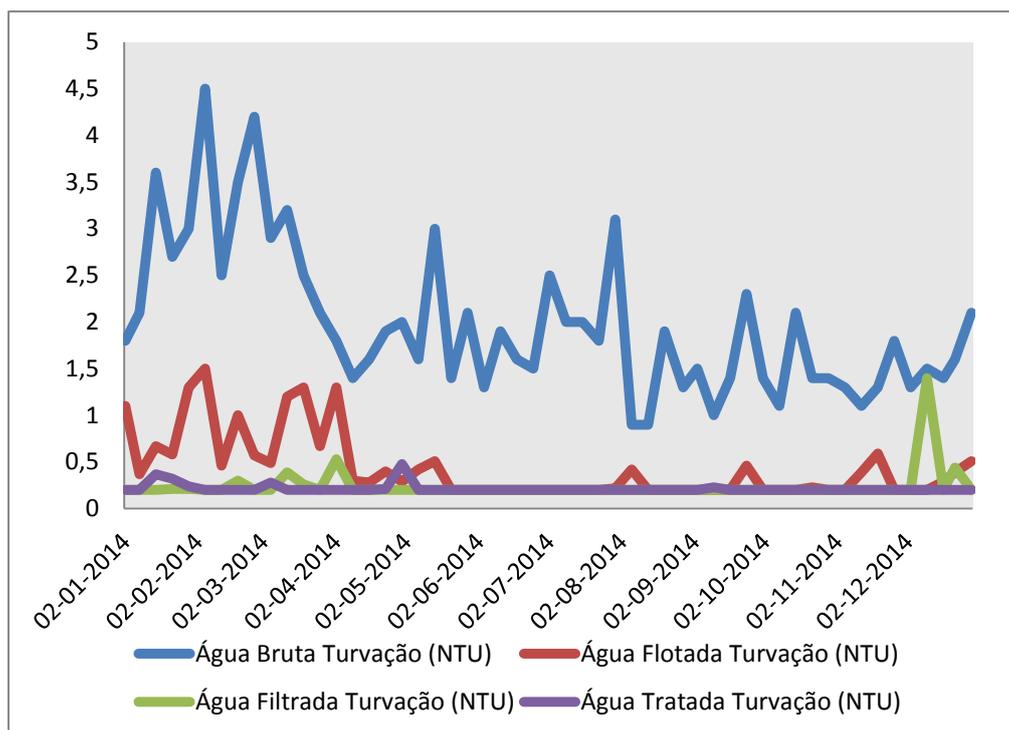


Figura 31 - Comparação da turvação ao longo do processo de tratamento (2014)

Analisando os resultados apresentados na tabela 15 e na figura 31, pode verificar-se que há uma redução da turvação ao longo dos vários processos de tratamento e que à saída da ETA a turvação cumpre sempre os valores limites definidos no Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto.

Tabela 16 - Resultados IQF total e IFQ cianobactérias ao longo do processo de tratamento (2014)

ETAPA TRATAMENTO	PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw				
			VALOR PARAMÉTRICO	Nº deter.	MÍNIMO	MAXIMO	MÉDIA	EFICIÊNCIA MÉDIA (%)
Água Bruta	IQF Total	n.º cél./ml	-	16	786	20314	5385.94	73,3
Água Ozonizada	IQF Total	n.º cél./ml	-	16	366	4339	1437,35	
Água Tratada	IQF Total	n.º cél./ml	-	3	7	18	11.67	
Água Bruta	IQF Cianobactérias	n.º cél./ml	-	16	0	592	181.37	78,6
Água Ozonizada	IQF Cianobactérias	n.º cél./ml	-	16	0	112,2	38.875	
Água Tratada	IQF Cianobactérias	n.º cél./ml	-	3	0	0	0	100

Tabela 17 - Resultados Bactérias Coliformes e E. Coli na água bruta e água tratada (2014)

ETAPA TRATAMENTO	PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw				EFICIÊNCIA MÉDIA (%)
			VALOR PARAMÉTRICO	Nº deter.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	
Água Bruta	Bactérias Coliformes	Número/ 100 mL	-	53	2	63000	2364.47	100
Água Tratada	Bactérias Coliformes	Número/ 100 mL	-	53	0	0	0	
Água Bruta	<i>E. coli.</i>	Número/ 100 mL	-	53	0	92	92	100
Água Tratada	<i>E. coli.</i>	Número/ 100 mL	-	53	0	0	0	

Através dos resultados apresentados na tabela 16, pode verificar-se que à saída da ETA os valores de IQF – total e IQF – cianobactérias são sempre muito baixos. Na tabela 17 observa-se que em termos de carga microbiológica, tendo como representantes as bactérias coliformes e a *E. coli.*, a carga é inexistente. Concluímos assim que apesar da ozonização por vezes não conseguir ter a eficiência desejável, no final do processo de tratamento a água apresenta valores muito bons.

Tabela 18 - Resultados alumínio ao longo do processo de tratamento (2014)

ETAPA TRATAMENTO	PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw				EFICIÊNCIA MÉDIA (%)
			VALOR PARAMÉTRICO	Nº deter.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	
Água Bruta	Alumínio	µg Al/ml	-	53	40	1900	197	70,5
Água Filtrada	Alumínio	µg Al/ml	100	53	15	290	58,04	
Água Tratada	Alumínio	µg Al/ml	200	54	16	409	71.03	-22,4

De acordo com o que já se analisou na tabela 7 e na figura 24 o alumínio na água tratada por vezes excede os valores legislados para a água tratada. Na tabela 18 pode observar-se que a média e o valor máximo de alumínio presente na água filtrada é inferior ao da água tratada, o que pode acontecer, dado as amostras de água filtrada serem amostras pontuais e as amostras de água tratada serem recolhidas no reservatório de água tratada, que tem um grande volume de água. No ano de 2014, das amostras analisadas, houveram dois valores

que excedem os 200 µg Al/ml. Pode assim concluir-se que a remoção de alumínio é um problema a ser resolvido na ETA de S. Jorge, sendo um ponto sensível do tratamento.

Tabela 19 - Resultados do cheiro da água bruta e água tratada (2014)

ETAPA TRATAMENTO	PARÂMETRO	UNIDADE	D.L. 306/2007	Laboratório AdNw				EFICIÊNCIA MÉDIA (%)
			VALOR PARAMÉTRICO	Nº deter.	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	
Água Bruta	Cheiro	Fator diluição	-	53	3	> 4	3,90	71
Água Tratada	Cheiro	Fator diluição	< 3	52	< 1	3	1,13	

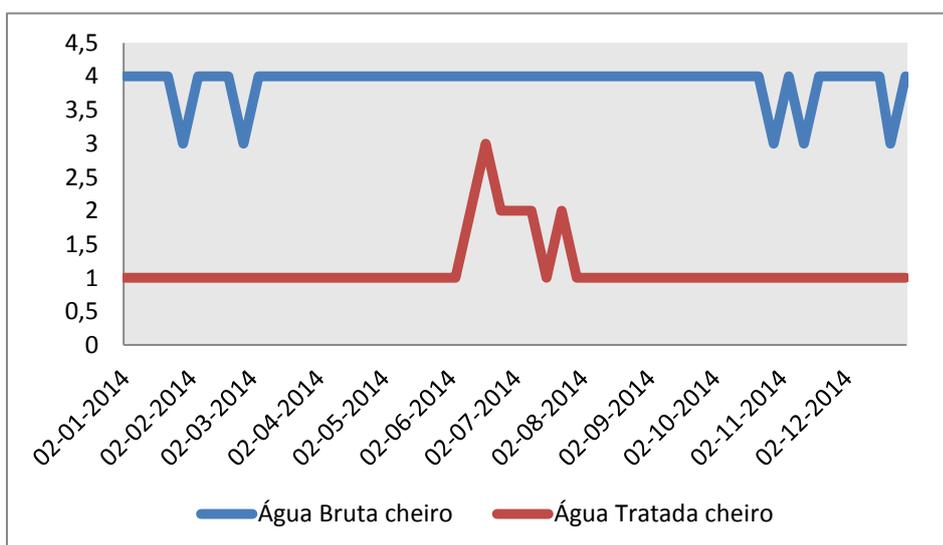


Figura 32 - Comparação do cheiro ao longo do processo de tratamento (2014)

Analisando a tabela 19 e a figura 32 verifica-se que o cheiro da água da albufeira de Touvedo é quase sempre superior a 4, o que é característico de uma água com elevada atividade microbiológica, algas e cianobactérias. À saída a água apresenta sempre valores inferiores ao limite legislado, no entanto para se atingir estes resultados temos de adicionar carvão ativado de uma forma contínua, o que é muito dispendioso, dado a impossibilidade de regenerar o carvão.

5.5.5. AVALIAÇÃO ATRAVÉS DE METODOLOGIAS E INDICADORES

Para avaliar a eficiência dos processos de tratamento da ETA de S. Jorge, foi ainda utilizado a Metodologia de avaliação do funcionamento de ETA, desenvolvida em 1998, com a

coordenação do Ministério do Ambiente. Foi selecionada esta metodologia dada a sua simplicidade de aplicação.

Para utilizar esta metodologia, e de forma a calcular os subíndices da qualidade da água tratada (I_{QA}) (Tabela 20) e de eficiência de tratamento (I_{ET}) (Tabela 21) e, posteriormente, o índice global da qualidade, foram determinadas as tabelas a utilizar na determinação dos índices e através do tipo de água bruta – água bruta superficial do tipo A3.

Para cálculo dos subíndices foram utilizados os valores médios obtidos ao longo do ano de 2014 na saída da ETA e na água bruta da albufeira de Touvedo.

Tabela 20 - Subíndice da qualidade de água tratada (IQA)

Parâmetros	Valor médio	Padrão	Peso	Produto
Turvação	0.2137	5	4	20
Cor	2	4	3	12
Cheiro	1.13	2	2	4
Sabor	1	3	3	9
Temperatura	19.25	4	1	4
pH	7.55	5	3	15
Nitratos	2.06	5	4	20
Azoto amoniacal	0.04	5	3	15
Oxidabilidade	1.067	5	5	25
Cloro residual livre	1.031	0	5	0
Total				124

Ao valor 124 corresponde uma qualidade de água razoável que por sua vez corresponde a um peso 2 para o índice global de avaliação.

Relativamente às eficiências de remoção, tendo em conta que num esquema de tratamento tipo de águas superficiais de classe A3, de acordo com esta metodologia, remove-se essencialmente turvação, cor e oxidabilidade, pode considerar-se a seguinte solução (Tabela 21). Para determinar o Subíndice de eficiência de tratamento foi calculado a redução entre os valores médios dos vários parâmetros, na água bruta e na água tratada.

Tabela 21 - Subíndice de eficiência de tratamento (IET)

Parâmetros	Água Bruta	Água Tratada	Diferença Água Bruta e Água Tratada	Padrão	Peso	Produto
Turvação	1.98	0.2137	1.7663	0	2	0
Cor	7.02	2	5.02	0	1	0
Oxidabilidade	2.48	1.067	1.413	0	3	0
Total						0

Ao valor 0 corresponde uma eficiência de remoção má, que por sua vez corresponde a um peso 1 para o índice global de avaliação. O cálculo do índice global é representado na figura 33.

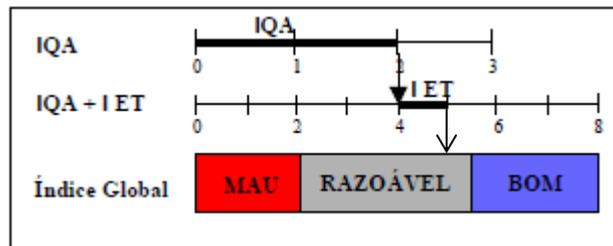


Figura 33 - Cálculo do Subíndice global

Através deste método de avaliação, conclui-se que o processo de tratamento de S. Jorge é razoável. No entanto, pode verificar-se que apesar de ser um método de simples aplicação, é muito subjetivo. O resultado da avaliação global do processo de S. Jorge, de acordo com este método, dá razoável, uma vez que a eficiência de tratamento, de acordo com os parâmetros indicados é nula.

Como método de avaliação a empresa utiliza anualmente os indicadores da ERSAR e das Águas de Portugal. Estes indicadores apesar de darem informação do desempenho da empresa, como entidade gestora, em relação à qualidade do serviço prestado aos utilizadores, à avaliação da qualidade da água para consumo humano e ainda uma caracterização económica e financeira, não permite avaliar a eficiência de tratamento de uma instalação em particular.

6. CONCLUSÕES

6.1. CONCLUSÕES GERAIS

Uma ETA visa satisfazer as necessidades da população da região que abrange, a nível de quantidade e qualidade da água, promover a qualidade do ambiente e a defesa da saúde pública, no sentido de melhorar a qualidade de vida da população. O processo de tratamento das ETA são definidos de acordo com a qualidade da água bruta a tratar, de origem superficial ou subterrânea, e de acordo com o disposto no Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto.

Dada a importância da qualidade da água para a saúde da população e o elevado investimento que subsistemas de tratamento de água implicam, é essencial avaliar-se a eficiência destes subsistemas. Desta forma é de extrema importância construir-se ferramentas de análise de qualidade que permitam avaliar a eficiência dos subsistemas de tratamento e estabelecer valores de referência.

Este trabalho pretendeu dar um contributo para analisar a eficiência do processo de tratamento de uma ETA, tendo-se usado como caso de estudo a ETA de S. Jorge. Para se atingir o objetivo proposto surgiu a necessidade de elaborar-se um Plano de Controlo Analítico Interno e uma Rotina Diária de Controlo do Processo de Tratamento. Analisou-se ainda, a qualidade da água bruta e o cumprimento dos valores legislados da água à saída da ETA e nos vários pontos de entrega às Entidades gestoras.

Com a elaboração do Plano de Controlo Analítico Interno da ETA de S. Jorge pretendeu-se melhorar o controlo analítico de todo o processo de tratamento, incluindo linha líquida, linha sólida, linha de reagentes e adução. No plano foram definidos os parâmetros a analisar nas diferentes fases do processo, a periodicidade, os valores esperados, equipamentos a utilizar e os procedimentos aplicáveis. O aumento de resultados imediatos, ou quase imediatos, permitiu-nos um maior controlo de todo o processo de tratamento e facilitou a atuação ao longo das várias etapas de tratamento contribuindo para o aumento da sua eficiência.

A elaboração da Rotina Diária de Controlo de Processo permitiu sistematizar as tarefas efetuadas pelos colaboradores e obrigar o seu registo. Com o registo de caudais, taxas de doseamento de reagentes e principais anomalias e alarmes registados ao longo do dia, criou-se uma síntese de todo o processo de tratamento diário. Esta base de dados pretende ajudar na resolução de problemas futuros e é de extrema importância na investigação das causas potenciadoras de incumprimentos de qualidade obtidos.

Conclui-se assim que a produção de água de boa qualidade depende de uma seleção adequada da tecnologia de tratamento e de um projeto criterioso, de um bom controlo operacional dos diversos processos unitários de tratamento, acompanhados da disponibilidade de recursos humanos e materiais que propiciem um bom controlo analítico do processo e uma boa rotina de operação. A elaboração do Plano de Controlo Analítico Interno da ETA de S. Jorge e a Rotina Diária de Controlo do Processo pretende ajudar na elaboração do Plano de Segurança da Água da ETA de S. Jorge através da análise das várias etapas do processo de tratamento e da determinação de novos riscos existentes no processo.

De forma a analisar-se a adequabilidade do tratamento às condições da qualidade da água bruta atuais, foi analisada a alteração da qualidade da água bruta da Albufeira de Touvedo, desde a caracterização da qualidade da água bruta no estudo prévio da ETA, em 2000 – 2004, com a qualidade da água no ano de 2014. Com a análise da alteração da qualidade da água bruta ao longo dos anos, pretende-se prever a sua evolução ao longo dos próximos anos.

Com a comparação da qualidade da água bruta com os valores definidos no Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto, conclui-se que à semelhança da classificação da água bruta nos anos 2000-2004, a água bruta no ano 2014 continua a ser do tipo A3. No entanto, comparando os resultados do estudo prévio e os atuais, pode concluir-se que a água bruta melhorou em vários parâmetros, nomeadamente: carência bioquímica de oxigénio e hidrocarbonetos, que

em 2000-2004 estavam na classe A3 e agora estão na classe A1 e coliformes fecais, cor e estreptococos que estavam na classe A2 e agora estão na A1. A diminuição da quantidade de hidrocarbonetos na água deve-se à proibição da prática de atividades desportivas ou de lazer com meios motorizados, nas albufeiras de Lindoso e Touvedo. A redução dos parâmetros microbiológicos vai ao encontro do esforço realizado na área abrangida pelo Sistema Multimunicipal do Minho e Lima, para que as águas residuais sejam apenas descarregadas no meio recetor após terem sido sujeitas a um tratamento adequado.

Para analisar a evolução da qualidade da água bruta desde o estudo prévio, até aos dias de hoje, fez-se ainda uma comparação dos resultados da qualidade da água da albufeira, em 2000-2004 e em 2014, com os objetivos de qualidade estabelecidos no Decreto-Lei nº 306/07 de 27 de Agosto. Pode verificar-se, para ambos os períodos, que a maioria dos parâmetros analisados cumpria, ainda antes do tratamento, os valores estabelecidos neste Decreto-Lei para águas de consumo humano, pelo que se pode afirmar que a água da albufeira de Touvedo é genericamente de boa qualidade. Os parâmetros onde se nota maior alteração, ao longo dos anos, são os parâmetros indicadores (alumínio, coliformes totais) e na identificação da quantidade de fitoplâncton.

Foi ainda analisado o cumprimento da legislação à saída da ETA e nos vários pontos de entrega às Entidades gestoras. Analisando os resultados obtidos à saída da ETA, no ano de 2014, concluímos que apenas o alumínio excedeu os valores definidos no Decreto-Lei nº 306/07 de 27 de Agosto. Nos resultados das análises à água nos vários pontos de entrega, obtivemos dois incumprimentos, nos parâmetros: alumínio e cheiro. Foram feitas contra análises destas amostras e os resultados foram inferiores aos valores limite.

Por fim foi avaliado a eficiência do processo de tratamento da ETA de S. Jorge, avaliando inicialmente os principais processos físico-químicos e por fim o processo de tratamento de uma forma global. Para avaliar a eficiência do processo de tratamento foram analisados os resultados da turvação, identificação quantitativa de fitoplâncton total (IQF - total), identificação quantitativa de fitoplâncton de cianobactérias (IQF – cianobactérias), bactérias coliformes, *E. coli.*, alumínio e o cheiro. Analisando os resultados conclui-se que os processos de tratamento adotados na ETA de S. Jorge são eficientes quanto à remoção de turvação, não tendo sido detetados valores de incumprimento. Em relação aos resultados microbiológicos e de fitoplâncton, conclui-se que apesar da ozonização por vezes não conseguir ter a eficiência desejável, no final do processo de tratamento a água apresenta

valores muito baixos ou mesmo nulos. Analisando os resultados obtidos de alumínio, verifica-se que apesar da remoção de alumínio ser elevada, continuam a ser detetados valores elevados de alumínio à saída do processo de tratamento, sendo a remoção de alumínio um ponto sensível do processo de tratamento. No que se refere às análises do cheiro, conclui-se que o cheiro na água bruta é sempre muito elevado, logo para obter-se valores inferiores ao limite legislado tem de se adicionar carvão ativado de uma forma contínua.

Analisando a evolução da qualidade da água bruta ao longo dos anos, o cumprimento da legislação em vigor à saída da ETA e nos pontos de entrega e por fim a eficiência do processo de tratamento da ETA, conclui-se que apesar dos bons resultados no cumprimento da legislação à saída da ETA e nos pontos de entrega, a ETA de S. Jorge possui uma fase de tratamento menos eficiente, a ozonização. A remoção de carga microbológica e de fitoplâncton na ozonização, não apresenta resultados muito favoráveis, e de acordo com a análise da evolução da qualidade da água bruta, estes parâmetros tem tendência a aumentar ao longo dos anos, com o aumento da idade das albufeiras. A remoção no final do processo de tratamento destes parâmetros dá-se devido à adição de carvão ativado e às etapas de flotação e filtração. Desta forma é importante analisar melhor o processo de ozonização de forma a aumentar a sua eficiência, devendo ser analisado a capacidade de aumentar a produção de ozono do ozonizador. Outro aspeto crítico na ozonização é a redundância da pré-oxidação com ozono ser a pré-oxidação com cloro. Apesar de não terem sido apresentados resultados com a utilização de cloro no início do processo de tratamento da água, sabe-se através de dados bibliográficos que não é aconselhável a sua utilização em águas com elevado número de fitoplâncton e cianobactérias, dado a possibilidade de ocorrer a lise celular destes organismos o que pode provocar a libertação de toxinas.

Analisando os resultados de alumínio na água bruta, flotada e tratada, conclui-se que a remoção de alumínio é um processo sensível na ETA. Para minimizar os níveis residuais de alumínio na água tratada, o processo de coagulação deve ser otimizado e o seu controlo deve ser efetuado no tratamento, à saída da ETA e na rede de distribuição.

Por fim, apesar de na maior parte dos casos o cheiro da água bruta ser removido no final do processo de tratamento, a sua remoção só é conseguida através da adição em contínuo de carvão ativado – PAC, o que dado a incapacidade de o regenerar, torna-se muito dispendioso. Dado que a tendência da água bruta é ter um cheiro elevado, devido à elevada atividade microbológica, algas e cianobactérias, o processo de adição de carvão deverá ser

um processo contínuo, ao contrário do que era previsto no estudo prévio da ETA. Na operação de um sistema contínuo, são mais recomendáveis os reatores de leito fixo ou de leito fluidizado contendo carvão ativado – GAC, devido aos baixos custos de operação.

Para avaliar a eficiência dos processos de tratamento da ETA de S. Jorge, foi ainda utilizado a metodologia de avaliação do funcionamento de ETA, desenvolvida em 1998, com a coordenação do Ministério do Ambiente. Foi selecionada esta metodologia dada a sua simplicidade de aplicação. No entanto, verificou-se que o resultado desta metodologia indica que o processo de tratamento da ETA de S. Jorge é razoável, o que não está de acordo com os bons resultados obtidos nesta ETA. Assim verificasse que apesar da sua simplicidade de aplicação é um método muito subjetivo.

Conclui-se assim, que o elevado investimento tecnológico no processo de captação, tratamento e distribuição tem permitido que a população dos municípios clientes do subsistema de S. Jorge tenha acesso a uma água potável de ótima qualidade. Uma água cada vez mais preciosa porque, apesar de se obter com um gesto tão simples como o abrir de uma torneira, é o resultado de um caro e complexo processo de preparação e, além disso, é um bem escasso à escala mundial. Racionalizar o consumo de água não significa passar sem ela, significa usá-la sem desperdício e considera-la uma prioridade social e ambiental.

Após atingidos os objetivos propostos e retiradas as principais conclusões desta dissertação espera-se que este trabalho tenha uma aplicação prática e que permita contribuir para a otimização do processo de tratamento da ETA de S. Jorge, garantindo a qualidade da água de abastecimento de acordo com a legislação em vigor. Pretende-se ainda que seja um trabalho com capacidade de auxiliar outras ETA na melhoria do controlo do seu processo de tratamento e que contribua para o desenvolvimento de ferramentas para avaliar a eficiência de tratamento de ETA.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No futuro será importante analisar uma forma de aumentar a eficiência do processo de ozonização, através do aumento de números dos difusores no tanque de ozonização, aumento do tempo de contacto com o ozono ou através da aquisição de um novo ozonizador com maior capacidade de produção de ozono. Para seleção de uma ou mais metodologias

deve sempre ser equacionado os custos destas técnicas com as vantagens que estas vão trazer no processo de tratamento.

Seria também importante analisar uma forma de controlar melhor o processo de coagulação e floculação de forma a evitar os valores elevados de alumínio no fim do processo de tratamento.

De forma a reduzir os custos do tratamento de água, no que se refere ao consumo de reagentes, deverão ser analisadas as vantagens da instalação de reatores de leito fixo ou de leito fluidizado contendo carvão ativado – GAC.

No que se refere à elaboração de uma ferramenta simples de avaliação da eficiência de tratamento de uma ETA, seria interessante melhorar a Metodologia de Avaliação de funcionamento da ETA, desenvolvida pelo Ministério do Ambiente, através da inclusão de mais parâmetros para o cálculo do subíndice de eficiência de tratamento. Desta forma a metodologia seria mais adequada aos vários tipos de qualidade da água bruta e os resultados estariam mais de acordo com os resultados obtidos no processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águas do Noroeste, 2014. URL: <http://www.adnoroeste.pt/>, consultado a: 11-10-2014.
- Alegre, H., & Matos, R. (2010). NORMAS ISO 24500: Um instrumento de apoio à gestão de serviços de abastecimento de água e de águas residuais. *Águas & Ambiente*, Série III, nº 12.
- Alegre, H.; Baptista, J.M.; JR E. C.; Cubillo, F.; Duarte, P.; Hirner, W.; Merkel, W.; Parena, R. (2006). Performance indicators for water supply services. 2nd edition. Manual of Best Practices Series. IWA Publishing, London. ISBN 1843390515.
- Alegre, H.; Baptista, M. J.; Pareana, R.; Hirner, W. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água. Guias técnicos*. International Water.
- Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M., & Parena, R. (2000). *Performance Indicators for water supply services. Manual of Best Practice Series*. London: IWA Publishing.
- Almeida, J. DE F. A.; Viana, M.; Libânio, M. (2005). Avaliação do desempenho de estações de tratamento de água operadas por companhia estadual de saneamento e autarquias municipais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., Rio de Janeiro, ABES. p. 1-7.
- Apha (1989). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. APHA, Washington, D.C..
- Ashley, R.; Cardoso, A.; Duarte, P.; Matos, R.; Molinari, A.; Schulz, A. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de águas residuais. Guias técnicos* International Water Association (IWA), LNEC/IRAR. Lisboa. ISBN 9729935432
- Alves, C., (2007). Tratamento de Águas de Abastecimento, Publindustria, 400 pp. Association (IWA), LNEC/IRAR. Lisboa.
- Bastos, P.; Afonso, L.; Braga, A. (2011). ETA de S. Jorge: da Conceção à Construção. In: Encontro Nacional de Saneamento Básico / XIV Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (SILUBESA), 27-29 Outubro, Porto, Portugal.
- Bastos, R. K. X.; Bezerra, N.R; Bevilacqua, P.D. (2007). Planos de Segurança da Água: Novos Paradigmas em Controle de Qualidade da Água para Consumo Humano em Nítida Consonância com a Legislação Brasileira. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., Belo Horizonte/MG.
- Bernardo, L. DI; Paz, L. P. S., (2010). Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: LDiBe.
- Brito A., et al, (2012). Tratamento de água para consumo humano e uso industrial, Publindustria, 243 pp.

- Coba, Engico, (2004). Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Minho e Lima. Projeto das Infraestruturas de Captação, Tratamento e Reserva do Subsistema de S.Jorge. ETA DE S. Jorge – Estudo Prévio.
- Crotty, P. (2003). *Selection and definition of performance indicators for water and wastewater utilities*. American Water Works Association Research Foundation, USA.
- Despacho nº 14391/2001, de 24 de maio, relativo ao regime jurídico do licenciamento e da fiscalização do exercício da atividade das unidades privadas de diálise.
- Diário da República, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Decreto-lei nº 306/2007 de 27 de agosto, 19pp.
- Diário da República, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Decreto-lei nº 243/2001 de 05 de setembro, 12pp.
- Diário da República, Ministério do Ambiente, Decreto-lei nº 236/98 de 1 de agosto, 47 pp.
- EBC, E. B.-o. (2013). Learning from International Best Practices. The Netherlands.
- ERSAR, (2010). URL: <http://www.ersar.pt/website/>, consultado a 20-10-2014.
- ERSAR, & LNEC. (2009). Guia Técnico nº12 - Sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores - 1.ª Geração do sistema de indicadores de qualidade de serviço. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- Fabregas, C. A. (2006). *Aplicación de indicadores de sostenibilidad a Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales de poblaciones rurales de Portugal*. Projecto ICREW – Improving Coastal and Recreational Waters. Universidade Politècnica da Catalunya, Barcelona.
- Freitas, A. G.; Oliveira, D. C.; Bastos, R. K. X. (2004). Intervenções de melhoria e controle da qualidade da água para consumo humano. Estudo de caso da ETA UFV. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFV, 14., 2004, Viçosa. Anais. Viçosa, UFV.
- Ghiggi F., (2011). Tratamento de Águas para consumo doméstico com membranas de ultrafiltração, Universidade Federal Do Rio Grande do Sul.
- IBNET - *The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* - [Web Page] «(2005 www.ib-net.org)», consultado a 20-10-2014.
- Libânio, M. (2010). Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo.
- Marques, R. (1999). Avaliação e gestão de empreendimentos de abastecimento de água. Coimbra: Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

- Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A., Schulz, A. (2003). *Performance indicators for wastewater services*. Manual of Best Practices Series. IWA Publishing, London. ISBN 19002229006.
- Molinari, A. J. (2005). *Manual de indicadores de gestión para agua potable y alcantarillado*. Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de Las Ameritas.
- Morais, C. (2013). Plano de Segurança da água para consumo humano – Subsistema de abastecimento de água de S. Jorge, 74 pp.
- OFWAT (2005). *Levels of service for the water industry in England & Wales. 2004-2005 report*. Office of Water Services, UK.
- OFWAT. (2012a). Delivering proportionate and targeted regulation – Ofwat’s risk-based approach.
- OFWAT. (2012b). *Key performance indicators - guidance*. Birmingham: OFWAT.
- ONU (2002). *Desafio Global, Oportunidade Global*. ONU, Nova York.
- Pádua, V. L. DE; Ferreira, A. C. DA S., (2006). Qualidade da água para consumo humano. In: Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: UFMG.
- PEAASAR II, Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais, Relatório de Acompanhamento 2008, 2009, 31 pp.
- Recomendação ERSAR nº 01/2011, Método alternativo Colilert-18/ Quanti-Tray para a pesquisa e a quantificação de bactérias coliformes e Escherichia Coli na água destinada ao consumo humano.
- Resolução do Conselho de Ministros nº 27/2004, 8 Março 2004.
- Salvetti, M. (2012). EAU FRANCE - Panorama des services et leurs performances. Office national de l’eau et des milieux aquatiques (Onema).
- Sanina, P. (2010). Metodologia para a gestão de infraestruturas de abastecimento de água com base na avaliação do desempenho, Dissertação elaborada no LNEC para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa.
- Silva, A. (2006). Proposta Variante I, 315 pp.
- Silva, A. (2011). Manual de Exploração e Manutenção da ETA de S. Jorge – Projeto das Infraestruturas de Captação, Tratamento e Reserva do Subsistema de S. Jorge, 252 pp.
- Stahre, P., Adamsson, J. (2004). *Performance benchmarking. A powerful management tool for water and wastewater utilities*. Watermarque, Suíça.

- Vieira, P. (2009). Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água para consumo humano. Tese de Doutoramento em Ciências e Tecnologias do Ambiente, Especialidade de Tecnologias do Ambiente. Universidade do Algarve. Faro.
- Vieira, P., Alegre, H., Rosa, M.J. (2007). *Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água - Revisão do estado da arte e proposta de sistema de avaliação de desempenho*. Relatório 215/2007 – NES, LNEC, Lisboa.
- Vieira, P., Silva, C., Rosa, M.J., Alegre, H., Lucas, H., Sancho, R., Ramalho, P. (2008a). Indicadores de desempenho para ETA – teste e validação num caso de estudo. In *Actas do 13.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Covilhã, 14-17 Outubro.
- Vieira, P., Rosa, M.J., Alegre, H., Lucas, H. (2008b). Metodologia para avaliação de desempenho operacional de ETA. In *Actas do 13.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Covilhã, 14-17 Outubro.
- Vieira, P., Quadros, S., Pimentel, F., Rosa, M.J., Alegre, H. (2006). Estações de Tratamento de Água e de Águas Residuais: caracterização da situação nacional.
- Wolf, A. (1997). Water Wars' and Water Reality: Conflict and Cooperation along International Waterways. In *International Water Management in the 21st Century*, Valencia, 18-20 Dezembro.
- World Bank (1994). *World Development Report 1994: Infrastructure for Development*. Oxford University Press, New York.
- World Bank (2006). *IBNET indicator definitions*. World Bank, Washington.

ANEXO 1

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE ETA (MINISTÉRIO DO AMBIENTE)

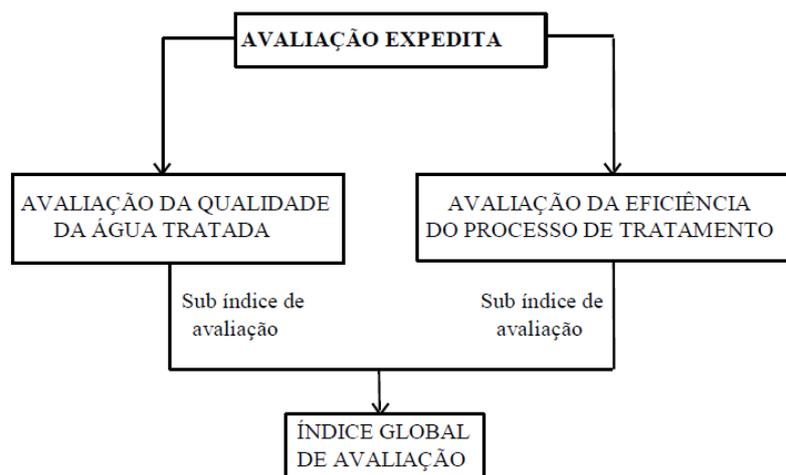
Metodologia:

A metodologia de avaliação do funcionamento de estações de tratamento de águas para abastecimento de águas para abastecimento público, aplica-se aos esquemas de tratamento tipo associados às diferentes qualidades de água.

Considerando que prevalece uma carência de informação sobre o funcionamento geral das ETA, esta metodologia permite fazer uma avaliação expedita, com base na qualidade da água tratada e na eficiência de tratamento, ou uma avaliação técnica, incluindo também as características dos órgãos de tratamento e a qualidade da água tratada de uma forma mais detalhada.

Propõe-se a construção de um índice global de avaliação que será resultante de um somatório ponderado de dois subíndices: subíndice de qualidade da água tratada (I_{QA}), e subíndice de eficiência de tratamento (I_{EF}): sendo estes avaliados através da definição de classes de qualidade, às quais corresponde um valor numérico:

- Classes de qualidade para I_{QA} : Mau-0, Insuficiente-1, Razoável-2 e Bom-3
- Classes de qualidade para I_{EF} : Mau-0, Razoável-1 e Bom-2



- **Subíndice de qualidade da água tratada (I_{QA})**

Para cada tipo de água, seleccionou-se um conjunto de parâmetros, considerados relevantes em termos de saúde pública, aos quais se fez corresponder um valor

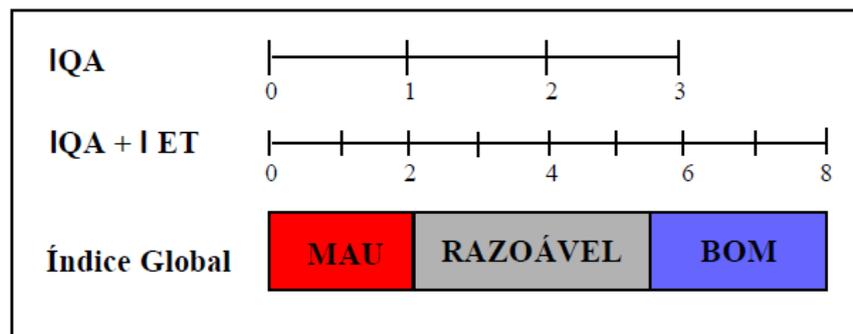
recomendado e um valor limite. À gama de valores associaram-se padrões, aos quais se atribuiu classificações numéricas de 0 a 5, correspondendo o valor 0 à situação mais desfavorável e o 5 à melhor. A cada parâmetro atribui-se um peso, por forma a valorizar a sua importância em termos de saúde pública. Ao somatório do produto do valor numérico de cada padrão pelo peso do respetivo parâmetro, corresponde um valor numérico ao qual é atribuída uma classe de qualidade.

- **Subíndice de eficiência de tratamento (I_{ET})**

Para cada tipo de água, selecionam-se os parâmetros mais significativos na avaliação do processo de tratamento, e atribuíram-se valores máximos e mínimos de eficiência em função do esquema de tratamento instalado. Tal como para o cálculo do subíndice I_{QA} , associaram-se padrões à gama de valores de eficiências, aos quais se atribuíram classificações numéricas de 0 a 5, correspondendo o valor 0 à situação mais desfavorável e o 5 à melhor. O valor do subíndice é calculado da mesma forma que o anterior.

- **Cálculo do índice global de qualidade**

O índice global de qualidade é obtido através do somatório ponderado dos dois subíndices, atribuindo um peso 2 ao I_{QA} .



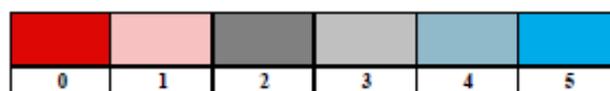
Modo de utilização:

- 1- Marca-se na escala do I_{QA} , o valor correspondente a este subíndice.
- 2- Projeta-se esse valor na escala do $I_{QA} + I_{ET}$ e adiciona-se o valor do I_{ET} .
- 3- O valor encontrado é o índice global, a que corresponde uma indicação de qualidade.

Tabelas utilizadas:

AGUAS SUPERFICIAIS DE CLASSE A1, A2 e A3 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA AGUA TRATADA							
Parâmetros	VA ←-----→ VL				Peso do Parâmetro		
Organoléticos							
Turvação (mg/l escala SiO ₂)	< 1	2,5	5,0	7,5	> 10	4	
Cor (mg/l escala Pt/Co)	< 1	5	10	15	> 20	3	
Cheiro (Taxa de diluição)	(12°C)	0	0,5	1,0	1,5	> 2	2
	(25°C)	0	0,75	1,5	2,25	> 3	
Sabor (Taxa de diluição)	(12°C)	0	0,5	1,0	1,5	> 2	3
	(25°C)	0	0,75	1,5	2,25	> 3	
Físico-Químicos							
Temperatura (°C)	< 12			22	> 25	1	
pH (Escala sorensen)	< 6,5	8,0			> 9,5	3	
Relativos a substâncias indesejáveis							
Nitratos (mg/l NO ₃)	< 25	31,25	37,5	43,7	> 50	4	
Azoto amoniacal (mg/l NH ₄)	< 0,05	0,16	0,28	0,40	> 0,5	3	
Oxidabilidade (mg/l O ₂)	< 2	2,75	3,5	4,25	> 5	5	
Cloro residual livre (mg/l HOCl)	VmR ←-----→ VL					5	
	pH - 6,0 a 8,0	< 0,2	0,3		> 0,5		
pH = 8,0	< 0,6	0,7			> 1		

Classificação a atribuir a cada padrão



Legenda:

VA - Valor aconselhável
 VL - Valor limite
 VmR - Valor mínimo recomendado

Subíndice para avaliação da qualidade da água tratada				
Mau	Insuficient		Razoáv	Bom
0	33	60	140	164
0	1	2	3	

ÁGUAS SUPERFICIAIS DE CLASSE A3 - AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO						
Parâmetro	Água Bruta	Água Tratada	EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO (%)			Peso do Parâmetro
			Ef. mínima admissível		Ef. máxima esperada	
Turvação			< 50	60 70 80	90 > 90	2
Cor			< 80	82,5 85 87,5	90 > 90	1
Oxidabilidade			< 60	67,5 75 82,5	90 > 90	3

Classificação a atribuir a cada padrão



Subíndice para avaliação do processo de tratamento

Mau	Razoável	Bom
0	12	24 30
0	1	2

ANEXO 2

PCQAP – SUBSISTEMA DA ETA DE S. JORGE

Elaboração de Ferramentas para Avaliar a Eficiência de Tratamento de uma ETA – ETA de S. Jorge

SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE
Etapa: TRATAMENTO
Elemento do Sistema: T1 Captação de água bruta
Ponto de Controlo: T1.1 Tomada de água
Local: Albufeira de Touvedo (junto à captação de S. Jorge) – Água tipo A1 excepto para o parâmetros bacteriológicos (A2)

CONTROLO – PCQP										AÇÕES		Observações
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados	Ações gerais	Respons.		
Produto/Operação: Água bruta												
pH	E. Sorensen]5,5;9,0[S/ limite	Bi-semanal	104	DOP	Medidor de pH	Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Procedimentos e instruções da DOP associados a cada uma das análises	A DOP faz o registo no ficheiro Gestão de Alertas no Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações e comunica ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação detectada.	DOP		
Turvação	NTU	S/ limite	S/ limite				Medidor de turvação					Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima
Azoto amoniacal	mg/L NH4	> 1.0	> 1.5	Semanal	52	Laboratório de AdNw	EAM	CC Captação Decreto-Lei n.º 236/98 Procedimentos e instruções do Laboratório associados a cada uma das análises Software de gestão do laboratório: Nautilus Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Cávado	O Laboratório faz o registo no Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações e comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (não conformidade). O Laboratório comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (oportunidade de melhoria). A DOP regista a constatação (oportunidade de melhoria) no ficheiro Gestão de Alertas. A DOP define as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e fecho. Se necessário, é convocada uma reunião para análise e discussão das causas. O Planeamento e Reporte faz a comunicação do cumprimento do PCQA ao CA com uma periodicidade mensal.	DOP	(2) A realizar quando a turvação > 6NTU.	
Cheiro	F. diluição a 25°C	S/ limite	S/ limite				Diluição Suc.					
Condutividade	µS/cm (20°C)	> 65	S/ limite				Conduímetria					
Cor	mg/L Pt-Co	> 10	> 100				EAM					
pH	E. Sorensen]6,5;8,5[]5,5;9,0[Potenciometria					
Sólidos suspensos totais (2)	mg/L	> 25	S/ limite				Filt/Sec 103-105°C					
Temperatura	°C	S/ limite	S/ limite				Termometria					
Turvação	NTU	> 30	S/ limite				Turbidimetria					
UV 254	nm	> 0.100	S/ limite				EAM					
Alcalinidade	mg/L CaCO3	S/ limite	S/ limite				Potenciometria/titlimetria					
Alumínio	mg/L Al	> 0.200	S/ limite				EAA-Grafite					
Carência química de oxigénio	mg/L O ₂	> 20	S/ limite				Análise externa					
Coliformes fecais (A2)	ufc/100 mL	> 2000	S/ limite				Filt. membrana					
Coliformes totais (A2)	ufc/100 mL	> 10000	S/ limite				Filt. membrana					
E.coli	ufc/100 mL	S/ limite	S/ limite				Filt. membrana					
Ferro dissolvido	mg/L Fe	> 0.1	> 0.3				EAM					
Fosfatos	mg/L P ₂ O ₅	> 0.8	S/ limite				CIA					
Nitratos	mg/L NO ₃	> 5	> 50	CIA								
Subst. tensoactivas	mg/L, sulfato lauril sódio	> 0.2	S/ limite	Análise externa								
Carbono orgânico dissolvido	mg/L C	> 3	S/ limite	Combustão e Infravermelhos								
Carbono orgânico total	mg/L C	S/ limite	S/ limite	Combustão e Infravermelhos								
Carência bioquímica de oxigénio	mg/L O ₂	> 3	S/ limite	Análise externa								
Clostridium perfringens	ufc/100 mL	> 6350	S/ limite	Filt. membrana								
Cryptosporidium	oocistos/10L	> 1000	S/ limite	Análise externa								
Dureza	mg/L CaCO ₃	S/ limite	S/ limite	Cálculo								
Cálcio	mg/L Ca	S/ limite	S/ limite	EAA-Chama								
Estreptococos fecais	n./100 mL	> 1000	S/ limite	Filt. membrana								
Índice de Fenol	mg/L C ₆ H ₅ OH	> 0.001	> 0.005	Análise externa								
Giardia	cistos/10L	> 350	S/ limite	Análise externa								
Hidroc. dissolv. ou emulsionados	mg/L	> 0.05	> 0.2	Análise externa								
Oxidabilidade	mg/L O ₂	> 3.0	S/ limite	Titulimetria								
Oxigénio dissolvido	% saturação O ₂	< 70	< 50	Mét. Winkler								
SUVA (UV 254/COD)	L/(mg.m)	S/ limite	S/ limite	Cálculo								
Identif e quant. de fitoplancton (1)	n.º células/mL	S/ limite	S/ limite	Análise externa								
Cianobactérias (1)	n.º células/mL	> 1500	> 2000	Análise externa								
Aspecto	---	S/ limite	S/ limite	---								
Fósforo total	mg/L P	S/ limite	S/ limite	Análise externa								
				Mensal/Quinzenal (1)	20							
				6x/ano (Outono, Inverno e Primavera e 3x no	6							

CONTROLO – PCQP						AÇÕES			Observações		
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados		Ações gerais	Respons.
Clorofila a	mg/m3	S/ limite	S/ limite	Verão)			Análise externa				(*) Cimoxanil
Azoto Kjeldahl	mg/L N	> 1	S/ limite				Análise externa				
Brometos	mg/L	S/ limite	S/ limite				CIA				
Cloretos	mg/L Cl	> 200	S/ limite				CIA				
Cobre	mg/L Cu	> 0.05	S/ limite	Semestral	2		EAA-Grafite				
Manganés	mg/L Mn	> 0.10	S/ limite				EAA-Grafite				
Sulfatos	mg/L SO ₄	> 150	> 250				CIA				
Zinco	mg/L Zn	> 1.0	> 5.0				Análise externa				
Arsénio	mg/L As	S/ limite	> 0.05				EAA-Grafite				
Bário	mg/L Ba	S/ limite	> 1.0				Análise externa				
Boro	mg/L B	> 1.0	S/ limite				Análise externa				
Cádmio	mg/L Cd	> 0.001	> 0.005				EAA-Grafite				
Cianetos	mg/L CN	S/ limite	> 0.05				Análise externa				
Chumbo	mg/L Pb	S/ limite	> 0.01				EAA-Grafite				
Crómio total	mg/L Cr	S/ limite	> 0.05				Análise externa				
Fluoretos	mg/L F	>0.7	S/ limite				CIA				
Hidroc. Aromát. polinucleares (5)	µg/L	S/ limite	> 0.2				HPLC				
Mercurio	mg/L Hg	> 0.0005	> 0.0010				EAA-Grafite				
Salmonelas	---	Ausência em 1000 mL	S/ limite	Anual	1		Análise externa				
Selénio	mg/L Se	S/ limite	> 0.01				EAA-Grafite				
Subst. extraíveis com clorofórmio	mg/L	> 0.1	S/ limite				Análise externa				
Berílio	mg/L Be	S/ limite	S/ limite				Análise externa				
Cloro orgânico total extraível	mg/L Cl	S/ limite	S/ limite				Análise externa				
Cobalto	mg/L Co	S/ limite	S/ limite				Análise externa				
Níquel	mg/L Ni	S/ limite	S/ limite				EAA-Grafite				
Silica	mg/L SiO ₂	S/ limite	S/ limite				Análise externa				
Vanádio	mg/L V	S/ limite	S/ limite				Análise externa				
Potencial total de THM'S (3)	mg/L	S/ limite	S/ limite				Análise externa				
Pesticidas totais (*)	µg/L	S/ limite	S/ limite				Análise externa				

SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE
Etapa: TRATAMENTO
Elemento do Sistema: T3 Pré-Oxidação
Ponto de Controlo: T3.2 Torres de contacto de ozono
Local: À saída das torres de pré-ozonização

CONTROLO – PCQP										AÇÕES		Observações
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados	Ações gerais	Respons.		
Produto/Operação: Água em tratamento												
Ozono residual	mg/L	< 0,06	S/ limite	Diário	250	DOP	Testes de ozono					
UV 254	nm	S/ limite	S/ limite	Semanal	52	Laboratório da AdNw	EAM	Procedimentos e instruções do Laboratório associados a cada uma das análises Software de gestão do laboratório: <i>Nautilus</i> Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	O Laboratório da AdNw comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (não conformidade ou oportunidade de melhoria). A DOP regista a constatação. Se for uma não conformidade (violação de um LC), o registo é efectuado no ficheiro de Controlo de Constatações e Ações; se for uma oportunidade de melhoria (violação de um LA), o registo é efectuado no ficheiro Gestão de Alertas. A DOP define as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e fecho. Se necessário, é convocada uma reunião para análise e discussão das causas. O Planeamento e Reporte faz a comunicação do cumprimento do PCQA ao CA com uma periodicidade mensal.	DOP Laboratório da AdNw	(1) A periodicidade nos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro será quinzenal. Sempre que o número de cianobactérias seja superior a 2000 células/mL, fazer pesquisa de toxinas.	
Coliformes fecais	ufc/100 mL	S/ limite	S/ limite				Filt. membrana					
Coliformes totais	ufc/100 mL	S/ limite	S/ limite				Filt. membrana					
Bromatos	µg/L	S/ limite	S/ limite				CIA					
Identif e quant. de fitoplancton (1)	n.º células/mL	S/ limite	S/ limite	Mensal /Quinzenal	20		Análise externa					
Cianobactérias (1)	N.º células/mL	S/ limite	S/ limite				Análise externa					

SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE
Etapa: TRATAMENTO
Elemento do Sistema: T5 Coagulação/adsorção/floculação
Ponto de Controlo: T5.1 Doseamento de coagulante
Local: Câmaras de mistura rápida

CONTROLO – PCQP									AÇÕES		Observações
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados	Ações gerais	Respons.	
Produto/Operação: Água em tratamento											
pH	E. Sorensen	]6.2;7.5[	S/ limite	Diário	250	DOP	Medidor de pH	Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Parametrização da Supervisão Procedimentos e instruções da DOP associados a cada uma das análises Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	A DOP faz o registo no ficheiro Gestão de Alertas ou no Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações e comunica ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação detectada. A DOP define quais as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e respectivo fecho. Sempre que necessário é efectuado o pedido de trabalho à DIF para resolução do problema.	DOP	

SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE
Etapa: TRATAMENTO
Elemento do Sistema: T6 Flotação
Ponto de Controlo: T6.1 Flotadores
Local: À saída dos flotadores

CONTROLO – PCQP							AÇÕES		Observações	
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados		Ações gerais	Respons.
Produto/Operação: Água em tratamento										
Turvação	NTU	S/ limite	S/ limite	Diário	365	DOP	Medidor de turvação	Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Parametrização da Supervisão Procedimentos e instruções da DOP associados a cada uma das análises Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	A DOP faz o registo no ficheiro Gestão de Alertas ou no Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações e comunica ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação detectada. A DOP define quais as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e respectivo fecho. Sempre que necessário é efectuado o pedido de trabalho à DIF para resolução do problema.	DOP
pH	E. Sorensen	S/ limite	S/ limite	Semanal	52	Laboratório da AdNw	Potenciometria	Procedimentos e instruções do Laboratório associados a cada uma das análises Software de gestão do laboratório: <i>Nautilus</i> Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	O Laboratório da AdNw comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (não conformidade ou oportunidade de melhoria). A DOP regista a constatação. Se for uma não conformidade (violação de um LC), o registo é efectuado no ficheiro de Controlo de Constatações e Ações; se for uma oportunidade de melhoria (violação de um LA), o registo é efectuado no ficheiro Gestão de Alertas. A DOP define as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e fecho. Se necessário, é convocada uma reunião para análise e discussão das causas. O Planeamento e Reporte faz a comunicação do cumprimento do PCQA ao CA com uma periodicidade mensal.	DOP Laboratório da AdNw
Turvação	NTU	> 2.5	S/ limite				Turbidimetria			

SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE
Etapa: TRATAMENTO
Elemento do Sistema: T7 Filtração
Ponto de Controlo: T7.1 Filtração rápida em filtros de areia
Local: Cisterna de água filtrada

CONTROLO – PCQP								AÇÕES		Observações
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados	Ações gerais		Respons.
Produto/Operação: Água em tratamento										
pH	E. Sorensen	S/ limite	S/ limite	Diário	365	DOP	Medidor de pH	Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Parametrização da Supervisão Procedimentos e instruções da DOP associados a cada uma das análises Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	A DOP faz o registo no ficheiro Gestão de Alertas ou no Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações e comunica ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação detectada. A DOP define quais as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e respectivo fecho. Sempre que necessário é efectuado o pedido de trabalho à DIF para resolução do problema.	DOP
Turvação	NTU	> 0.5	S/ limite				Medidor de turvação			
pH	E. Sorensen	S/ limite	S/ limite	Semanal	52	Laboratório de AdNw	Potenciometria	Procedimentos e instruções do Laboratório associados a cada uma das análises Software de gestão do laboratório: <i>Nautilus</i> Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	O Laboratório de AdNw comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (não conformidade ou oportunidade de melhoria). A DOP regista a constatação. Se for uma não conformidade (violação de um LC), o registo é efectuado no ficheiro de Controlo de Constatações e Ações ; se for uma oportunidade de melhoria (violação de um LA), o registo é efectuado no ficheiro Gestão de Alertas. A DOP define as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e fecho. Se necessário, é convocada uma reunião para análise e discussão das causas. O Planeamento e Reporte faz a comunicação do cumprimento do PCQA ao CA com uma periodicidade mensal.	DOP Laboratório de AdNw
Turvação	NTU	> 0.5	S/ limite				Turbidimetria			
Alumínio	µg/L Al	> 100	S/ limite				EAA-Grafite			
Coliformes fecais	ufc/100 mL	S/ limite	S/ limite				Filt. membrana			
Coliformes totais	ufc/100 mL	S/ limite	S/ limite				Filt. membrana			

SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE
Etapa: TRATAMENTO
Elemento do Sistema: T8 Desinfecção
Ponto de Controlo: T8.1 Doseamento de cloro
Local: RR1

CONTROLO – PCQP									AÇÕES		Observações
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados	Ações gerais	Respons.	
Produto/Operação: Água em tratamento											
Cloro residual livre	mg/L Cl ₂	]0.6;1.2[	S/ limite	Diário	365	DOP	Medidor de cloro	Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Parametrização da Supervisão Procedimentos e instruções da DOP associados a cada uma das análises Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	A DOP faz o registo no ficheiro Gestão de Alertas do COP Lima ou no Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações e comunica ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação detectada. A DOP define quais as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e respectivo fecho. Sempre que necessário é efectuado o pedido de trabalho à DIF para resolução do problema.	DOP	

SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE
Etapa: TRATAMENTO
Elemento do Sistema: T9 Tratamento de Afição
Ponto de Controlo: T9.1 Produção e doseamento de água de cal
Local: RR1

CONTROLO – PCQP									AÇÕES		Observações
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados	Ações gerais	Respons.	
Produto/Operação: Água em tratamento											
pH (6)	E. Sorensen	Sem limite	]6,5;9[	Diário	365	DOP	Medidor de pH	Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Parametrização da Supervisão Procedimentos e instruções da DOP associados a cada uma das análises Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	A DOP faz o registo no ficheiro Gestão de Alertas do COP Lima ou no Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações e comunica ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação detectada. A DOP define quais as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e respectivo fecho. Sempre que necessário é efectuado o pedido de trabalho à DIF para resolução do problema.	DOP	(6) A constatação só será registada se o valor for superior a 9,5

SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE
Etapa: Tratamento
Elemento do Sistema: T4 Armazenamento de água tratada
Ponto de Controlo: T4.1 Reserva de água tratada
Local: RRI

CONTROLO – PCQP							AÇÕES		Observações		
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados		Ações gerais	Respons.
Produto/Operação: Água tratada											
Azoto amoniacal	mg/L NH ₄	S/ limite	>0.5	Semanal	52	Laboratório de AdNw	EAM	Procedimentos e instruções do Laboratório da AdNw associados a cada uma das análises Software de gestão do Laboratório da AdNw: <i>Nautilus</i> Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	O Laboratório da AdNw comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (não conformidade ou oportunidade de melhoria). A DOP regista a constatação. Se for uma não conformidade (violação de um LC), o registo é efectuado no ficheiro de Controlo de Constatações e Ações ; se for uma oportunidade de melhoria (violação de um LA), o registo é efectuado no ficheiro Gestão de Alertas. A DOP define as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e fecho. Se necessário, é convocada uma reunião para análise e discussão das causas. O Planeamento e Reporte faz a comunicação do cumprimento do PCQA ao CA com uma periodicidade mensal.	DOP Laboratório de AdNw	(6) A constatação só será registada se o valor for superior a 9,5
Bactérias coliformes	ufc/100 mL	S/ limite	>0								
Cloro livre (local)	mg/L Cl ₂	]0,5;1,2[	S/ limite						
<i>E.coli</i>	ufc/100 mL	S/ limite	>0								
Tri-halometanos (3)	mg/L	S/ limite	>100								
pH (6)	E. Sorensen	]6,5;9[	S/ limite						
Turvação	NTU	> 0,8	> 1,0								
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	S/ limite	S/ limite								
Alumínio	µg/L Al	S/ limite	S/ limite								
Cheiro	F. diluição a 25°	S/ limite	>3								
<i>Clostridium perfringens</i>	ufc/100 mL	S/ limite	>0								
Condutividade	µS/cm (20°C)	S/ limite	S/ limite								
Cor	mg/L Pt-Co	S/ limite	S/ limite								
Enterococos	ufc/100 mL	S/ limite	>0								
Ferro	µg/L Fe	S/ limite	>200								
Nitratos	mg/L NO ₃	S/ limite	>50								
Nº colónias a 22°C	ufc/mL	S/ limite	S/ limite								
Nº colónias a 37°C	ufc/mL	S/ limite	S/ limite								
Sabor	F. diluição a 25°C	S/ limite	>3								
UV 254	Nm	S/ limite	S/ limite								
Cálcio	mg/L Ca	S/ limite	S/ limite	Semestral	2	Laboratório de AdNw	EAA-Chama	Procedimentos e instruções do Laboratório da AdNw associados a cada uma das análises Software de gestão do Laboratório da AdNw: <i>Nautilus</i> Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	O Laboratório da AdNw comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (não conformidade ou oportunidade de melhoria). A DOP regista a constatação. Se for uma não conformidade (violação de um LC), o registo é efectuado no ficheiro de Controlo de Constatações e Ações ; se for uma oportunidade de melhoria (violação de um LA), o registo é efectuado no ficheiro Gestão de Alertas. A DOP define as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e fecho. Se necessário, é convocada uma reunião para análise e discussão das causas. O Planeamento e Reporte faz a comunicação do cumprimento do PCQA ao CA com uma periodicidade mensal.	DOP Laboratório de AdNw	(5)HPA: Benzo(b)fluranteno Benzo(k)fluranteno Benzo(ghi)pirileno Indeno(1,2,3-cd)pireno
Carbono orgânico dissolvido	mg/L	S/ limite	S/ limite								
Dureza total	mg/L CaCO ₃	S/ limite	S/ limite								
Identif. e quant. de fitoplancton	células/mL	S/ limite	S/ limite								
Cianobactérias	células/mL	S/ limite	S/ limite								
Nitritos	mg/L NO ₂	S/ limite	>0,5								
Manganês	µg/L Mn	S/ limite	>50								
Oxidabilidade	mg/L O ₂	S/ limite	>5								
1,2-dicloroetano	µg/L	S/ limite	>3	Anual	1	Laboratório de AdNw	Análise externa	Procedimentos e instruções do Laboratório da AdNw associados a cada uma das análises Software de gestão do Laboratório da AdNw: <i>Nautilus</i> Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	O Laboratório da AdNw comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (não conformidade ou oportunidade de melhoria). A DOP regista a constatação. Se for uma não conformidade (violação de um LC), o registo é efectuado no ficheiro de Controlo de Constatações e Ações ; se for uma oportunidade de melhoria (violação de um LA), o registo é efectuado no ficheiro Gestão de Alertas. A DOP define as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e fecho. Se necessário, é convocada uma reunião para análise e discussão das causas. O Planeamento e Reporte faz a comunicação do cumprimento do PCQA ao CA com uma	DOP Laboratório de AdNw	(5)HPA: Benzo(b)fluranteno Benzo(k)fluranteno Benzo(ghi)pirileno Indeno(1,2,3-cd)pireno
Antimónio	µg/L Sb	S/ limite	>5								
Arsénio	µg/L As	S/ limite	>10								
Benzeno	µg/L	S/ limite	>1								
Benzo(a)pireno	µg/L	S/ limite	>0,010								
Boro	mg/L B	S/ limite	>1								
Bromatos	µg/L	S/ limite	>10								
Cádmio	µg/L Cd	S/ limite	>5								
Chumbo	µg/L Pb	S/ limite	>10								
Cianetos	µg/L CN	S/ limite	>50								
Cloretos	mg/L Cl	S/ limite	>250								
Cobre	mg/L Cu	S/ limite	>2								

CONTROLO – PCQP								AÇÕES		Observações
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados	Ações gerais		Respons.
Crômio	µg/L Cr	S/ limite	>50				Análise externa		periodicidade mensal.	
<i>Cryptosporidium</i>	oocistos/L	S/ limite	>0				Análise externa			
Fluoretos	mg/L F	S/ limite	>1.5				CIA			
<i>Giardia</i>	cistos/L	S/ limite	>0				Análise externa			
HPA (5)	µg/L	S/ limite	>0,10				HPLC			
Mercurio	µg/L Hg	S/ limite	>1				EAA-Grafite			
Níquel	µg/L Ni	S/ limite	>20				EAA-Grafite			
Selênio	µg/L Se	S/ limite	>10				EAA-Grafite			
Sódio	mg/L Na	S/ limite	>200				EAA-Chama			
Sulfatos	mg/L SO4	S/ limite	>250				CIA			
Tetracloroeteno e Tricloroeteno	µg/L	S/ limite	>10				Análise externa			

SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE
Etapa: ADUÇÃO
Elemento do Sistema: A1 Adução de água tratada
Ponto de Controlo: A1.3 Reservatórios de água tratada / A1.4 Pontos de entrega
Local: Pontos de entrega

CONTROLO – PCQP								AÇÕES		Observações	
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados	Ações gerais		Respons.
Produto/Operação: Água em tratamento											
pH	E. Sorensen	S/ limite	]6,5;9,0[	3 vezes por semana	156	DOP	Medidor de pH	Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Procedimentos e instruções da DOP associados a cada uma das análises Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	A DOP faz o registo no ficheiro Gestão de Alertas ou no Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações e comunica ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação detectada. A DOP define quais as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e respectivo fecho. Sempre que necessário é efectuado o pedido de trabalho à DIF para resolução do problema.	DOP	
Turvação	NTU	> 1.0	> 4.0				Medidor de turvação				
Cloro residual livre	mg/L Cl2	]0,3;0,8[	S/ limite				Medidor de cloro				
pH (6)	E. Sorensen	S/ limite	]6,5;9[	Complementar a CRI	De acordo com a frequência definida no PCQA online	Laboratório da AdNw	Potenciometria	Procedimentos e instruções do Laboratório da AdNw associados a cada uma das análises Software de gestão do Laboratório da AdNw: <i>Nautilus</i> Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	O Laboratório da AdNw comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (não conformidade ou oportunidade de melhoria). A DOP regista a constatação. Se for uma não conformidade (violação de um LC), o registo é efectuado no ficheiro de Controlo de Constatações e Ações ; se for uma oportunidade de melhoria (violação de um LA), o registo é efectuado no ficheiro Gestão de Alertas. A DOP define as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e fecho. Se necessário, é convocada uma reunião para análise e discussão das causas. O Planeamento e Reporte faz a comunicação do cumprimento do PCQA ao CA com uma periodicidade mensal.	DOP Laboratório da AdNw	(6) A constatação será registada se o valor for superior a 9,5
Turvação	NTU	> 1.0	> 4.0				Turbidimetria				
Cloro livre (local)	mg/L Cl2	]0,3;0,8[	S/ limite	Adicional a CRI, CR2 e C	---	Colorimétrico					
Bactérias coliformes	ufc/100 mL	S/ limite	> 0			Filt. membrana					
<i>E.coli</i>	ufc/100 mL	S/ limite	> 0			Filt. membrana					

SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE S. JORGE
Etapa: ADUÇÃO
Elemento do Sistema: A1.3 Adução de água tratada
Ponto de Controlo: A1.3 Reservatórios de água tratada / A1.4 Pontos de entrega
Local: Pontos de entrega

CONTROLO – PCQA				AÇÕES		Observações					
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras		Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados	Ações gerais	Respons.
Produto/Operação: Água tratada											
<i>E.coli</i>	ufc/100 mL	S/ limite	> 0	De acordo com o PCQA online	De acordo com o PCQA online	Laboratório de AdNw	Filt. membrana	Decreto-Lei n.º 306/2007 Procedimentos e instruções do Laboratório da AdNw associados a cada uma das análises Software de gestão do Laboratório da AdNw: <i>Nautilus</i> Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	O Laboratório da AdNw comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (não conformidade ou oportunidade de melhoria). A DOP regista a constatação. Se for uma não conformidade (violação de um LC), o registo é efectuado no ficheiro de Controlo de Constatações e Ações; se for uma oportunidade de melhoria (violação de um LA), o registo é efectuado no ficheiro Gestão de Alertas. A DOP define as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e fecho. Se necessário, é convocada uma reunião para análise e discussão das causas. O Planeamento e Reporte faz a comunicação do cumprimento do PCQA ao CA com uma periodicidade mensal. Em caso de incumprimentos relativamente a LC, o Planeamento e Reporte faz a comunicação às Autoridades Competentes: - Se o incumprimento for em parâmetros indicadores avisar as Autoridades de Saúde de forma expedita. - Se o incumprimento for em parâmetros obrigatórios, avisar a ERSAR e as Autoridades de Saúde.	DOP Laboratório de AdNw	Sempre que um novo reservatório de entrega entra em serviço deverá ser efectuada a monitorização da qualidade da água de acordo com o <i>Controlo de Rotina 2</i> (6) A constatação só será registada se o valor for superior a 9,5
Bactérias coliformes	ufc/100 mL	S/ limite	> 0								
Cloro livre (local)	mg/L Cl2	]0.3;0.8[	S/ limite						
Alumínio	µg/L Al	S/ limite	> 200								
Azoto amoniacal	mg/L NH4	S/ limite	> 0.5								
Nº colónias a 22°C	ufc/mL	>100	S/ limite								
Nº colónias a 37°C	ufc/mL	>100	S/ limite								
Condutividade	µS/cm (20°C)	S/ limite	> 2500								
<i>Clostridium perfringens</i>	ufc/100 mL	S/ limite	> 0								
Cor	mg/L Pt-Co	S/ limite	> 20								
pH (6)	E. Sorensen	S/ limite	]6,5;9[
Manganês	µg/L Mn	S/ limite	> 50								
Nitratos	mg/L NO3	S/ limite	> 50								
Oxidabilidade	mg/L O2	S/ limite	> 5								
Cheiro	F. diluição a 25°C	S/ limite	> 3								
Sabor	F. diluição a 25°C	S/ limite	> 3								
Turvação	NTU	> 1.0	> 4.0								
Antimónio	µg/L Sn	S/ limite	> 5								
Arsénio	µg/L As	S/ limite	> 10								
Benzeno	µg/L	S/ limite	> 1								
Benzo(a)pireno	µg/L	S/ limite	> 0.01								
Boro	mg/L B	S/ limite	> 1								
Bromato	µg/L	S/ limite	> 10								
Cádmio	µg/L Cd	S/ limite	> 5								
Cálcio	mg/L Ca	> 100	S/ limite								
Chumbo	µg/L Pb	S/ limite	> 25								
Cianetos	µg/L CN	S/ limite	> 50								
Cloretos	mg/L Cl	S/ limite	> 250								
Cobre	mg/L Cu	S/ limite	> 2								
Crómio	µg/L Cr	S/ limite	> 50								
1,2-dicloroetano	µg/L	S/ limite	> 3								
Dureza total	Mg/L CaCO3	S/ limite	S/ limite								
Fluoretos	mg/L F	S/ limite	> 1,5								
Magnésio	mg/L Mg	S/ limite	S/ limite								
Mercúrio	µg/L Hg	S/ limite	> 1								
Níquel	µg/L Ni	S/ limite	> 20								
Hidroc. Polic. Aromáticos (5)	µg/L	S/ limite	> 0.1								
Pesticidas total	µg/L	S/ limite	> 0.5								
Claretos	mg/L Cl	S/ limite	> 250	De acordo com o PCQA Online	De acordo com o PCQA Online	Laboratório de AdNw	Cálculo	Decreto-Lei n.º 306/2007 Procedimentos e instruções do Laboratório da AdNw associados a cada uma das análises Software de gestão do Laboratório da AdNw: <i>Nautilus</i> Ficheiro de Controlo de Constatações e Ações Ficheiro de Gestão de Alertas do COP Lima	O Laboratório da AdNw comunica por e-mail ao Coordenador do COP e ao Responsável do Abastecimento de Água a constatação (não conformidade ou oportunidade de melhoria). A DOP regista a constatação. Se for uma não conformidade (violação de um LC), o registo é efectuado no ficheiro de Controlo de Constatações e Ações; se for uma oportunidade de melhoria (violação de um LA), o registo é efectuado no ficheiro Gestão de Alertas. A DOP define as Ações a implementar, faz o seu acompanhamento e fecho. Se necessário, é convocada uma reunião para análise e discussão das causas. O Planeamento e Reporte faz a comunicação do cumprimento do PCQA ao CA com uma periodicidade mensal. Em caso de incumprimentos relativamente a LC, o Planeamento e Reporte faz a comunicação às	DOP Laboratório de AdNw	(5)HPA: Benzo(b)fluranteno Benzo(k)fluranteno Benzo(ghi)pirileno Indeno(1,2,3-cd)pireno (3)Tri-halometanos: Clorofórmio Diclorobromometano Dibromoclorometano Bromofórmio
Cianetos	µg/L CN	S/ limite	> 50								
Claretos	mg/L Cl	S/ limite	> 250								
Cobre	mg/L Cu	S/ limite	> 2								
Crómio	µg/L Cr	S/ limite	> 50								
1,2-dicloroetano	µg/L	S/ limite	> 3								
Dureza total	Mg/L CaCO3	S/ limite	S/ limite								
Fluoretos	mg/L F	S/ limite	> 1,5								
Magnésio	mg/L Mg	S/ limite	S/ limite								
Mercúrio	µg/L Hg	S/ limite	> 1								
Níquel	µg/L Ni	S/ limite	> 20								
Hidroc. Polic. Aromáticos (5)	µg/L	S/ limite	> 0.1								
Pesticidas total	µg/L	S/ limite	> 0.5								

CONTROLO – PQQA								AÇÕES		Observações
Parâmetro	Unidade	LA	LC	Frequência	N.º Amostras	Respons.	Método/Equipamento	Documentos associados	Ações gerais		Respons.
Cimoxanil	µg/L	S/ limite	> 0.1				Análise externa		Autoridades Competentes: - Se o incumprimento for em parâmetros indicadores avisar as Autoridades de Saúde de forma expedita. - Se o incumprimento for em parâmetros obrigatórios, avisar a ERSAR e as Autoridades de Saúde.	
Selénio	µg/L Se	S/ limite	> 10				EAA-Grafite			
Tetracloroeteno	µg/L	S/ limite	> 10				Análise externa			
Tricloroeteno	µg/L	S/ limite	> 10				Análise externa			
Tri-halometanos (THM's)	µg/L	> 70	> 100				Análise externa			
Sódio	mg/L Na	S/ limite	> 200				EAA-Chama			
Sulfatos	mg/L SO4	S/ limite	> 250				CIA			
Enterococos	ufc/100 mL	S/ limite	> 0				Filt. membrana			
Ferro	µg/L Fe	S/ limite	> 200				Esp. Abs. Mol.			
Nitritos	mg/L NO2	S/ limite	> 0.5				Esp. Abs. Mol.			

ANEXO 3

NORMAS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO/ VALORES PARAMÉTRICOS (DECRETO-LEI Nº 306/2007, DE 27 DE AGOSTO)

Parâmetro	Comentário	Valor Paramétrico
Controlo de Rotina 1		
Bacterias coliformes	Bactérias que se encontram largamente distribuídas no ambiente e dão uma medida muito sensível da qualidade microbiológica.	0 ufc/100 mL
<i>E. coli</i>	Bacterias indicadoras de contaminacao fecal.	0 ufc/100 mL
Desinfectante residual livre-cloro	O cloro e adicionado a agua para assegurar que esta fica isenta de bacterias patogénicas. Tem-se como objetivo evitar que existam altas concentrações de cloro residual livre no abastecimento, de forma a minimizar cheiro e sabor associados.	-
Controlo de Rotina 2		
Alumínio	Ocorre naturalmente em muitas origens de água. Os sais de alumínio podem ser usados no processo de tratamento da água sendo posteriormente removidos ao longo do processo.	200 µg/L Al
Amonio	Presente naturalmente em algumas origens de agua.	0,50 mg/L NH ₄
No de colonias a 22°C	As colonias detetadas a 22°C correspondem, geralmente as bacterias presentes naturalmente na água tendo pouco significado na saúde pública, podem no entanto ser de grande importância no controlo de qualidade de bebidas e alimentos.	Sem alteracao anormal
No de colonias a 37°C	As colonias detetadas a 37°C quando comparadas com as colonias a 22°C podem ser um bom indicador de qualidade. Podem dar uma indicação precoce duma deterioração da qualidade da água, (ou súbitas mudanças na sua qualidade), antes mesmo que as bacterias coliformes ou outras bacterias indicadoras, sejam detetadas.	Sem alteracao anormal
Condutividade	E uma medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica e uma medida do conteúdo dos sais minerais dissolvidos	2500 µS/cm a 20oC
<i>Clostridium perfringens</i>	Bacterias indicadoras de contaminacao fecal	0 ufc/100 mL
Cor	A água deve ser transparente e clara mas a matéria orgânica pode ocasionalmente conferir um leve tom amarelado as águas com origem superficial. O valor paramétrico e dado apenas por razoes estéticas.	20 mg/L PtCo
pH	Uma medida da acidez ou alcalinidade da água; pH 7,0 e neutro. As águas, preferencialmente, devem ser ligeiramente alcalinas, isto e pH entre 7,5 a 8,0, para proteger as canalizações dos fenómenos da corrosão.	≥ 6,5 ≤ 9,0
Ferro	Ocorre naturalmente em algumas origens subterrâneas. A presença de ferro também pode ser atribuída a fenómenos de corrosão do sistema de distribuição. O valor paramétrico fo estabelecido por razoes estéticas (sabor e cor).	200 µg/L Fe

Parâmetro	Comentário	Valor Paramétrico
Manganês	Ocorre naturalmente em muitas origens de água. O valor paramétrico foi estabelecido por razões estéticas, uma vez que o dióxido de manganês confere uma tonalidade negra à água.	50 µg/L Mn
Nitratos	O uso como fertilizante agrícola e a principal fonte de nitratos nas águas de abastecimento. A extensão da contaminação pode ser minimizada através de boas práticas agrícolas e com um controlo apropriado das zonas de captação.	50 mg/L NO ₃
Nitritos	Ocorrem no meio ambiente com níveis mais baixos que os nitratos.	0,5 mg/L NO ₂
Oxidabilidade	Parâmetro usado para avaliar o nível de matéria orgânica na água. Usado no apoio ao controlo operacional do sistema de abastecimento.	5,0 mg/L O ₂
Cheiro e sabor	Grupo de técnicos treinados provam e cheiram a água, utilizando diluições sucessivas, até eliminarem todo o cheiro e sabor da água. O valor paramétrico é dado apenas por razões estéticas.	3 factor de diluição
Turbidez	A turbidez é devida a finas partículas, suspensas na água, que causam opacidade. Algumas vezes as bolhas de ar temporárias dão à água uma aparência leitosa mas, esperando uns minutos, a água torna-se clara, do fundo até à superfície.	4 UNT

Controlo de Inspeção

Antimonio, Arsenio, Boro, Cadmio, Cromio, Mercurio, Selenio, Cianetos	Níveis muito baixos destas substâncias podem ocorrer naturalmente nas águas após contacto com o solo com constituição geológica específica. Os valores paramétricos estabelecidos têm em consideração razões relacionadas com a saúde pública, tendo contudo um grande factor de segurança associado.	10 µg/L As 5,0 µg/L Cd 50 µg/L CN 50 µg/L Cr 1,0 µg/L Hg 5,0 µg/L Sb 10 µg/L Se 1,0 mg/L B
Benzeno	Pode ocorrer no meio ambiente aquático devido a descargas industriais ou devido à poluição atmosférica.	1,0 µg/L
Benzo(a)pireno	Proveniente de revestimentos à base de alcatrão ou betumes aplicados em condutas antigas de ferro.	0,010 µg/L
Bromato	Podem ser encontrados caso se use ozono no processo de tratamento.	10 µg/L BrO ₃
Calcio	Ocorre naturalmente na água após contacto com depósitos minerais e formações rochosas. Contribui para a dureza total da água.	-
Chumbo	Não está presente nas origens de água, mas pode ser dissolvido após o contacto da água com a tubagem em chumbo existente em ramais da rede de distribuição ou nas redes prediais e domésticas.	25 µg/L Pb e 10 µg/L Pb (após 25/Dez/2013)

Parâmetro	Comentário	Valor Paramétrico
Cloretos	O valor paramétrico definido não está relacionado com questões de saúde pública, mas sim para evitar sabor e fenómenos de corrosão.	250 mg/L Cl
Cobre	Não é encontrado nas origens das águas, mas pode ter proveniência dos materiais das tubagens. Um excesso pode dar origem a um sabor metálico.	2,0 mg/L
Dureza total	A dureza total é devida aos sais de cálcio e magnésio dissolvidos na água. Quanto mais dura for a água mais detergentes/ sabões serão necessários para produzir espuma.	-
1,2-dicloroetano	Usado em sínteses químicas industriais. Encontrado como poluente nas origens de água.	3,0 µg/L
Enterococos	Bactérias indicadoras de contaminação fecal.	0 ufc/100 mL
Magnésio	Ocorre naturalmente na água após contacto com depósitos minerais e formações rochosas. Contribui para a dureza total da água.	-
Fluoretos	Ocorre naturalmente em muitas origens de água, em concentrações variáveis.	1,5 mg/L F
Níquel	Ocorre naturalmente na água após contacto com formações geológicas que integrem este metal.	20 µg/L Ni
Hidrocarbonetos aromáticos Polinucleares (HAP)	Estes compostos encontram-se em revestimentos a base de alcatrão ou betume usados em condutas de ferro, até meados dos anos setenta. São a soma da concentração dos compostos Benzo(b)fluoratenos, Benzo(k)fluoratenos, Benzo(ghi)perileno e Indeno(1,2,3-cd)pireno.	0,10 µg/L
Pesticidas e produtos relacionados a) e b)		
a) Pesticidas individuais	Os pesticidas individuais são classificados de acordo com a Diretiva da água de consumo em: insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematodocidas, acaricidas, algicidas, rodenticidas e produtos relacionados de natureza orgânica. O valor paramétrico para pesticidas individuais é de 0,10 µg/L, o qual é com efeito um valor padrão de zero, bastante abaixo dos níveis de segurança para os pesticidas normalmente usados. As principais fontes de contaminação dos sistemas de abastecimento por pesticidas incluem o uso destes em áreas agrícolas, em Linhas-férreas, em estradas e em jardins. A concordância com o valor paramétrico é atingida por filtração ou mistura com carvão ativado granular (GAC).	0,10 µg/L, com excepção dos pesticidas aldrina, dieldrina, heptacloro e heptacloro epóxido, cujo valor paramétrico é 0,03 µg/L
b) Pesticidas totais	O valor paramétrico para o total de pesticidas refere-se a soma das concentrações das substâncias individuais detetadas.	0,50 µg/L
Tetracloroetano tricloroetano	A presença destes solventes orgânicos é uma indicação de poluição industrial. O valor paramétrico é avaliado com base na média das concentrações anuais.	10 µg/L

Parâmetro	Comentário	Valor Paramétrico
Trihalometanos-total (THM)	Os trihalometanos são formados por reação do cloro com compostos orgânicos que existem naturalmente na água. São a soma da concentração dos compostos: cloroformio, bromoformio, dibromoclorometano e bromodiclorometano.	100 µg/L
Sódio	Ocorre naturalmente na água após esta ter passado por certos depósitos minerais e extratos de rochas. Os sais de sódio são usados de forma genérica nos processos industriais e nas nossas casas. Os descalcificadores domésticos regenerados com sal dão origem a água contendo uma elevada concentração de sódio. As águas provenientes destes tipos de descalcificadores não devem ser usadas para beber, cozinhar e na preparação de alimentos para bebés.	200 mg/L Na
Carbono orgânico total	Parâmetro usado para avaliar o nível de matéria orgânica na água. Usado no apoio ao controlo operacional do sistema de abastecimento.	Sem alteração anormal
Sulfatos	Dissolvem-se na água após contacto com estruturas geológicas dos solos.	250 mg/L SO ₄

ANEXO 4

FICHEIRO CONTROLO ANALÍTICO INTERNO – SUBSISTEMA DE S. JORGE

																	
Designação																	
Código																	
Mês/Ano:																	
Dia	Hora	Água Ozonizada										Água Remineralizada		CML 1		CML 2	
		pH	Turbidez (NTU)	Cond. (µs/cm)	Oxigénio Dissolvido (%)	Temperatura (°C)	Ozono (mg/l)		UV 254 nm	Coliformes Totais	E. Coli	pH	Temperatura (°C)	pH	Temperatura (°C)	pH	Temperatura (°C)
Abs. Amostra (µm)	O3 mg/l																
Limites		-	-	-	-	-	0,05-0,25		-	-	-	-	-	-	-	-	-
								0,000									
								0,000									
								0,170									
								0,000									
								0,000									
								0,480									
								0,000									
								0,593									
								0,000									
								0,000									
								0,430									

												
Designação												
Código												
Mês/Ano:												
Dia	Hora	Água Flotada										
		pH	Turbidez (NTU)			Cond. (µs/cm)	Oxigénio Dissolvido (%)	Temperatura (°C)	Alumínio (mg/l)		UV 254 nm	Alcalinidade (mg/l)
			Flotador 1	Flotador 2	Flotadores (torneira amostragem)				Flotador 1	Flotador 2		
Limites		6,8-7,10	>0,80			–	–	–	>0,05			45-65
[Grey]	[Light Blue]		[Blue]	[Blue]								
	[Light Blue]											
	[Light Blue]											
	[Light Blue]											
[Grey]	[Light Blue]		[Blue]	[Blue]								
	[Light Blue]											
	[Light Green]											
	[Blue]							[Blue]	[Blue]	[Blue]		
[Grey]	[Light Blue]		[Blue]	[Blue]								
	[Light Blue]											
	[Light Blue]											
	[Light Blue]											
[Grey]	[Light Blue]		[Blue]	[Blue]								
	[Light Blue]											
	[Light Blue]											
	[Light Blue]											

Água Bruta Montante - Barragem Lindoso																		
Dia	Hora	pH	Turvação (NTU)	Coad. (p.s/cm)	Oxigênio Dissolvido (%)	Alumínio (mg/l)	Temperatura (°C)	UV 254 nm	Alcalinidade (mg/l)	Cor	Coliformes Totais	E.Coli	vol. da amostra (mL)	Peso do Filtro (g)	Peso do Filtro + Resíduo Seco (g)	Peso do Filtro - (Peso do Filtro + Resíduo Seco)	S. S. T. (mg/l)	
		Limites	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!
																	0,0000	#DIV/0!

Designação																				Controlo Analítico - Linha Reagentes Eta S. Jorge								
Código																												
Mês/Ano:																												
Dia	Hora	Colaborador	Saterador 1					Saterador 2					Leite de Cal 1		Leite de Cal 2		Carvão Activado					Dia	Hora	Análises Extra				
			Turvação (NTU)	Alumínio (mg/l)	Volume Gorta (ml)	Alcalinidade (mg/l)	Altera. mate do Lomar (Gm)	Turvação (NTU)	Alumínio (mg/l)	Volume Gorta (ml)	Alcalinidade (mg/l)	Altera. mate do Lomar (Gm)	Volume Gorta (ml)	Concentração (g/l)	Volume Gorta (ml)	Concentração (g/l)	Para Cediako (g)	Para Cediako + Amarelo (g)	Para Cediako + Resíduo Saco (g)	% H.S.	S.T. (g/L)			Parâmetro analisado	Resultado	Observações (motivo pelo qual foi feita a análise/ alteração do parâmetro)		
Limites			11,00			2,15	-	11,00			2,15	-	-	35,00	-	35,00	-	-	-	2,00	12,00							
						0,00					0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00					0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00					0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00	N.M.				0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00					0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00	50,00				0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00					0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00					0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00	N.M.				0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00					0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00					0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00	N.M.				0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							
						0,00					0,00			74,00		74,00				2,00	12,00							

Legenda	Análises Inter.	Não Aplicável	Valor Não Conforme			
	N.M.	Não Medido	F.S	Fora serviço	E.N.T	ETA não trabalhou

Designação																										
Código																										
Mês/Ano:																										
Dia	Hora	Lamas Filtro Prensa								Escorrências Espessador								Dia	Hora	Análises Extra						
		PK	Para Codinho (g)	Para codinho + Amarelo (g)	Para Codinho + Resíduo Sacu (g)	Para Codinho + Resíduo Após Injeção (g)	x M.S.	x M.V.	S.T. (q/L)	S.V. (q/l)	pH	Turbidez (NTU)	Alumínio (mg/l)	Alteração de Lomar (Cm)	vol. de amarelo (mL)	Para do Filtro (g)	Para do Filtro + Resíduo Sacu (g)			Para do Filtro - (Para do Filtro + Resíduo Sacu)	S. S. T. (mg/l)	Parâmetro analisado	Resultado	Observação (motivo pelo qual foi feita a análise/ alteração de ...)		
Limites		12,00	-	-	-	-	1,20	85,00	13,00	-	8,00	3,00	0,10	-	-	-	-	-	-							
							#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!									0,0000	#DIV/0!						
							#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!									0,0000	#DIV/0!						
							#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!									0,0000	#DIV/0!						
							#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!									0,0000	#DIV/0!						
							#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!									0,0000	#DIV/0!						
							#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!									0,0000	#DIV/0!						
							#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!									0,0000	#DIV/0!						
							#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!									0,0000	#DIV/0!						

ANEXO 5

INSTRUÇÃO DE TRABALHO

DETERMINAÇÃO DE COLIFORMES E E. COLI ATRAVÉS DO MÉTODO COLILERT – 18/ QUANTI-TRAY



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Designação Determinação de coliformes e E. coli através do método Colilert-18/Quanti-Tray

Código IT_067

Revisão 0

Data 25-10-2012

1. OBJETIVO

Estabelecer o procedimento de determinação de coliformes e E. coli na água.

2. ÂMBITO

Aplicável a água brutas, a água em fase de tratamento e águas tratadas.

3. RESPONSABILIDADES

O cumprimento, revisão e respetiva aprovação desta Instrução de Trabalho é da responsabilidade da Direção de Operação.

4. DEFINIÇÕES/ ABREVIATURAS

Existem dois tipos de coliformes: totais e fecais. Os coliformes totais compõem os grupos de bactérias gram-negativas que podem ser aeróbicas ou anaeróbicas (isto dependerá do ambiente e da bactéria), não originam esporos e fermentam a lactose, produzindo ácido e gás a 35/37°C.

Os coliformes fecais são também conhecidos como “termotolerantes” por suportarem uma temperatura superior à 40°C, convivem em simbiose com humanos, bois, gatos, porcos e outros animais de sangue quente. São excretados em grande quantidade nas fezes e normalmente não causam doenças (quando estão no trato digestivo). Neste grupo está presente a bactéria gram-negativa Escherichia coli, e ao se ingerir alimentos por ela contaminados, os resultados desagradáveis (como uma gastroenterite) podem ser brandos ou desastrosos, dependendo do grau de contaminação.

A Escherichia coli também conhecida por E. coli é uma bactéria bacilar Gram-negativa, que, juntamente com o Staphylococcus aureus é a mais comum e uma das mais antigas bactérias simbiotes do homem.

5. REFERÊNCIAS

	Elaborado	Verificado	Aprovado
Assinatura	Raquel Pereira	Inês Leer Carla Morais Pedro Bastos	Pedro Bastos



Designação Determinação de coliformes e E. coli através do método Colilert-18/Quanti-Tray

Código IT_067

Revisão 0

Data 25-10-2012

6. MODO DE PROCEDER

6.1 Considerações de segurança e ambiente

Segurança

- Utilização de luvas
- Utilização de óculos de protecção na utilização da cabine de análises de fluorescência (UV)

Ambiente

- Todos os resíduos produzidos na execução da tarefa, deverão ser acondicionados de acordo com o procedimento interno de gestão de resíduos.

6.2 Determinação de coliformes e E. coli em 18 horas

Material:

- 100 ml da amostra
- Incubadora

Colilert:

- Reagente DST
- Quanti-Tray
- Quanto-Tray/2000
- Selador Quanti-Tray Sealer

Procedimento:

Existem duas maneiras de utilizar o Colilert. Uma que permite apenas determinar a presença/ ausência de coliformes fecais e e-coli e o segundo que permite a sua quantificação.

I. Presença/Ausência



Passo I: Adicione o reagente à amostra e leve ao incubador por 24 horas a uma temperatura de 35 °C.

INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Designação Determinação de coliformes e E. coli através do método Colilert-18/Quanti-Tray

Código IT_067

Revisão 0

Data 25-10-2012



Passo 2: Leia os resultados.

Incolor = negativo

Amarelo = coliformes totais

Amarelo fluorescente = E. coli

2. Quantificação



Passo 1: Adicione o reagente à amostra e misture bem.



Passo 2: Despeje no Quanti-Tray (contagem de 1 a 200) ou no Quanti-Tray/2000 (contagem de 1 a 2419).

2.1: No Quanti-Tray para água ozonizada, flotada, filtrada e tratada;
No Quanti-Tray/2000 para água bruta.



Passo 3: Lacre a cartela Quanti-Tray e coloque no incubador por 18 horas a uma temperatura de 35° C.



Passo 4: Leia os resultados

Cavidades amarelas = coliformes totais



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Designação Determinação de coliformes e E. coli através do método Colilert-18/Quanti-Tray

Código	IT_067	Revisão	0	Data	25-10-2012
--------	--------	---------	---	------	------------

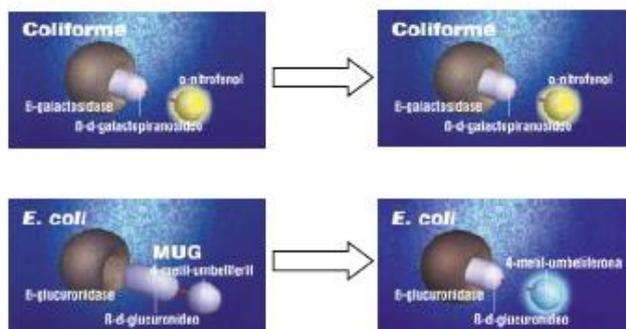


Cavidades amarelas/florescente = E. coli
(Leitura feita através da cabine de análises de fluorescência (UV))

Passo 5: Para quantificação de Coliformes e E. Coli consulte a tabela do Colilert.

6.3 Detecção de coliformes totais e E. coli em água

O Colilert utiliza a tecnologia de substrato definido [Defined Substrate Technology® (DST®)] para deteção de coliformes totais e E. coli em água.



À medida que os coliformes se reproduzem no Colilert, eles utilizam β-galactosidase para metabolizar o indicador de nutriente ONPG e alterá-lo de incolor para amarelo.

O E. coli utiliza β-glucuronidase para metabolizar MUG e criar fluorescência.

Já que a maioria dos não coliformes não conta com estas enzimas, eles não podem se reproduzir e interferir. Os poucos não coliformes que têm estas enzimas são seletivamente suprimidos pela matriz especificamente formulada do Colilert. Esta abordagem diminui a incidência de falso-positivos e falso-negativos.



 **INSTRUÇÃO DE TRABALHO**

Designação Determinação de coliformes e E. coli através do método Colilert-18/Quanti-Tray

Código IT_067

Revisão 0

Data 25-10-2012

7. DOCUMENTOS ASSOCIADOS

Controlo Analítico ETA de S. Jorge.

ANEXO 6

INSTRUÇÃO DE TRABALHO

DETERMINAÇÃO ANALÍTICA DE SÓLIDOS AA

Designação AA – Determinação Analítica de Sólidos

Código PR_106

Revisão 0

Data 02/01/2014

1. OBJETIVO

Estabelecer regras para a Determinação Analítica de Sólidos.

2. ÂMBITO

Aplicável à determinação de sólidos em amostras nos Laboratórios de Processo de abastecimento de água da AdNw.

3. RESPONSABILIDADES

O cumprimento, revisão e respetiva aprovação desta Instrução de Trabalho é da responsabilidade da Direcção de Operação.

4. DEFINIÇÕES/ ABREVIATURAS

SST – Sólidos Suspensos Totais

SSV – Sólidos Suspensos Voláteis

ST- Sólidos Totais

SV- Sólidos Voláteis

MS – Matéria Seca

MV – Matéria Volátil

DOP – Direcção de Operação

AdNw – Águas do Noroeste, S.A.

SMEWW – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition

5. REFERÊNCIAS

SMEWW 2540 D – Sólidos Suspensos Totais a 103-105°C;

SMEWW 2540 E- Sólidos fixos e voláteis, ignição a 550°C;

SMEWW 2540 G- Sólidos totais, fixos e voláteis em amostras sólidas e semi-sólidas;

Manual dos Equipamentos de Laboratório.

Elaborado

Verificado

Aprovado

Assinatura

Luís Rodrigues

Inês Leer
Carla Santos

Pedro Bastos



Designação AA – Determinação Analítica de Sólidos

Código PR_106	Revisão 0	Data 02/01/2014
---------------	-----------	-----------------

6. MODO DE PROCEDER

6.1 Considerações de segurança e ambiente

Segurança

- Utilização de luvas térmicas.

Ambiente

- Todos os resíduos produzidos na execução da tarefa, deverão ser acondicionados de acordo com o procedimento interno de gestão de resíduos.

6.2 Medição

6.2.1 Material

- Filtros de fibra de vidro, sem revestimento orgânico (tipo A/E, 47mm);
- Rampa de filtração com vácuo;
- Estufa de secagem ($105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$);
- Mufra ($550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$);
- Exsicador;
- Balança de precisão;
- Pipetas;
- Provetas;
- Pompets;
- Discos de alumínio;
- Cadinhos;

6.2.2 Determinação de Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Suspensos Voláteis

- Preparação dos filtros de fibra de vidro
 - Colar os filtros no dispositivo de filtração com a superfície mais rugosa voltada para cima;
 - Lavar os filtros, com 3 porções de 20 mL de água destilada;
 - Remover o filtro do dispositivo de filtração e transferi-lo para um disco (placa) de alumínio;

PROCEDIMENTO

Designação AA – Determinação Analítica de Sólidos

Código	PR_106	Revisão	0	Data	02/01/2014
--------	--------	---------	---	------	------------

- Colocar o conjunto (placa de alumínio/filtros) na estufa a 105°C ± 5°C, durante 2 horas;
- Retirar os filtros da estufa e levá-los à mufla cerca de 10 minutos;
- Retirar da estufa o conjunto e deixar arrefecer no exsiccador;
- Pesar e registar o valor (designado P₁)
 - **Análise da amostra**
 - Homogeneizar a amostra;
 - Filtrar a amostra a analisar. A escolha do volume da amostra deve ter como critério a produção de um resíduo seco entre 2,5 mg a 200 mg. Se o volume filtrado não cumprir o requisito mínimo, aumentar o volume da amostra a filtrar até 1 L (Volume máximo).
 - Colocar os filtros na respectiva placa de alumínio e secá-los a 105 °C ± 5°C na estufa, durante 2 horas;
 - Retirar da estufa o conjunto e deixar arrefecer num exsiccador;
 - Pesar (P₂) e determinar SST (Equação 1);
 - Incinerar o resíduo obtido, numa mufla a 550 °C ± 50 °C, durante 10 minutos;
 - Retirar da mufla e deixar arrefecer num exsiccador;
 - Pesar (P₃) e determinar SSV (Equação 2).

Os valores de SST e SSV são obtidos através das seguintes equações:

$$SST (mg/L) = \frac{((P_2 - P_1) \times 1000)}{V} \times 1000 \quad (\text{Equação 1})$$

$$SSV (mg/L) = \frac{((P_2 - P_3) \times 1000)}{V} \times 1000 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

- P₁ - Peso do filtro (g)
- P₂ - Peso do filtro + resíduo seco (g)
- P₃ - Peso do filtro após ignição (g)
- V - Volume de amostra (mL)



Designação AA – Determinação Analítica de Sólidos

Código PR_106	Revisão 0	Data 02/01/2014
---------------	-----------	-----------------

6.2.3 Determinação de Sólidos Totais, Fixos e Voláteis em amostras sólidas e semi-sólidas

- Preparação dos cadinhos
 - Deixar secar cadinhos vazios numa estufa a 105 °C ± 5°C durante no mínimo 1 hora;
 - No caso de ser necessário determinar a fracção fixa e volátil deve colocar-se os cadinhos numa mufla a 550 °C ± 50°C durante 1 hora;
 - Deixar arrefecer num exsicador e pesar os cadinhos vazios (designado por B)

- Análise da amostra
 - Homogeneizar e colocar 25g a 50g, no caso de ser uma amostra líquida coloca-se entre 25mL a 30mL, num cadinho previamente preparado e pesar (designado por C)
 - Deixar secar na estufa a 105 ± 5°C durante 24 horas;
 - Arrefecer no exsicador à temperatura ambiente e pesar (designado por A);
 - Determinar os ST e % MS
 - Incinerar o resíduo obtido numa mufla a 550 ± 50°C, durante 1 hora;
 - Deixar arrefecer no exsicador à temperatura ambiente e pesar (designado por D);
 - Determinar os SV e %MV

Os valores de % de MS, MV, ST e SV são obtidos através das seguintes equações:

$$\% \text{ Matéria Seca} = \frac{((A - B) \times 100)}{C - B} \quad (\text{Equação 3})$$

$$\% \text{ Matéria Volátil} = \frac{((A - D) \times 100)}{A - B} \quad (\text{Equação 4})$$

$$^1ST \text{ (g/L)} = (\%MS \times 10) \quad (\text{Equação 5})$$

$$SV \text{ (g/L)} = (\%MV \times ST) \quad (\text{Equação 6})$$

¹ Quando se determina a %MS, esta é realizada sobre a base do peso da amostra sendo esta expressa em ST, daí que há uma equivalência entre a %MS e o valor de ST



Designação AA – Determinação Analítica de Sólidos

Código PR_106	Revisão 0	Data 02/01/2014
---------------	-----------	-----------------

Em que:

- A – Peso do resíduo seco + cadinho (g)
- B – Peso do cadinho (g)
- C – Peso da amostra + cadinho (g)
- D – Peso do resíduo + cadinho após ignição (g)

7. DOCUMENTOS ASSOCIADOS

Folha de Registo de Resultados