

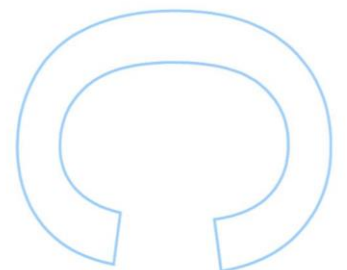
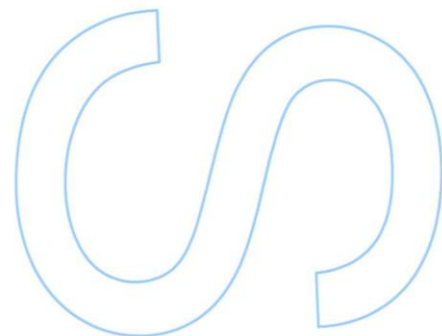
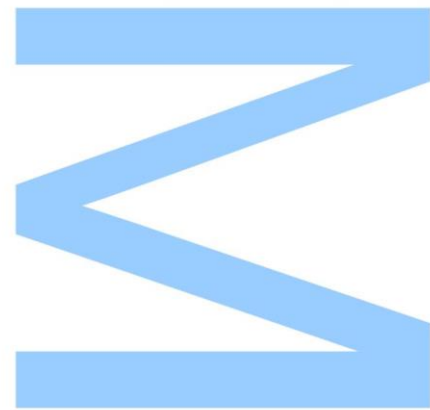
# Controlo e avaliação do sistema de tratamento de águas residuais da ETAR de Gaia Litoral e ETAR de Febros

Bruno Duarte Lourenço Oliveira

Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água  
Departamento de Biologia  
2017

## **Orientador**

Maria da Natividade Ribeiro Vieira  
Professora Associada, Departamento de Biologia  
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

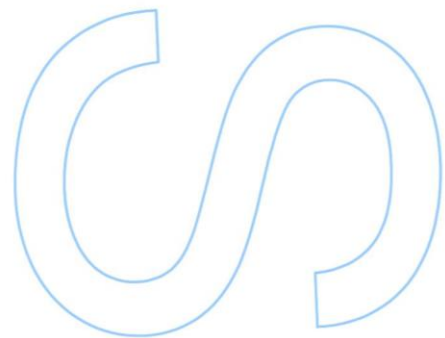
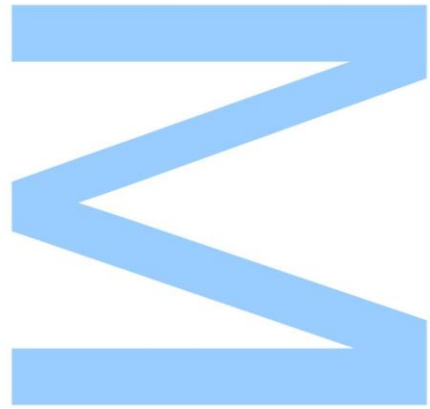




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_



## Agradecimentos

Este ano letivo é o único onde posso agradecer por escrito a todas as pessoas que de forma, direta ou indireta, contribuíram para que conseguisse dar sempre o meu melhor, mas não seria justo não incluir as pessoas que estiveram ao meu lado ao longo destes cinco anos. Portanto, gostaria de começar por agradecer a Professora Maria da Natividade Vieira que desde o momento que pensei em envergar por este mestrado sempre esteve disponível a dispensar tempo para ajudar-me.

Quero também agradecer a Eng<sup>a</sup> Ermelinda Barreiro, por todos os ensinamentos e disponibilidade ao longo destes nove meses.

Um obrigado a Eng<sup>a</sup> Iolanda Queiroz e Eng<sup>a</sup> Fátima Meireles pela ajuda e paciência que sempre tiveram comigo.

Um agradecimento a Eng<sup>a</sup> Sílvia Fortuna e a todos os Engenheiros e funcionários que trabalham na ETAR de Gaia Litoral que sempre tentaram criar um bom ambiente e fazer sorrir mesmo quando o trabalho não corria bem.

Quero também agradecer a todos os colegas que tive ao longo destes cinco longos anos, que são muitos para enumerar.

Por último quero agradecer a toda a minha família em especial aos meus pais e irmão que mesmo nos momentos onde duvidava das minhas capacidades, eles nunca duvidaram.

## Resumo

Este estágio que teve a duração de 9 meses teve como principal objetivo o desenvolvimento das minhas capacidades e competências no laboratório de controlo da ETAR de Gaia litoral, a aprendizagem dos métodos usados para análise e avaliação da qualidade da água tratada, sendo este um dos pontos fundamentais no processo para auferir a eficácia do tratamento. Este estágio na ETAR de Gaia litoral decorreu de outubro de 2016 a julho de 2017.

Como suprarreferido o objetivo principal focou-se na aprendizagem dos métodos utilizados no laboratório da ETAR, tentando ao mesmo tempo contribuir com os conhecimentos adquiridos ao longo dos últimos cinco anos. Não obstante, durante o estágio foi possível adquirir mais conhecimentos do que apenas controlo analítico. Devido ao facto de o laboratório da ETAR de Gaia litoral receber amostras das ETARs de Vila Nova de Gaia foi possível compreender como estas ETARs funcionam, o que levou a incluir a ETAR de Febros devido ao facto de apresentar um método de tratamento diferente.

O desempenho da ETAR, foi avaliado em relação aos valores exigidos pelas licenças de descarga, e é possível observar que a ETAR cumpriu sempre com as mesmas. Durante o período de estágio verificaram-se algumas alterações nos valores dos parâmetros analisados, sendo que estes se devem a algumas variações sazonais, neste caso associada à precipitação e outros fatores não menos importantes, como pequenas descargas pesadas, entre outras. No geral, tendo em conta os fatores analisados, a ETAR apresentou um bom desempenho, com eficiência de remoção de matéria orgânica e de sólidos acima dos valores mínimos legais exigidos.

Globalmente, este estágio aumentou os conhecimentos pessoais acerca do controlo analítico, bem como a sua importância para a gestão de uma ETAR, permitiu ainda conhecer os diversos tipos de tratamento e processos em cada um desses tratamentos.

**Palavras-chave:** ETAR de Gaia litoral, ETAR de Febros, Controlo analítico, Licenças de descarga, Desempenho.

## Abstract

This 9-month internship was aimed at developing my skills and capabilities at the Gaia litoral waste water treatment plant laboratory and learning the methods used to analyze and evaluate the quality of treated water. This is one of the fundamental points in the process to obtain the efficacy of the treatment. This internship at the Gaia litoral waste water treatment plant occurred from October 2016 to July 2017.

The main objective was to learn the methods used in the Gaia waste water treatment plant, while trying to contribute the knowledge that I acquired during the last five years. During the internship it was possible to acquire more knowledge than just analytical control of one WWTP due to the fact that the laboratory of Gaia litoral receives samples from all waste water treatment plant in Vila Nova de Gaia. It was possible to understand how these waste water treatment plant work, due to the fact that the Febros waste water treatment plant presented a different treatment method.

The performance of WWTP was evaluated in relation to the values required by the discharge licenses. It is possible to observe that the WWTP have always complied with this license. During the 9 months there were some changes in the values of the analyzed parameter, which are due to some seasonal variations, in this case associated to precipitation and other important factors such as small heavy discharges. In general, considering the factors that were analyzed, the waste water treatment plant performed well with removal efficiency of organic matter and solids that were kept above the minimum legal requirement.

Overall, this internship has helped increase personal knowledge about analytical control, as well as its importance for the management of a waste water treatment plant, and understanding the different types of treatment and processes in each of these treatments.

**Keywords:** WWTP Gaia litoral, WWTP Febros, Analytical control, Discharge license, Performance.

# Índice

Resumo .....	4
Abstract .....	5
Lista de figuras .....	9
Lista de tabelas.....	11
Abreviaturas .....	11
1. Introdução.....	12
1.1. Enquadramento do estágio.....	12
1.2. Objetivos propostos .....	12
1.3. Local de estágio .....	13
1.3.1. SIMDOURO/Águas do Norte .....	13
1.3.2. ETAR de Gaia Litoral.....	13
1.4. Tratamento de águas residuais.....	15
2. Características globais.....	16
2.1. ETAR de Gaia Litoral.....	16
2.2. ETAR Febros.....	17
2.3. Funcionamento da ETAR Gaia litoral.....	18
2.4. Funcionamento da ETAR Febros.....	19
3. Tipos de tratamento da ETAR Gaia litoral.....	21
3.1. Linha líquida .....	21
3.1.1. Pré-tratamento.....	21
3.1.2. Tratamento primário .....	22
3.1.3. Tratamento secundário.....	23
3.1.3.1. Reatores biológicos.....	23
3.1.3.2. Processo de lamas ativadas .....	24
3.1.3.3. Comunidades microbiológicas.....	25

3.1.4.	Decantação secundário .....	26
3.1.5.	Tratamento terciário.....	26
3.2.	Fase sólida .....	27
3.2.1.	Tratamento de lamas.....	27
3.2.1.1.	Espessamento .....	27
3.2.1.2.	Flotação .....	28
3.2.1.3.	Digestão anaeróbia .....	29
3.2.1.4.	Desidratação.....	30
3.3.	Fase gasosa.....	30
4.	Desodorização.....	32
5.	Tipos de tratamentos na ETAR de Febros.....	33
5.1.	Fase líquida.....	33
5.1.1.	Pré-tratamento.....	34
5.1.2.	Tratamento secundário.....	35
5.1.2.1.	Funcionamento dos reatores biológicos .....	36
5.1.2.2.	Decantação secundária.....	37
5.2.	Tratamento da fase sólida .....	38
5.2.1.	Espessamento de lamas .....	39
5.2.2.	Homogeneização e acondicionamento de lamas.....	39
5.2.3.	Desidratação de lamas .....	40
6.	Controlo analítico.....	40
6.1.	Teste de decantabilidade.....	41
6.2.	pH e condutividade .....	42
6.3.	CBO <sub>5</sub> .....	42
6.4.	CQO .....	44
6.5.	SST e SSV .....	45
6.6.	ST e SV .....	47

6.7.	Alcalinidade nas lamas .....	47
6.8.	Ácidos gordos voláteis .....	48
6.9.	Azoto total (N).....	49
6.10.	Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	50
6.11.	Amónia ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	50
6.12.	Fósforo total (P) .....	50
6.13.	Observação microbiológica de lamas ativadas.....	51
7.	Resultados do controlo analítico .....	53
8.	Conclusões.....	59
9.	Bibliografia.....	60

## Lista de figuras

Figura 1 - ETAR Gaia Litoral.....	14
Figura 2 - Maquete da ETAR de Gaia litoral .....	14
Figura 3 - Mapa com a cobertura da ETAR de Gaia Litoral e das restantes ETARs de Vila Nova de Gaia .....	15
Figura 4 – ETAR Gaia Litoral .....	16
Figura 5 - ETAR de Febros .....	18
Figura 6 - Organigrama dos processos do tratamento da ETAR de Gaia litoral. ....	21
Figura 7 - Grades mecânicas .....	22
Figura 8 - Interior do sedipac 3D .....	23
Figura 9 - Zona dos reatores biológicos .....	24
Figura 10 - Decantadores secundários .....	26
Figura 11 - Filtro de areia .....	27
Figura 12 - Lado esquerdo da imagem apresenta o espessador.....	28
Figura 13 – Flotador .....	28
Figura 14 - Digestores anaeróbios .....	30
Figura 15 - Gasómetro .....	31
Figura 16 - Purificador .....	31
Figura 17 - Caldeira .....	31
Figura 18 - Tocha .....	31
Figura 19 - Permutadores de calor .....	32
Figura 20 - Cogeração .....	32
Figura 21 - Torre de desodorização .....	33
Figura 22 - Organigrama dos processos do tratamento da ETAR de Febros, a cor verde representa a fase líquida, com a cor azul: parte sólida. ....	33
Figura 23 - Gradagem de sólidos finos .....	35
Figura 24 - Gradagem de sólidos grosseiros .....	35

Figura 25 - Desarenador e desengordurador .....	35
Figura 26 - Grades de gradagem de sólidos finos .....	35
Figura 27 - Zona óxica das valas de oxidação .....	36
Figura 28 - Zona anóxica das valas de oxidação .....	37
Figura 29 - Decantador secundário .....	38
Figura 30 - Saída de efluente tratado .....	38
Figura 31 - Espessador de lamas .....	39
Figura 32 - Centrífuga .....	40
Figura 33 - Provetas de decantação .....	41
Figura 34 - Placas de agitação com os respetivos fracos e manómetros .....	44
Figura 35 - Spectroquant® Prove 600 usado nos diversos métodos.....	45
Figura 36 - Estufas usados nos diversos métodos.....	46
Figura 37 - Termoreactores usados nos diversos métodos.....	49
Figura 38 – Media mensal da variação de SST no afluente. As barras a preto representam o desvio padrão – 9 meses .....	53
Figura 39 – Media mensal da variação de CQO no afluente. As barras a preto representam o desvio padrão – 9 meses .....	54
Figura 40 – Media mensal da variação de CBO5 no afluente. As barras a preto representam o desvio padrão - 9 meses.....	54
Figura 41 – Comparação do valor médio de SST vs VLE no efluente. As barras a preto representam o desvio padrão - 9 meses.....	55
Figura 42 - Comparação do valor médio de CQO vs VLE no efluente. As barras a preto representam o desvio padrão. – 9 meses .....	56
Figura 43 - Comparação do valor médio de CBO5 vs VLE no efluente. As barras a preto representam o desvio padrão – 9 meses .....	57

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Características dos reatores biológicos.....	24
Tabela 2 - Exemplos de situações particulares do funcionamento do tratamento biológico de águas residuais por lamas ativadas. ....	52
Tabela 3 - Valores Limite de Emissão descritos na legislação .....	55
Tabela 4 - Taxa de redução de SST, CQO e CBO5 media por mês em comparação com a percentagem mínima exigida .....	58

## Abreviaturas

AGV – Ácidos Gordos Voláteis

CBO5 – Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias

CQO – Carência Química de Oxigénio

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

Nt – Azoto total

Pt – Fósforo total

SST – Sólidos Suspensos Totais

SSV – Sólidos Suspensos Voláteis

ST – Sólidos Totais

SV – Sólidos Voláteis

VLE – Valores Limites de Emissão

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento do estágio

O mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água apresenta objetivos que vão ao encontro dos propósitos da ETAR de Gaia litoral. Atente-se que tem como objetivo a recolha, tratamento e descarga final das águas residuais urbanas, que se prende pela necessidade de proteger as reservas de água, diminuir o impacto ambiental que os rios e os diversos cursos de água têm sofrido nas últimas décadas.

Este, de certa forma é o mesmo princípio do mestrado, pois, a sua base é oferecer formação que permita aos formandos obter competências para a resolução de problemas relacionados com os aspetos biológicos da água e dos seus usos. Permite ainda a aquisição de conhecimentos, especialmente para exercer funções em laboratórios de investigação, análises de águas, entidades ligadas à saúde e ambiente como por exemplo empresas de tratamento de águas e de águas residuais.

Por isso este estágio, cuja duração foi de nove meses permitiu aplicar os conhecimentos num contexto empresarial, e com a observação no local do funcionamento da ETAR onde foi possível desenvolver novas competências, permitindo ainda que houvesse o desenvolvimento da capacidade de a partir dos resultados obtidos em análises laboratoriais, compreender de que forma influenciam direta ou indiretamente os resultados do tratamento.

## 1.2. Objetivos propostos

Os objetivos definidos no início do estágio promoviam a aplicação no contexto real de trabalho os conhecimentos adquiridos na área de formação, compreender as dinâmicas de funcionamento da ETAR, desenvolver capacidade de interpretação e processamento de resultados obtidos.

## 1.3. Local de estágio

### 1.3.1. SIMDOURO/Águas do Norte

Este estágio teve início na ETAR de Gaia litoral quando esta ainda pertencia à empresa Águas do Norte, sendo que no final do ano 2016 por decisão do governo se deu uma cisão entre esta e a ETAR de Gaia litoral, ficando deste modo a pertencer a empresa SIMDOURO.

A SIMDOURO, S.A. é uma sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos, criada pelo Decreto-Lei n.º 16/2017, de 01 de fevereiro, responsável pela construção, gestão e concessão do sistema multimunicipal de saneamento do grande Porto, em regime de exclusivo e por um prazo de 50 anos.

A empresa tem como objetivo a recolha, tratamento e rejeição final das águas residuais urbanas, provenientes de cerca de 519 mil habitantes equivalentes, abrangendo uma área de 1300 Km<sup>2</sup>, correspondendo à totalidade dos municípios de Arouca, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Paredes, Vila Nova de Gaia e uma parte do município de Penafiel (bacia do rio Sousa).

Segundo o contrato de concessão a empresa é constituída pela Águas de Portugal, SGPS, S.A., que detém 58,52% do capital social e pelos Municípios de Arouca, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Paredes, Penafiel e Vila Nova de Gaia que detêm os restantes 41,48% (SIMDOURO - <http://www.simdouro.pt/dados.php?ref=quem-somos>).

### 1.3.2. ETAR de Gaia Litoral

A Estação de Tratamento de Águas Residuais de Gaia Litoral situa-se na freguesia de Canidelo, tendo como função essencial o tratamento de efluentes provenientes das partes Norte e Ocidental do concelho, entrou em funcionamento em maio de 2003 e é tida como uma das melhores e mais sofisticadas da Europa, com dimensão para uma população de 300.000 habitantes-equivalentes no ano de horizonte de projeto.

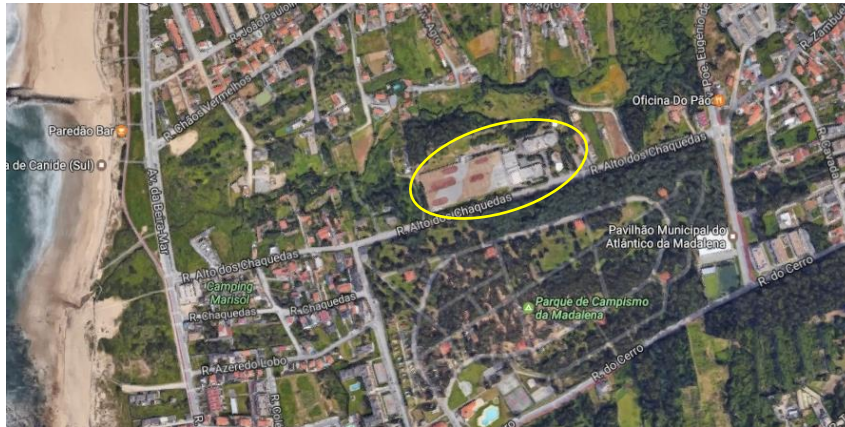


Figura 1 - ETAR Gaia Litoral (fonte: Google Maps alterada de satélite)

O caudal médio de tratamento e o caudal de ponta são de  $66.700\text{m}^3/\text{dia}$  e  $1,177\text{m}^3/\text{s}$ , respetivamente. O processo de tratamento baseia-se num sistema de tratamento por lamas ativadas em regime de arejamento convencional.



Figura 2 - Maquete da ETAR de Gaia litoral (fonte: <http://pensaramarelo2007.blogspot.pt/2008/05/vista-de-estudo-do-5b-etar-gaia-litoral.html>)

A ETAR acolhe as águas residuais domésticas e industriais da região e zela pela qualidade ambiental dos rios e praia cuja ação abrange, removendo os contaminantes que os poluem (SIMDOURO - <http://www.simdouro.pt/dados.php?ref=etargaialit>).

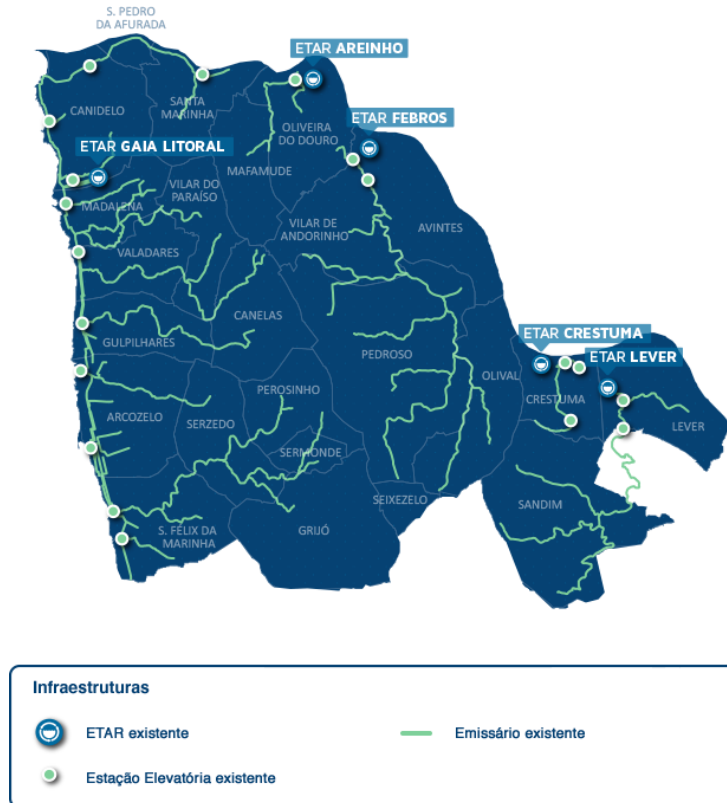


Figura 3 - Mapa com a cobertura da ETAR de Gaia Litoral e das restantes ETARs de Vila Nova de Gaia (fonte: adaptado de <http://www.simdouro.pt/mapas.php?ref=mapa-gaia>).

## 1.4. Tratamento de águas residuais

Numa população, a água é utilizada para vários fins e com o longo ciclo que esta apresenta, são-lhe adicionados diferentes poluentes resultantes das diversas atividades realizadas pelo Homem. Assim, essas águas transportam consigo resíduos, obtendo a designação de águas residuais. Dependendo da origem da água poluída, esta adquire diferentes designações. Segundo o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto, as águas residuais podem dividir-se em águas residuais domésticas, águas residuais industriais e águas residuais urbanas.

Devido aos vários tipos de poluição é necessário haver um tratamento para que seja possível voltar a libertar a água no meio ambiente, seja em lagos, rios ou mar. Para tal, são utilizados diversos processos físicos, químicos e biológicos.

Estes permitem transformar os constituintes biodegradáveis dissolvidos e particulados em produtos finais aceitáveis, capturar e incorporar sólidos em flocos ou

biofilmes e transformar ou remover nutrientes. É também importante retirar e rejeitar de forma adequada as areias, óleos e gorduras dos afluentes.

Do tratamento que sofre, resultam essencialmente dois produtos finais: o efluente tratado, com condições adequadas à descarga e a matéria orgânica sob outras formas como lamas biológicas. Em alguns tipos de tratamento, pode também haver libertação de gases, o que proporciona a oportunidade de produzir biogás adequado a aproveitamento energético como na ETAR de Gaia litoral (Metcalf & Eddy, 2003).

## 2. Características globais

### 2.1. ETAR de Gaia Litoral

Esta ETAR, como referido anteriormente foi construída com a capacidade para tratar o afluente de até 300.000 habitantes equivalentes, o que torna necessário haver uma grande e moderna infraestrutura para conseguir suportar este caudal. Na figura seguinte com a ajuda da legenda é possível localizar os diversos componentes da ETAR.



1. Obra de entrada
2. Desarenamento/  
Desengorduramento/  
Decantação primário
3. Reator Biológico
4. Decantação Secundária
5. Espessador de Lamas
6. Flotador
7. Digestores
8. Gasómetro
9. Edifício desodorização
10. Edifício de exploração

Figura 4 – ETAR Gaia Litoral (Fonte: Google Maps)

Cada componente identificado na imagem anterior tem uma determinada função bem como algumas características e dimensões (Águas de Gaia - <http://www.aguasgaia.pt/>);

- Gradagem (remoção de sólidos e detritos mais grosseiros)
- 2 Sedipac 3D (desarenamento, desengorduramento e decantação primária);
- 4 tanques de arejamento com capacidade de 7500 m<sup>3</sup> cada;
- 4 decantadores secundários retangulares com capacidade de 3740 m<sup>3</sup> cada;
- 1 espessador com diâmetro de 15 m;
- 1 flotador com diâmetro de 13 m;
- 2 digestores anaeróbios com capacidade de 4000 m<sup>3</sup> cada;
- 1 gasómetro com capacidade de 1350 m<sup>3</sup>;
- 1 grupo de cogeração com potência de 483 KW;
- Desidratação mecânica de lamas com 2 centrífugas;
- Sistema de desodorização para toda a ETAR com um caudal total de ventilação de 60.000 m<sup>3</sup>/h;
- Filtração e desinfecção por U.V. do efluente tratado para regas e lavagens com capacidade de 200 m<sup>3</sup>/h.

## 2.2. ETAR Febros

A Estação de Tratamento de Águas Residuais de Febros localiza-se na freguesia de Oliveira do Douro, junto ao rio Febros. Entrou em funcionamento em junho de 2003 e está dimensionada para uma população de 80.000 habitantes-equivalentes no ano de horizonte de projeto. Permite o tratamento de águas residuais das freguesias de Avintes, Olival, Seixezelo, Vilar de Andorinho e parte de Oliveira do Douro, estando assim enquadrada num ambiente urbanizado.

O caudal médio de tratamento e o caudal de ponta são de 14.000 m<sup>3</sup>/d e 0,385m<sup>3</sup>/s, respetivamente. O processo de tratamento baseia-se num sistema de tratamento por lamas ativadas em regime de arejamento prolongado (SIMDOURO - <http://www.simdouro.pt/dados.php?ref=etargaialit>).



Figura 5 - ETAR de Febros adaptado de [http://www.fase-sa.pt/gca/popup.php?i=http://www.fase-lsa.pt/fotos/gca/ETAR\\_FEBROS\\_g.jpg](http://www.fase-sa.pt/gca/popup.php?i=http://www.fase-lsa.pt/fotos/gca/ETAR_FEBROS_g.jpg) .

### 2.3. Funcionamento da ETAR Gaia litoral

Na ETAR de Gaia litoral tal como em quase todos os tratamentos de águas residuais, existem dois tipos de tratamentos, que são a linha líquida que tem por objetivo obter o efluente mais limpo possível para ser feita a descarga no meio ambiente de forma a serem cumpridos os limites da legislação em vigor, e a linha sólida cujo objetivo é dar tratamento aos sólidos que são removidos da linha líquida.

Nesta ETAR em específico a lama resultante da mistura das lamas primárias no espessador é designada lama espessada e no flotador denominada de lama flotada, a junção das duas resulta na formação da lama mista. Esta lama é sujeita a uma digestão anaeróbia e nesta etapa resulta na produção de biogás que dará origem à produção de energia elétrica. As restantes lamas após desidratação e tratamentos suplementares que são feitos por empresas externas a ETAR seguirão para valorização agrícola. Nos tópicos seguintes serão apresentadas as várias etapas da fase líquida e da fase sólida de uma forma resumida.

A linha líquida é constituída pelos componentes que se descrevem nos pontos seguintes (SIMDOURO - <http://www.simdouro.pt/dados.php?ref=etargaialit>):

- Tratamento preliminar constituído por gradagem em dois canais paralelos;
- Tratamento primário com remoção de areias, óleos e gorduras em dois órgãos de tratamento compactos patenteados pela Ondeo Degremont (Sedipac 3D);
- Tratamento biológico através de um processo de lamas ativadas com possibilidade de funcionar em regime de baixa carga (arejamento prolongado) e média carga (arejamento convencional), sendo o arejamento assegurado por difusores de fundo.
- Decantação secundária através da separação gravítica entre as lamas ativadas e a água residual tratada assegurada por quatro decantadores retangulares. As lamas extraídas do fundo dos decantadores secundários são bombeadas para um poço de lamas, de onde são recirculadas para a entrada dos tanques de arejamento ou removidas, como lamas em excesso;
- O efluente final é descarregado no Oceano Atlântico, a 30 metros de profundidade, através de um emissário submarino em condições ambientalmente adequadas.

A linha sólida é constituída pelos componentes que se descrevem nos pontos seguintes:

- Espessador gravítico para as lamas primárias;
- Espessamento por flotação por ar dissolvido para as lamas biológicas resultantes da depuração das águas residuais;
- Digestão anaeróbia para produção de biogás para cogeração de energia elétrica e energia calorífica para aquecimento dos dois digestores;
- Desidratação mecânica das lamas digeridas com recurso a centrífuga;
- Armazenamento de lamas desidratadas em contentores. As lamas são removidas regularmente para destino ambientalmente adequado.

## 2.4. Funcionamento da ETAR Febros

Na ETAR de Febros o processo tem a mesma finalidade, mas com algumas distinções devido às diferenças da infraestrutura da ETAR, tendo na mesma uma fase líquida e uma fase sólida. A linha líquida é constituída pelos componentes que se descrevem nos pontos seguintes:

- Tratamento preliminar constituído por tamisagem em dois canais paralelos para remoção de sólidos de maiores dimensões, e por desarenamento e desengorduramento para remoção de areias e de óleos e gorduras;
- Tratamento biológico através de um processo de lamas ativadas em regime de baixa carga (arejamento prolongado), sendo o arejamento assegurado por escovas de arejamento de eixo horizontal, apoiadas por um conjunto de agitadores de eixo horizontal do tipo banana para garantir o deslocamento da massa de água no interior dos tanques de arejamento;
- Decantação secundária através da separação gravítica entre as lamas ativadas e a água residual tratada assegurada por três decantadores circulares. As lamas extraídas do fundo dos decantadores secundários são bombeadas para um poço de lamas, de onde são recirculadas para a entrada dos tanques de arejamento ou removidas, como lamas em excesso;
- O efluente final é descarregado no rio Febros, afluente do rio Douro, em condições ambientalmente adequadas.

Na ETAR de Febros a linha sólida é constituída pelos componentes que se descrevem nos pontos seguintes (SIMDOURO - <http://www.simdouro.pt/dados.php?ref=etargaialit>);

- Espessador gravítico circular para as lamas biológicas resultantes da depuração das águas residuais;
- Desidratação mecânica das lamas espessadas com recurso a duas centrífugas;
- Armazenamento de lamas desidratadas num silo com 50m<sup>3</sup> de capacidade. As lamas são removidas regularmente para destino ambientalmente adequado.

### 3. Tipos de tratamento da ETAR Gaia litoral

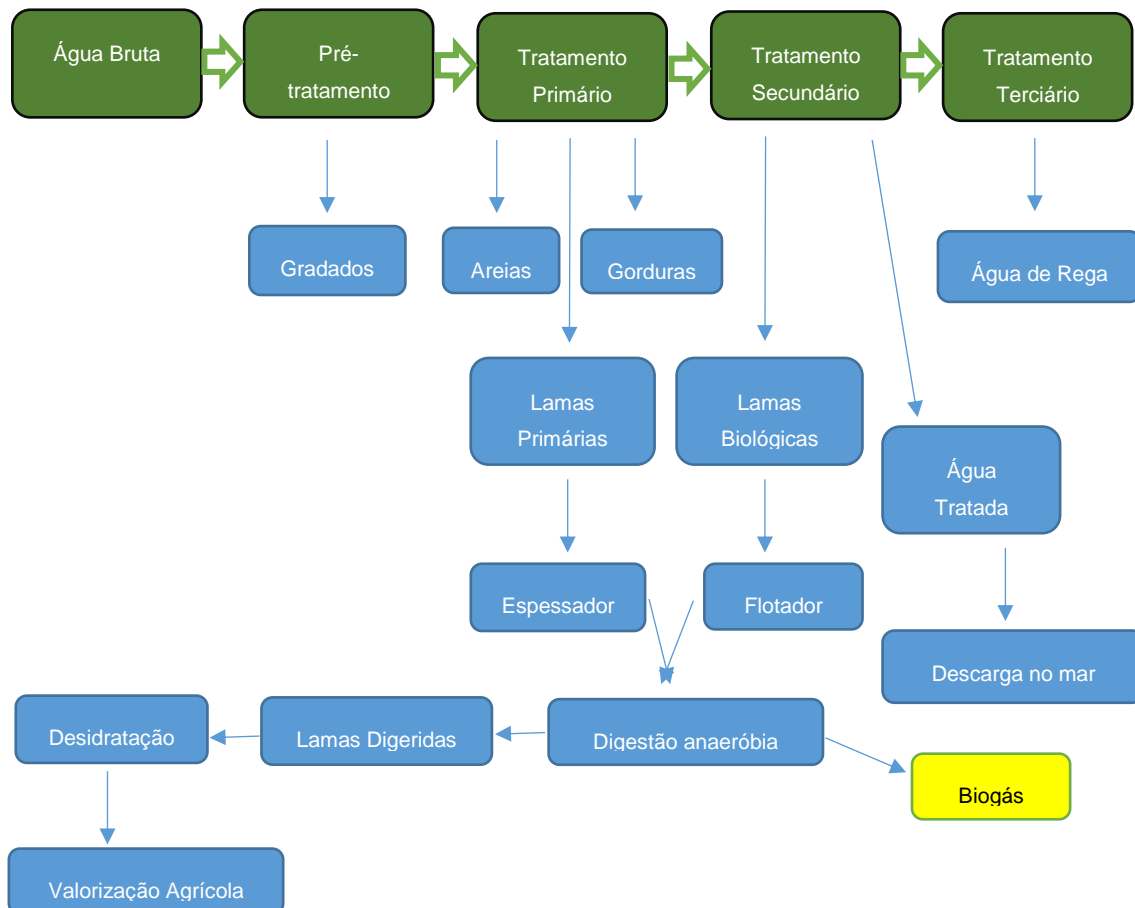


Figura 6 - Organograma dos processos do tratamento da ETAR de Gaia litoral, a cor verde representa a fase líquida, a cor azul: parte sólida, amarelo: fase gasosa.

#### 3.1. Linha líquida

##### 3.1.1. Pré-tratamento

O tratamento preliminar do efluente, através do sistema de gradagem (figura 7), remove os detritos grosseiros presentes na água residual. Estes são removidos para que não interfira ou provoque danos nos tratamentos posteriores. Os sólidos que neste caso podem ser gradados, areias e gorduras que são temporariamente colocados em contentores próprios e encaminhados tanto para incineração ou para aterro.



Figura 7 - Grades mecânicas (Fonte: Bruno Oliveira)

### 3.1.2. Tratamento primário

O tratamento primário tem como objetivo a remoção dos sólidos em suspensão e da matéria orgânica que se encontram no efluente. Nesta ETAR o tratamento primário ocorre num órgão denominado Sedipac 3D (Figura 8). Este órgão compacto consegue realizar três etapas, nomeadamente o desengorduramento, desarenamento e decantação primária.

O desengorduramento tem como objetivo remover os óleos e gorduras que se encontram no efluente através de injeção de ar que leva à acumulação da gordura na superfície. De seguida, deverá ser efetuada uma remoção dessas gorduras e encaminhamento para um destino final adequado. Na fase de desarenamento objetiva-se a remoção de areias que possam existir no efluente, separando-as eficientemente da matéria orgânica. Por último, a decantação primária remove os sólidos em suspensão por intermédio de ação gravítica para que haja clarificação do efluente. O efluente permanece neste órgão durante o período necessário para que a sedimentação dos sólidos suspensos por ação da gravidade seja o mais eficiente possível, de seguida o efluente passa para o tratamento secundário.



Figura 8 - Interior do sedipac 3D (Fonte: Bruno Oliveira)

### 3.1.3. Tratamento secundário

Na ETAR de Gaia litoral é através de processos biológicos que se realiza o tratamento secundário, sendo que consiste na remoção da matéria orgânica ainda existente no efluente. A água residual é direcionada para os reatores biológicos onde existem diversos microrganismos. O tratamento secundário baseia a sua atividade na utilização de reatores biológicos como referido anteriormente e, seguidamente, na decantação secundária.

#### 3.1.3.1. Reatores biológicos

Nos reatores biológicos (Figura 9) estabelecem-se as condições ideais para que os microrganismos já existentes na água se consigam desenvolver e multiplicar de modo a que seja possível rentabilizar ao máximo a sua eficácia na remoção da matéria orgânica. Nos reatores biológicos ocorre a formação das lamas ativadas, a partir das quais se pretende obter matéria decantável. Através da recirculação que é feita a partir do efluente é possível manter uma concentração constante de microrganismos, sendo que por vezes esta concentração pode ser afetada por exemplo por algum químico ou afluentes provenientes de descargas industriais.

O arejamento permite alterar ou manter constante a concentração de oxigénio dependendo do que seja necessário para o processo, mas também tem o objetivo de agitar o reator para que a biomassa não se deposite no fundo do tanque.

Número de linhas	4
Volume por linha	7.500 m <sup>3</sup>
Volume Total	30.000 m <sup>3</sup>
Dimensões de cada linha	4 x (15.8 x 70.0)

Tabela 1 - Características dos reatores biológicos



Figura 9 - Zona dos reatores biológicos (Fonte: Bruno Oliveira)

### 3.1.3.2. Processo de lamas ativadas

O processo de lamas ativadas foi desenvolvido por Arden e Lockett em 1914, sendo, atualmente, aplicado em várias estações de tratamento de águas residuais em todo o mundo. No entanto nos dias de hoje são usadas diversas variações do processo de lamas ativadas original, diferindo principalmente no tipo de fluxo do sistema, de arejamento, e nos tipos de sistemas de arejamento (sistemas por ar difuso, arejamento mecânico, arejamento com oxigénio puro). Este processo tem sido aplicado para tratar os vários tipos de águas residuais, tanto as domésticas como as residuais industriais, e consiste na manutenção de uma elevada concentração de uma cultura mista de microrganismos num reator artificialmente arejado (tanque de arejamento). O conteúdo do reator, designado por licor misto, é constituído por água residual, microrganismos (vivos, assim como mortos), e material coloidal e suspenso inerte, biodegradável e não biodegradável (Arden, 1914).

As lamas ativadas podem ser compostas por diferentes tipos de microrganismos, incluindo vírus, bactérias, protozoários, metazoários e fungos. O sistema de Lamas ativadas permite converter a maior parte da matéria orgânica solúvel e coloidal, que permanece após o tratamento primário, em formas inorgânicas estáveis e massa celular, pois estas vão ser metabolizadas por um diverso grupo de microrganismos. Para ter uma melhor eficácia de tratamento é necessário uma melhor compreensão e controlo do tratamento das águas residuais, é essencial o conhecimento da estrutura da comunidade microbiana dos microrganismos usados nos processos de tratamento (Matsuo, 2001).

O processo de lamas ativadas é sensível às flutuações de certos parâmetros, pelo que se torna relevante ter atenção aos mesmos para uma correta manutenção do desempenho do tratamento. Exemplos de fatores que podem causar perturbações no processo são as condições climatéricas, a taxa de fornecimento de nutrientes, o caudal de recirculação, o fornecimento de oxigénio e as concentrações de sólidos (Bitton, 2011).

### 3.1.3.3. Comunidades microbiológicas

Este processo designado Lamas Ativadas funciona através da criação de condições favoráveis à atividade de alguns microrganismos, maioritariamente bactérias (as principais responsáveis pelo processo depurativo), mas também por protozoários (flagelados, ciliados e sarcodinas) e metazoários (rotíferos, nematodes, oligoquetas, entre outros.)

Neste contexto, existem essencialmente dois grupos a considerar, os decompositores que podem ser bactérias e fungos que apresentam como fonte de energia direta a matéria orgânica solúvel, e os consumidores, por exemplo flagelados heterotróficos, ciliados, rotíferos e pequenos metazoários que têm como alimento bactérias e outros organismos. A ausência de protozoários ciliados reflete-se numa elevada CBO5 e turbidez do efluente tratado. Pode-se considerar que os protozoários representam cerca de 9% da biomassa em suspensão (Nicolau, 2007).

### 3.1.4. Decantação secundário

O efluente depois de sofrer o tratamento biológico é enviado para os decantadores (Figura 10) onde é realizada a decantação secundária. Esta tem como objetivo a deposição gravítica da matéria que se encontra em suspensão. A decantação secundária detém o papel final de separação dos sólidos em suspensão no efluente, permitindo assim a saída do efluente tratado. Como foi referido previamente é necessário haver recirculação de lamas, por forma a manter os reatores biológicos com os microrganismos constantes. Parte do efluente tratado é enviado para o mar pelo executor submarino enquanto a outra parte é sujeita a um tratamento terciário de forma a poder ser aproveitada na própria ETAR como por exemplo em rega de jardins e lavagens.

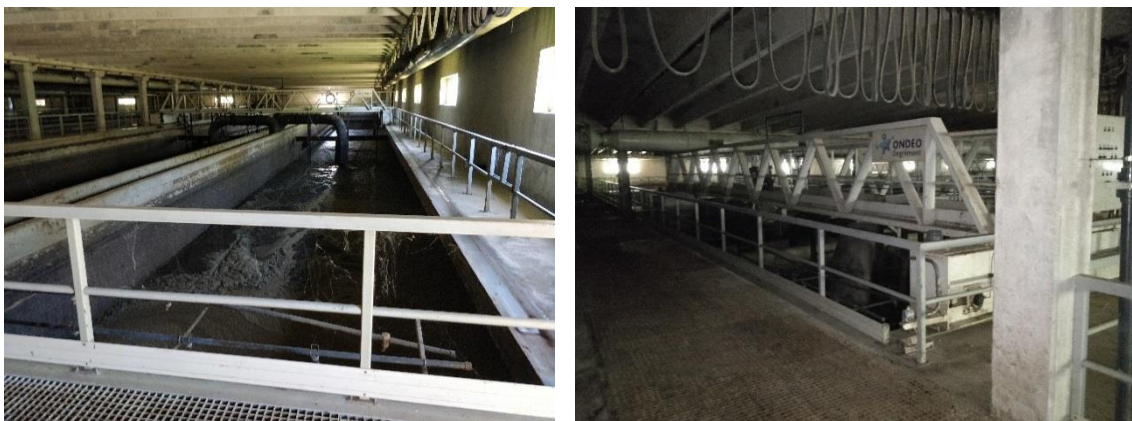


Figura 10 - Decantadores secundários (Fonte: Bruno Oliveira)

### 3.1.5. Tratamento terciário

Neste estágio do tratamento, parte do efluente tratado que não vai para o mar será reaproveitado para rega e lavagens sendo para tal, submetido a filtração através filtros de areia (figura 11) nos quais ficam retidas as pequenas partículas sólidas que ainda possam existir, e ainda desinfeção utilizando um sistema de UV do tipo aberto, com lâmpadas de arco de mercúrio de baixa pressão de disposição horizontal.



Figura 11 - Filtro de areia (Fonte: Bruno Oliveira)

## 3.2. Fase sólida

### 3.2.1. Tratamento de lamas

O tratamento de lamas é constituído por espessamento gravítico das lamas primárias, flotação biológica, digestão anaeróbia e por ultimo desidratação por centrífuga para encaminhamento para posterior valorização agrícola. Durante a digestão anaeróbia é ainda produzido biogás que, na fase gasosa será convertido em energia elétrica que é utilizada pela ETAR.

#### 3.2.1.1. Espessamento

O espessamento das lamas tem como objetivo realizar a separação das fases líquida e sólida das lamas, removendo a água existente e encaminhando a mesma novamente para a fase líquida da operação, sendo designado de sobrenadante do espessador. O espessador apresenta a vantagem de reduzir o volume das lamas, aumentando a eficácia do sistema e reduzindo também custos de operação, pois as lamas tornam-se mais concentradas. Deste modo menos volume de lamas que será levado para fora da ETAR.



Figura 12 - Lado esquerdo da imagem apresenta o espessador.  
 (Fonte: fornecida pela ETAR)

### 3.2.1.2. Flotação

Neste processo, são removidos os sólidos que apresentam menores dimensões quando não sendo possível a separação gravítica. Já para remover os sólidos, é necessário injetar no interior do flotador um fluxo de ar ascendente, de modo a que os sólidos sejam arrastados e acumulados na superfície e de seguida é raspada para o sistema de canalização onde se vai misturar com a lama proveniente do espessador, neste processo também existe um sobrenadante designado por retorno do flotador que vai voltar ao sistema.



Figura 13 – Flotador (Fonte: Bruno Oliveira)

### 3.2.1.3. Digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia ocorre nos digestores anaeróbios (figura 14), que recebem a lama mista, proveniente da mistura da lama do espessador e do flotador. Esta digestão anaeróbia é uma reação bioquímica realizada em três fases e por diversos tipos de bactérias em condições anaeróbicas, ou seja, total ausência de oxigénio. O grupo de bactérias fundamental nesse processo é o grupo de bactérias metanogénicas, que atuam na última etapa, formando o metano ( $\text{CH}_4$ ).

**1ª Fase:** Na primeira fase, a matéria orgânica é convertida em moléculas menores pela ação de bactérias hidrolíticas e fermentativas. As primeiras transformam proteínas em peptídeos e aminoácidos, polissacarídeos em monossacarídeos, gorduras em ácidos gordos, pela ação de enzimas extracelulares, como a protease, a amilase e a lipase. Depois, bactérias fermentativas transformam esses produtos em ácidos solúveis (ex. ácido propiónico), álcoois e outros compostos. Nessa etapa também são formados dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), hidrogénio gasoso ( $\text{H}_2$ ) e ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

**2ª Fase:** Nesta etapa, bactérias acetogénicas transformam os produtos obtidos na primeira etapa em ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), hidrogénio ( $\text{H}_2$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Essas bactérias são facultativas, ou seja, podem atuar tanto em meio aeróbio como anaeróbio. O oxigénio necessário para efetuar essas transformações é retirado dos compostos que constituem o material orgânico.

**3ª Fase:** A etapa final na produção do biogás é a formação de metano. As bactérias metanogénicas, (que formam o metano), transformam o hidrogénio ( $\text{H}_2$ ), o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) em metano ( $\text{CH}_4$ ) e  $\text{CO}_2$ . Estas bactérias são obrigatoriamente anaeróbias e extremamente sensíveis a mudanças no meio, como temperatura e pH. As bactérias envolvidas na formação do biogás atuam de modo simbiótico. As bactérias que produzem ácidos geram os produtos que serão consumidos pelas bactérias metanogénicas. Sem esse consumo, o acumulo excessivo de substâncias tóxicas afetaria as bactérias produtoras de ácidos. O processo de formação de metano é assim descrito por intermédio de equações químicas (Dioha *et al.*, 2013).



Figura 14 - Digestores anaeróbios (Fonte: Bruno Oliveira)

#### 3.2.1.4. Desidratação

A lama resultante da digestão anaeróbia é enviada para a centrífuga onde se pretende remover o máximo de água possível das lamas. Deste modo, as lamas são desidratadas para simplificar o seu transporte. Depois de desidratadas, as lamas armazenadas em contentores na ETAR seguem depois para utilização como fertilizante agrícola passando se necessário por um tratamento extra por parte da empresa que fica com as mesmas para evitar a contaminação dos solos onde será utilizado o biofertilizante.

### 3.3. Fase gasosa

A fase gasosa na estação é a que engloba todo o processo que se dá desde a produção de biogás a partir da digestão anaeróbia, até à produção de energia elétrica por um grupo de cogeração, sendo posteriormente utilizada na ETAR. O biogás é uma mistura gasosa composta principalmente por 40 a 70% de metano ( $\text{CH}_4$ ) e 30 a 60% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) entre pequenas quantidades de outros gases. A temperatura, o pH, os nutrientes e as condições atmosféricas são alguns dos fatores a ter em conta no caudal de biogás produzido. Atente-se que comparativamente com o gás natural, o biogás tem a vantagem de ser uma fonte de energia renovável e inesgotável, por ser produzido pela degradação de resíduos orgânicos, o que não sucede com o gás natural. Após a produção do biogás nos digestores, este é encaminhado para o gasómetro (figura 15) onde é armazenado.



Figura 16 - Gasómetro (Fonte: Bruno Oliveira)



Figura 15 - Purificador (Fonte: Bruno Oliveira)

Este biogás passa pelo purificador, onde se pretende diminuir a concentração do  $H_2S$  que tem um efeito corrosivo nas tubagens no grupo de cogeração para onde se dirige para dar início à produção de energia elétrica. Os compressores de biogás, agitam a lama no interior dos digestores, a caldeira é utilizada caso a água não tenha sido aquecida no grupo de cogeração, e nos permutadores é onde se dão as trocas de calor entre a água e a lama que se encontra nos digestores, de modo a que estes se mantenham a  $37^{\circ} C$ . Em caso de emergência ou excesso de biogás, proceder-se-á à queima/combustão do biogás na tocha, sendo que este biogás queimado não passa sequer pelo purificador.



Figura 17 - Tocha (Fonte: Bruno Oliveira)

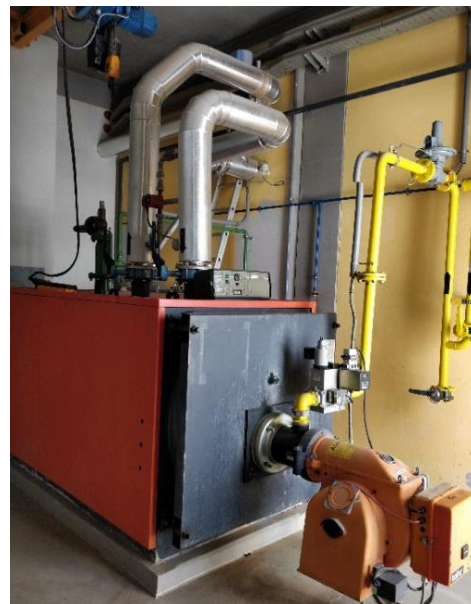


Figura 18 - Caldeira (Fonte: Bruno Oliveira)



Figura 19 - Permutadores de calor (Fonte: Bruno Oliveira)      Figura 20 - Cogeração (Fonte: Bruno Oliveira)

## 4. Desodorização

A ETAR de Gaia litoral é uma ETAR fechada devido a sua localização, pois na zona envolvente encontra-se um parque de campismo, praias e diversas habitações havendo necessidade de evitar odores na zona exterior. Para ser possível efetuar a desodorização do ar contaminado que se encontra dentro das infraestruturas, a ETAR Gaia Litoral utilizava um sistema de três torres para o sistema de lavagem química, mas recentemente foi alterado para uma torre com tecnologia biológica (figura 21) para remoção destes odores. Esta tecnologia tem como nome OBIT desenvolvida pela empresa WeDoTech, e o funcionamento é idêntico aos lavadores químicos, em coluna e em contracorrente, sendo o processo de tratamento efetuado por culturas microbianas imobilizadas num meio de suporte específico, que garantem um processo de tratamento com desempenho elevado.

A ausência de consumo de químicos e a possibilidade de co-tratamento de vários poluentes numa só torre com elevada eficiência, são os principais atributos que fazem esta tecnologia mais sustentável e competitiva quando comparada com os lavadores químicos (Wedotech - <https://www.wedotech.eu/pt/obit/>).



Figura 21 - Torre de desodorização (Fonte: Bruno Oliveira)

## 5. Tipos de tratamentos na ETAR de Febros

### 5.1. Fase líquida

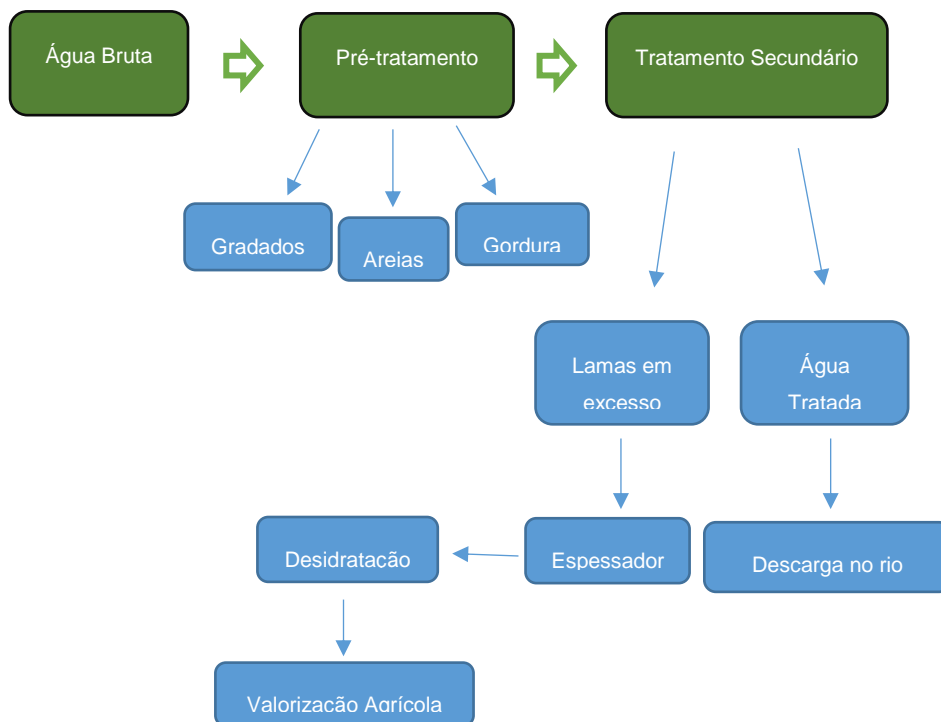


Figura 22 - Organigrama dos processos do tratamento da ETAR de Febros, a cor verde representa a fase líquida, com a cor azul: parte sólida.

### 5.1.1. Pré-tratamento

Esta fase tem como objetivo proteger o funcionamento das estruturas e equipamentos da estação de tratamento através da remoção de sólidos grosseiros, como plásticos, madeiras, tecidos, areias e gorduras. Assim, o pré-tratamento ocorre através de três processos da gradagem de sólidos grosseiros, gradagem de sólidos finos, desarenação-desengordamento.

Depois de entrar na ETAR o efluente é encaminhado para um poço de grossos onde, através de uma colher bivalve, são removidos os materiais de maior dimensão (figura 23). De seguida com uma grelha de limpeza manual são removidos os sólidos grosseiros e a gradagem de sólidos finos com dois tamisadores, que funcionam de forma automática e com uma grelha manual.

Por fim, o afluente passa por duas linhas de desarenamento/desengordamento com arejamento por meio de difusores. Este arejamento provoca a ascensão das gorduras até à superfície o que possibilita a sua remoção através de pontes raspadoras como acontece na ETAR de Gaia Litoral. Atente-se que as areias que se depositam no fundo do desarenador, por ação da gravidade, são extraídas através de uma bomba que as descarrega no classificador de areias, onde aí ocorre a separação da matéria orgânica do efluente. É nesta fase de tratamento que os resíduos como materiais grosseiros, sólidos finos, areias e gorduras são separados. Os sólidos finos, através de um parafuso sem-fim e de uma prensa de resíduos, são encaminhados para um contentor.

Relativamente às gorduras, depois de serem removidas do afluente, são descarregadas numa caixa e depois par um contentor. Nesta ETAR ocorre o mesmo processo que se verifica na ETAR de Gaia Litoral, onde todos os sobrenadantes/resultantes líquidos de cada fase retornam à fase inicial do tratamento, neste caso são as escorrências que voltam a entrar na fase inicial.

Os restantes resíduos grosseiros, as areias e gorduras são transportados por empresas especializadas para fora da ETAR.



Figura 23 - Gradagem de sólidos finos (Fonte: Bruno Oliveira)



Figura 24 - Gradagem de sólidos grosseiros (Fonte: Bruno Oliveira)



Figura 26 - Desarenador e desengordurador (Fonte: Bruno Oliveira)



Figura 25 - Grades de gradagem de sólidos finos (Fonte: Bruno Oliveira)

### 5.1.2. Tratamento secundário

O tratamento secundário é o mais importante, sendo o que também exige maior controlo pois depende do desenvolvimento das comunidades microbiológicas para a remoção da matéria orgânica e nutrientes existentes no afluente.

Atente-se que o tratamento secundário nesta ETAR é diferente da ETAR de Gaia litoral, continua a ser biológico, no entanto ocorre em valas de oxidação, sendo que depois ocorre também a decantação secundária, etapa onde se realiza a sedimentação de toda a matéria em suspensão que se formou nos tanques de arejamento.

### 5.1.2.1. Funcionamento dos reatores biológicos

O tratamento biológico como referido anteriormente dá-se através de valas de oxidação que permitem que o afluente percorra duas zonas diferentes, a zona óxica (figura 27) e anóxica (figura 28), com um fluxo unidirecional e com o fim de alcançar maior rendimento na remoção de matéria orgânica e nutrientes.

Seguidamente, o afluente aflui por gravidade para uma caixa onde o caudal é repartido, ocorrendo uma mistura do afluente e do licor misto que é recirculado dos tanques de tratamento, e esta mistura entra nos dois tanques de arejamento.

O arejamento é feito de forma contínua, a partir de rotores de superfície e a regulação do teor de oxigénio na zona óxica dos reatores biológicos é realizada de forma automática. Através da informação fornecida pelas sondas de oxigénio, os cinco rotores de superfície em funcionamento são ligados ou desligados. Se o teor de oxigénio apresentar valores abaixo dos predefinidos, os rotores são ligados por um determinado período de tempo até os reatores atingirem a concentração de oxigénio necessária para o processo de tratamento biológico ocorrer. Em cada um destes reatores biológicos também existem dois agitadores submersíveis, que funcionam continuamente e permitem manter os sólidos em suspensão e a recirculação interna.



Figura 27 - Zona óxica das valas de oxidação (Fonte: Bruno Oliveira)



Figura 28 - Zona anóxica das valas de oxidação (Fonte: Bruno Oliveira)

Estes tipos de reatores são também conhecidos por funcionarem com tempos de retenção da biomassa elevados, uma razão entre o alimento e os microrganismos baixa e tempos de retenção hidráulicos relativamente longos. Isto faz com que as comunidades bióticas se encontrem na fase de desenvolvimento endógena, ocorrendo metabolização de reservas dos microrganismos, levando à redução das lamas produzidas. Sendo sistemas de arejamento prolongado, o aumento do tempo de retenção implica, por vezes, maiores necessidades de oxigenação, o que tem como consequência um aumento dos custos energéticos associados ao funcionamento dos arejadores. No entanto os custos associados ao tratamento de lamas são mais reduzidos, pois a sua produção é menor.

O excesso de biomassa formada no processo de tratamento será removido na decantação secundária.

#### 5.1.2.2. Decantação secundária

Na decantação secundária o excesso de biomassa formada no processo de tratamento é removido. O funcionamento da ponte raspadora é efetuado por meio de um grupo motor redutor e à medida que a ponte vai girando os raspadores de superfície removem sobrenadantes e os raspadores de fundo evitam possíveis obstruções de lama. Os sobrenadantes resultantes são enviados para a caixa concentradora de sobrenadantes e posteriormente para a obra de entrada. Deste processo resultam o

efluente tratado e as lamas secundárias. As lamas secundárias são encaminhadas para locais diferentes: linha de lamas e reatores biológicos, ocorrendo assim a recirculação de lamas para que continue a existir manutenção a nível da biomassa nos reatores.

Esta fase líquida acaba quando o efluente é encaminhado para um pequeno tanque, onde de seguida passa por uma rampa e por fim chega ao rio (figura 30).



Figura 29 - Decantador secundário (Fonte: Bruno Oliveira)



Figura 30 - Saída de efluente tratado (Fonte: Bruno Oliveira)

## 5.2. Tratamento da fase sólida

Na fase sólida o tratamento de lamas ocorre em diversas etapas designadamente espessamento, homogeneização, acondicionamento e desidratação. Etapas necessárias para diminuir ao máximo o volume total de lamas, procurando diminuir os custos de transporte.

### 5.2.1. Espessamento de lamas

O espessamento de lamas é feito de forma semelhante a ETAR de Gaia litoral e permite a separação dos sólidos presentes nas lamas secundárias, através do processo de sedimentação para diminuir custos de transporte e manutenção das mesmas. Nesta ETAR é utilizado um espessador gravítico (figura 31) e, com forma circular, de eixo vertical e base cónica com o vértice para baixo. É utilizado um polieletrólito na lama antes de entrar no espessador para ajudar a lamas secundárias para ajudar as lamas a sedimentar.



Figura 31 - Espessador de lamas (Fonte: Bruno Oliveira)

### 5.2.2. Homogeneização e acondicionamento de lamas

Após a fase de espessamento, as lamas resultantes são transportadas para um depósito de homogeneização e armazenamento, para que possam seguir para a desidratação. Antes da lama espessada ser desidratada procede-se o seu acondicionamento. Este é efetuado por adição de vários produtos orgânicos neste caso de polieletrólitos aniónicos que provoca a aglomeração das partículas sob a forma de flocos, sendo um processo de extrema importância para o processo de desidratação.

### 5.2.3. Desidratação de lamas

Depois de adicionada a solução de polieletrólito, a lama espessada é bombeada para as duas centrífugas (figura 32) existentes e sujeita a desidratação. Este sistema permite a redução do volume da lama espessada, retirando o máximo de líquidos presentes na lama. No final, a lama é impulsionada, através de uma bomba, para uma tremonha metálica, para posterior deposição em aterro. As escorrências geradas pela desidratação da lama retornam à obra de entrada.



Figura 32 - Centrífuga (Fonte: Bruno Oliveira)

## 6. Controlo analítico

No decorrer deste estágio, foram realizados diariamente várias análises aos diferentes parâmetros de amostras obtidas ao longo das várias etapas do tratamento, para ser possível registar e avaliar o desempenho das ETARs, bem como a comparação do efluente com as licenças de descarga. Realizaram-se assim análises a todas as ETARs de Vila Nova de Gaia, entre elas às duas maiores ETARs, nomeadamente, a ETAR de Gaia Litoral e ETAR de Febros. Os parâmetros analisados foram idênticos, sendo que a única diferença é a periodicidade de certos parâmetros que eram descritos nas fichas diárias. Estas análises foram realizadas seguindo o protocolo do controlo analítico da ETAR.

As condições de análise, a par da técnica de amostragem, podem influenciar de forma significativa o resultado das análises laboratoriais. A amostragem para os diversos tipos de análises, deve ser efetuada de forma a diminuir o tempo de espera até ao arranque das mesmas em laboratório. Deve-se evitar também a agitação e a exposição solar (Hobson, 2009).

## 6.1. Teste de decantabilidade

Existem diversas técnicas e métodos para avaliar a decantabilidade no processo de lamas ativadas. No entanto, os ensaios de decantabilidade revelam-se indicadores chave para avaliar a condição das lamas, uma vez que permitem simular as condições no decantador secundário, onde ocorre a separação dos sólidos suspensos no efluente por deposição gravítica e consequentemente a saída do efluente tratado (Sousa, 2011).

Para além de ser um indicador do funcionamento dos decantadores e espessadores, oferece também informações das características da lama, como a tonalidade, espessura da lama, quantidade de sobrenadante e o aspeto do efluente à saída do decantador (Sousa, 2011).

O teste traduz-se no volume de lama decantada num litro de amostra introduzida numa proveta, ao fim de 30 minutos.

### Descrição da análise

- Homogeneizar muito bem a amostra;
- Transferir a amostra para uma proveta de vidro com capacidade 1000 ml;
- Aguardar 30 minutos;
- No final dos 30 minutos ler o volume de lama no fundo da proveta (Volume de decantação)

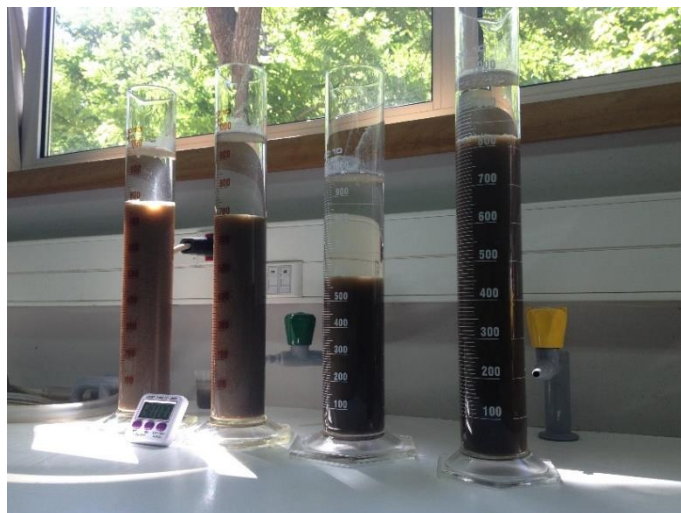


Figura 33 - Provetas de decantação (Fonte: Bruno Oliveira)

## 6.2. pH e condutividade

A medição do pH permite verificar o nível acidez e basicidade das diversas amostras recolhidas, sendo possível avaliar se estas se encontram a níveis prejudiciais ao tratamento biológico ou qualquer outro parâmetro de tratamento. Sendo que normalmente os processos biológicos têm tendência a diminuir o pH, é necessário haver controlo pois valores inferiores a 6 ou superiores a 9, na escala Sorensen, não favorecem o crescimento biológico.

O pH da água residual depende, principalmente, do pH da água de abastecimento que lhe deu origem. No entanto, a introdução de efluentes industriais muito ácidos ou muito alcalinos podem alterar esse valor (Meireles, 2011).

Em relação à condutividade considera-se necessária para a avaliação dos iões presentes nas amostras, sendo que a água no seu estado puro tem uma condutividade elétrica muito baixa.

### Utilizador do eletrodo de pH

- Homogeneizar a amostra;
- Mergulhar o eletrodo na solução em estudo, premindo o botão “M” até que apareça o valor de pH no display;
- No final da leitura, lavar abundantemente o eletrodo com água destilada;

### Utilizar do medidor condutividade

- Mergulhar o eletrodo na solução em estudo, e esperar até o valor estar estável no display;
- No final da leitura, lavar abundantemente o eletrodo com água destilada;

## 6.3. CBO<sub>5</sub>

A Carência Bioquímica de Oxigénio é um parâmetro que representa a quantidade de matéria orgânica biodegradável existente na água residual. Esta, permite medir a quantidade de oxigénio utilizado pela amostra, durante um período de incubação de cinco dias a uma temperatura fixa, normalmente 20°C. O oxigénio consumido é utilizado para a degradação bioquímica da matéria orgânica, mas também para a oxidação de composto orgânicos (Ex: azoto) e inorgânicos (Ex: sulfuretos e ferro), a não ser, que

estes processos sejam impedidos pela adição de substâncias químicas inibidoras (Nagel *et al.*, 1992).

A oxidação de algumas formas de azoto (amónia e óxidos de azoto) constitui uma forte interferência na determinação da CBO5. Numerosos fatores como a existência de sólidos em suspensão ou a falta de agitação podem afetar a precisão e exatidão da determinação de CBO5.

O método utilizado para realizar esta análise, descrito como método de manómetro foi desenvolvido por Caldwell e Langelier (1948) e tem como base o cálculo do decréscimo da pressão em resultado do oxigênio consumido pelos microrganismos que oxidam a matéria orgânica.

Na prática, os frascos de amostra são preenchidos com um volume estipulado de amostra. Os microrganismos degradam as substâncias orgânicas usando o oxigênio gasoso presente no frasco. O dióxido de carbono formado por este processo é absorvido, geralmente por pastilhas de hidróxido de sódio. As mudanças de pressão são medidas por um manómetro e convertidas em consumo de oxigênio, permitindo estipular o valor da carência bioquímica de oxigênio (Jouanneau *et al.*, 2014).

### **Amostragem e conservação**

- Encher completamente os frascos, verificando a inexistência de qualquer bolha de ar.
- As amostras podem ser colhidas em frascos de vidro ou polietileno e conservadas a 4°C e em ambiente escuro.
- A análise das amostras deve ser realizada até 24h após a colheita da amostra.

### **Descrição da análise**

- Ajustar o pH de gama de 6,5 a 7,5 com as soluções diluídas de HCl ou NaOH conforme o caso;
- Conforme o valor de CBO5 esperado, transferir para os respetivos frascos, os volumes de amostra pretendidos, bem como a solução desnitrificante;
- Colocar duas pastilhas de hidróxido de sódio (NaOH – FS\_SGS\_03) na manga de borracha e incorporá-la na rolha. As pastilhas nunca deverão entrar em contacto com as amostras;

- Enroscar o manómetro ao frasco que contém a amostra, apertando-o bem, para evitar fugas;
- Carregar em S e M simultaneamente até o visor indicar 00;
- O manómetro guarda valores todas as 24h. Para ler o valor registado no momento, carregar na tecla M;
- Incubar os frascos durante cinco dias, na estufa a 20°C, em constante agitação.

### Leitura e cálculo

- Após o tempo de incubação, efetuar a leitura dos valores guardados;
- Premir a tecla S para, conseqüentemente, visualizar-se os valores médios de cada dia;
- Converter o valor do 5º dia em CBO5, através da fórmula:

$$\text{CBO5 (mg/l)} = \text{Valor indicado no amostrador} \times \text{Fator de diluição}$$



Figura 34 - Placas de agitação com os respetivos frascos e manómetros  
 (Fonte: Bruno Oliveira)

## 6.4. CQO

O teste de CQO é utilizado para determinar a quantidade de oxigénio equivalente à matéria orgânica de uma amostra, que é suscetível de oxidação por um oxidante químico forte (Eaton *et al.*, 1998). Esta análise foi realizada com a utilização de kits, diminuindo o tempo de obtenção de resultados, e aumentando o número de análises realizadas.

## Descrição da análise

- Agitar a cuvete de reação para por o sedimento em suspensão;
- Pipetar 2,0 ml de amostra. Agitar vigorosamente;
- Aquecer no termoreactor 2h /148°C (Spectroquant® TR320 da Merck);
- Deixar arrefecer;
- Ao fim de 10 minutos agitar cuidadosamente;
- Deixar arrefecer até a temperatura ambiente;
- Efetuar leitura no fotómetro (Spectroquant® Prove 600)



Figura 35 - Spectroquant® Prove 600 usado nos diversos métodos.  
 (Fonte: Bruno Oliveira)

## 6.5. SST e SSV

Este parâmetro, mede a fração da matéria sólida que existe em suspensão e é determinado por filtração. Os SST obtêm-se filtrando uma amostra através de um filtro de fibra de vidro previamente condicionado e posteriormente seco a 105° numa estufa (Eaton *et al.*, 1998).

É uma característica de relevante importância das águas residuais pois está relacionada com os seguintes aspetos: dimensionamento e controlo das ETAR, estimativa de volume de lamas, operação de unidades de tratamento biológico, padrões de qualidade de águas e padrões de qualidade de efluentes. A taxa de remoção de

matéria em suspensão de uma água residual é um dos fatores pelos quais se avalia o rendimento do tratamento.

Em relação aos SSV a amostra é aquecida à temperatura de 550° numa mufla por um período de 30 minutos após terem sido determinados os SST. A diferença entre o resíduo dos SST e a do resíduo resultante corresponde aos SSV (Eaton *et al.*, 1998).

### Descrição da análise SST

- Filtrar um volume (V) de amostra bem homogeneizada de modo a permitir que o tempo de filtração não sejam muito extensos (recomenda-se volumes entre os 25-100ml);
- Colocar o filtro na estufa durante 1h a 105°C (ou até peso constante);
- Transferir para o excicador até que o peso seja constante (Pc).

### Descrição da análise

- Inserir a amostra (usada na determinação dos SST) a analisar na mufla a 550°C;
- Deixar a amostra permanecer na mufla por um período de 30 minutos;
- Deixar arrefecer ao ar até que a maior parte do calor se tenha dissipado;
- Transferir para o excicador e pesar até peso constante (Pc)



Figura 36 - Estufas usados nos diversos métodos. (Fonte: Bruno Oliveira)

## 6.6. ST e SV

Sólidos totais são a quantidade de amostra retida num cadinho após evaporação e secagem a 105°C na estufa (Memmert). Para determinar os sólidos voláteis a amostra é aquecida a 550°C após terem sido determinados os ST. A diferença entre o resíduo dos ST com o resíduo resultante correspondente aos SV. Esta análise caracteriza-se por ser importante uma vez que permite saber a concentração de sólidos presentes nos diversos órgãos de tratamento (Eaton *et al.*, 1998).

### Descrição de análise

- Pesar o cadinho previamente preparado;
- Medir um volume de amostra bem homogeneizada e transferir para o cadinho.

### Sólidos totais (ST)

- Colocar o cadinho na estufa a 105°C até a secar à secar total da amostra/ peso constante (recomenda-se um período nunca inferior a 24h);
- Transferir para o excicador até que o peso seja constante.

### Sólidos voláteis (SV)

- Colocar o cadinho na mufla a 550°C durante 2h;
- Transferir para o excicador até que o peso seja constante.

### Cálculo

- Calcular a concentração de ST segundo a formula:  $\text{mg ST/l} = [(B-A) \cdot 10^6] / V$
- Calcular a concentração de SV segundo a formula:  $\text{mg SV/l} = [(B-C) \cdot 10^6] / V$

## 6.7. Alcalinidade nas lamas

A alcalinidade representa a capacidade que a amostra tem para neutralizar ácidos. Permite verificar a quantidade de carbonato de cálcio necessário para neutralizar a acidez da solução devido ao CO<sub>2</sub> produzido durante o processo da digestão anaeróbia. Por isso é um teste com bastante importância para os diversos tratamentos de água, capacitando neste caso, a avaliação da eficácia e o bom funcionamento do digester e

consequentemente a produção do biogás. A alcalinidade das amostras é determinada através de titulação de neutralização ácido/base (Eaton *et al.*, 1998)

### Descrição da análise

- Medir 25ml de lama e centrifugar a 5000 rpm durante 20 minutos;
- Recolher o sobrenadante para um copo de 400 ml;
- Adicionar 50 ml de água destilada ao sedimento tendo o cuidado de não perder nenhuma porção dos sólidos;
- Voltar a centrifugar a 5000 rpm durante 20 minutos;
- Recolher novamente o sobrenadante para o copo;
- Repetir as centrifugações até obter um sobrenadante clarificado.
- Agitar o sobrenadante recolhido com o auxílio de um agitador magnético e registar o pH inicial;
- Usando uma bureta adicionar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,1 N até atingir pH=4
- Calcular a concentração da alcalinidade segundo a fórmula:

$$\text{Alcalinidade (g/l CaCO}_3\text{)} = v \cdot 4 \cdot 0,05$$

## 6.8. Ácidos gordos voláteis

Os ácidos gordos voláteis (AGV) são importantes compostos intermediários indicadores da digestão anaeróbia, permitindo a avaliação da produção de ácido acético.

### Descrição da análise:

- Medir 25ml de lama e centrifugar a 5000 rpm durante 20 minutos;
- Recolher o sobrenadante para um copo de 400 ml;
- Adicionar 50 ml de água destilada ao sedimento tendo o cuidado de não perder nenhuma porção dos sólidos;
- Voltar a centrifugar a 5000 rpm durante 20 minutos;
- Recolher novamente o sobrenadante para o copo;
- Repetir as centrifugações até obter um sobrenadante clarificado.
- Agitar o sobrenadante recolhido com o auxílio de um agitador magnético e registar o pH inicial;

- Usando uma bureta adicionar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,1 N até atingir pH=3,5;
- Ferver durante 3 minutos, deixar arrefecer e registar o pH ;
- Usando uma bureta adicionar NaOH 0,1N até atingir pH=4;
- Continuar a adicionar NaOH 0,1N até atingir pH=7;
- Calcular a concentração da alcalinidade segundo a fórmula:  
 $AGV \text{ (g/l Ácido Acético)} = ((V_2 - V_1) * 4 * 0,06)$

## 6.9. Azoto total (N)

O azoto é um elemento fundamental para o tratamento das águas residuais pois permite o desenvolvimento de diversos microrganismos essenciais. Por isso é necessário saber a sua quantidade em diversas fases do tratamento, desde o afluente até a saída do efluente.

### Descrição da análise:

- Aplicar o método fotométrico (MERCK 1.14673.000)
- Pipetar para a cuvete vazia 1,0 ml amostra;
- Adicionar 9,0 ml de água destilada;
- Adicionar 1 dose reagente N-1K;
- Adicionar 6 gotas reagente N-2K;
- Aquecer no termoreactor 1h/120°C
- Deixar arrefecer até à temperatura ambiente;
- Pipetar para a cuvete de reação 1,0 ml amostra;
- Adicionar 1,0 ml reagente N-3K;
- Deixar em repouso 10 minutos
- Efetuar leitura no fotómetro

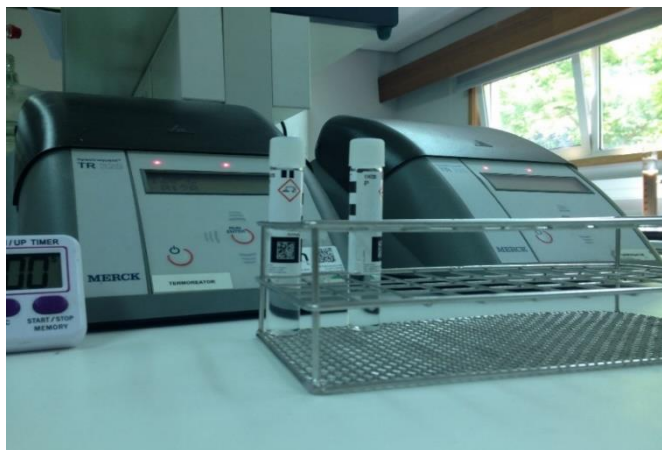


Figura 37 - Termoreactores usados nos diversos métodos (Fonte: Bruno Oliveira)

## 6.10. Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )

Os nitratos são utilizados por vários organismos tais como as cianobactérias como fonte de nutrientes no seu metabolismo, podendo provocar dispersão e crescimento de colónias de cianobactérias. Por isso é necessário saber as quantidades de nitratos existentes nas diversas etapas do tratamento.

### **Descrição da amostra:**

- Aplicar o método fotométrico (MERCK 1.14563.0001)
- Pipetar para a cuvete de reação 1,0 ml de amostra;
- Adicionar cuidadosamente 1,0 ml de reagente  $\text{NO}_3^-$ -1K;
- Deixar repousar durante 10 minutos;
- Efetuar leitura no fotómetro.

## 6.11. Amónia ( $\text{NH}_4^+$ )

A análise deste parâmetro é útil pois a amónia e os nitratos são dois compostos com elevado potencial nocivo para o ambiente e para vários processos do tratamento como os tanques biológicos, em elevadas quantidades pode afetar o processo e provocar crescimento de cianobactérias por exemplo.

### **Descrição da análise**

- Aplicar o método fotométrico (MERCK 1.14563.0001)
- Pipetar para a cuvete de reação 1,0 ml amostra;
- Adicionar cuidadosamente uma dose do reagente  $\text{NH}_4^+$  – 1K e agitar.
- Deixar em repouso 15 minutos.
- Efetuar leitura no fotómetro.

## 6.12. Fósforo total (P)

Este nutriente é muito importante para o crescimento de algas e microrganismos biológicos, sendo necessário que exista controlo na formação deste nutriente para evitar que ocorra a eutrofização provocando diversos problemas ao normal funcionamento da ETAR.

## Descrição da análise

- Aplicar o método fotométrico (MERCK 1.14729.0001)
- Verificar o pH da amostra;
- Se necessário ajustar o pH com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ou NaOH;
- Pipetar para a cuvete de reação 1,0 ml amostra;
- Adicionar 1 dose reagente P-1K;
- Aquecer no termoreactor 30 m/120°C;
- Deixar arrefecer até à temperatura ambiente;
- Adicionar 5 gotas reagente P-2K;
- Adicionar 1 dose reagente P-3K;
- Agitar vigorosamente;
- Ao fim de 5 minutos efetuar a leitura no fotómetro.

## 6.13. Observação microbiológica de lamas ativadas

A análise da microfauna como um indicador do desempenho das lamas ativadas é cada vez mais comum devido à sua importância para o tratamento. As espécies de protozoários aí presentes têm sido bastante estudadas, uma vez que esta análise fornece informação útil sobre a atividade biológica das lamas ativadas, baseadas na estrutura das comunidades microbianas presentes nos tanques de arejamento. O conhecimento da composição da comunidade de protozoários ciliados pode ser utilizado para a determinação do estado de funcionamento dos processos biológicos, como por exemplo sobrecarregadas, arejamento, entre outras. Como é possível observar na tabela 2, os ciliados sésseis e móveis de fundo são, geralmente, abundantes em ETAR com um bom desempenho (Arregui *et al.*, 2010; Ginoris *et al.*, 2007). As amibas com teca demonstram também uma boa eficiência depurativa, sendo, habitualmente, encontradas nos tanques de arejamento dos sistemas de lamas ativadas que realizam a remoção de azoto.

*Arcella sp.*, *Epistylis sp.*, *Euglypha sp.*, ordem Monogononta, *Peranema sp.*, *Vorticella aquadulcis* e *Zoothamnium sp.*, são alguns dos indicadores de efluentes de boa qualidade. Já certos ciliados sésseis pertencentes ao género Opercularia e à espécie *Vorticella microstoma*, ciliados sésseis do género Trachelophyllum, ciliados

bacterívoros nadadores e pequenos flagelados são, habitualmente, considerados como indicadores de efluentes de má qualidade (Madoni, 1994). Acredita-se que os organismos pertencentes à subclasse de Nemátodes, *Opercularia sp.* e *V. microstoma*, são dominantes em condições de fraco arejamento enquanto que *Aelosoma sp.*, *Carchesium sp.*, Euglypha, *Arcella sp.*, ordem Monogononta, *Trochilia sp.*, *V. aquadulcis* e *Zoothamnium sp.*, são indicadores de um bom arejamento (Ginoris, 2007).

Grupo dominante	Eficácia	Causa possível
Pequenos flagelados	Má	Lamas pouco oxigenadas, entrada de substâncias em vias de fermentação
Pequenas amibas nuas e flagelados	Má	Carga elevada e/ou dificilmente degradável
Pequenos ciliados nadadores	Medíocre	Lamas pouco oxigenadas, baixo tempo de retenção de lamas
Grandes ciliados nadadores	Medíocre	Carga demasiado alta
Ciliados sésseis	Baixa	Fenómenos transitórios
Ciliados móveis de fundo	Boa	Desconhecida
Ciliados sésseis + móveis de fundo	Boa	Desconhecida
Amibas com teca	Boa	Carga baixa e/ou diluída; boa nitrificação

Tabela 2 - Exemplos de situações particulares do funcionamento do tratamento biológico de águas residuais por lamas ativadas (Ginoris *et al.*, 2007; Madoni, 2011)

## 7. Resultados do controlo analítico

Durante o estágio foram realizadas diariamente análises a um número elevado de amostras provenientes de diversas ETARs, nomeadamente de Gaia litoral, Febros, Crestuma, Lever, Paço de Sousa, Campelo, Cinfães, Fornos, Ponde da Ribeira, entre outras compactas. Nos gráficos seguintes é dada especial atenção a três parâmetros que são considerados os mais relevantes nomeadamente CQO, CBO5 e SST no afluente e efluente para ser possível comparar a eficácia do tratamento. De notar, que todos os parâmetros analisados têm relevância para o controlo do tratamento.

Nos gráficos ilustrados nas figuras (38,39 e 40) é possível observar os valores de SST, CQO e CBO5 no afluente durante os meses de outubro e junho.

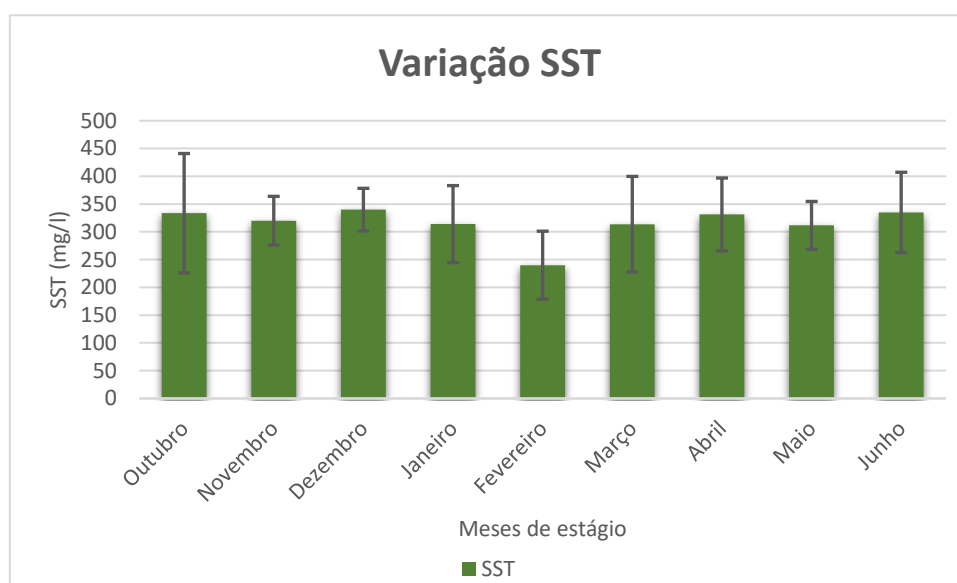


Figura 38 – Média mensal da variação de SST no afluente. As barras a preto representam o desvio padrão – 9 meses

É de notar uma média praticamente constante durante os nove meses, sendo que é no mês de fevereiro onde os valores de sólidos suspensos totais foram menores. De salientar também uma maior variedade dos valores apresentados no mês de outubro.

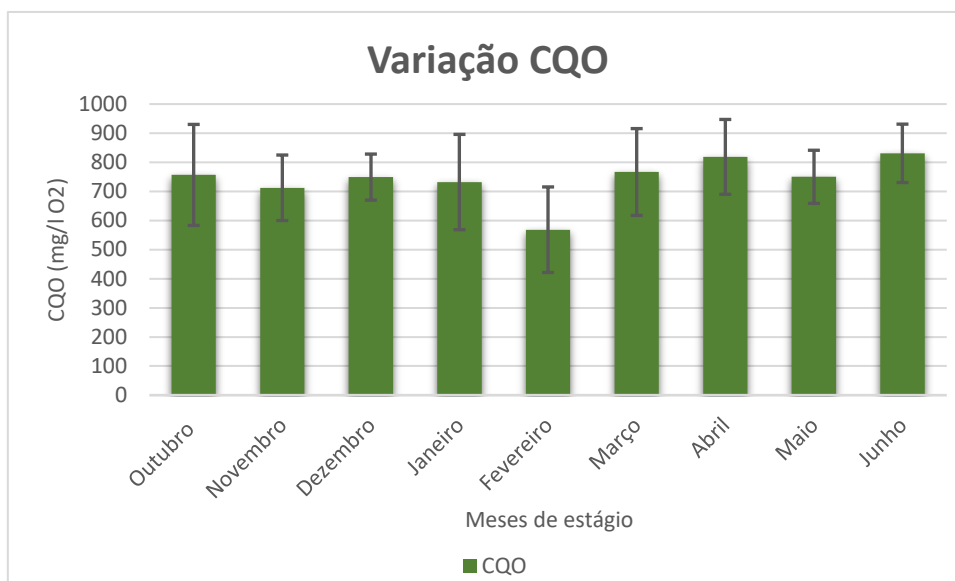


Figura 39 – Media mensal da variação de CQO no afluente. As barras a preto representam o desvio padrão – 9 meses

Com o auxílio da figura 39 pode-se auferir que foi no mês de abril e junho que se registou um valor médio ligeiramente mais elevado de testes de CQO, sendo o valor mais baixo registado em fevereiro, tendo como possível explicação o aumento de precipitação durante os meses de janeiro e fevereiro, que leva a diluição do afluente e consequentemente menor carga orgânica.

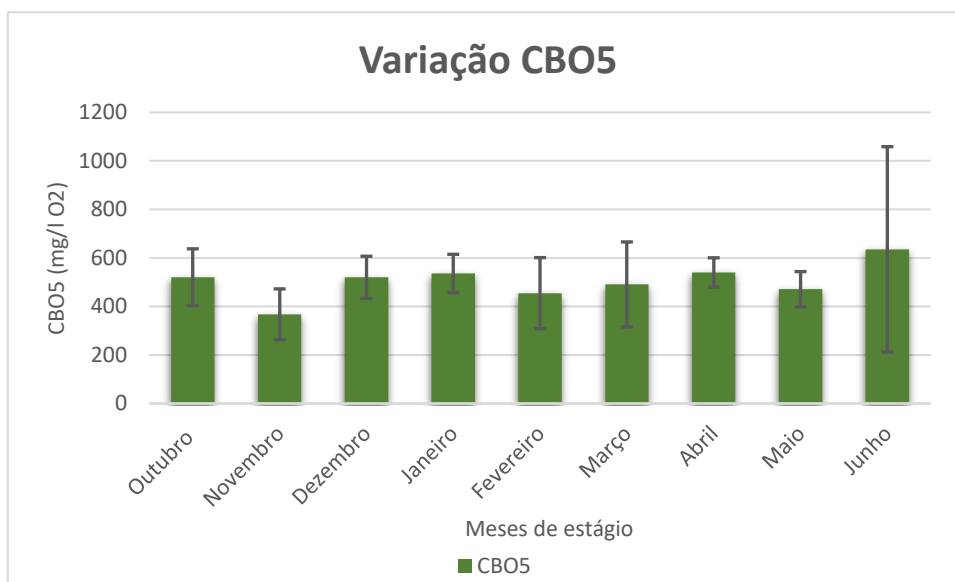


Figura 40 – Media mensal da variação de CBO5 no afluente. As barras a preto representam o desvio padrão - 9 meses

Relativamente a este parâmetro, os valores médios de CBO5 no afluente foram similares durante os nove meses, mas ligeiramente superior no mês de junho, onde também foi possível observar uma maior discrepância nos valores devido a uma

amostra bastante acima da média. Uma possível explicação pode estar relacionada com o facto de haver amostras pontuais provenientes de indústrias com elevadas concentrações de químicos e carga orgânica.

Para ser considerado um bom efluente tem de estar dentro dos limites que a legislação considera como sendo aceitável, esta legislação que está presente no (Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho) considera os parâmetros SST, CBO5 e CQO com os limites que estão descritos na tabela 3. Nos gráficos ilustrados nas figuras (41,42 e 43) é possível observar os valores médios por mês desses três parâmetros comparando com os Valores Limite de Emissão.

Parâmetros	Valores Limites de Emissão
<b>SST</b>	35 mg/l
<b>CQO</b>	125 mg/l
<b>CBO5</b>	25 mg/l

Tabela 3 - Valores Limite de Emissão descritos na legislação

Relativamente à avaliação efetuada ao parâmetro SST à saída da ETAR, é possível observar no gráfico da figura 41 que durante todo o período este se encontra abaixo dos valores limites de emissão que para este parâmetro é (35 mg/l). O que significa que o tratamento em relação aos sólidos totais suspensos cumpre com a VLE. Demonstrando a eficácia do tratamento.

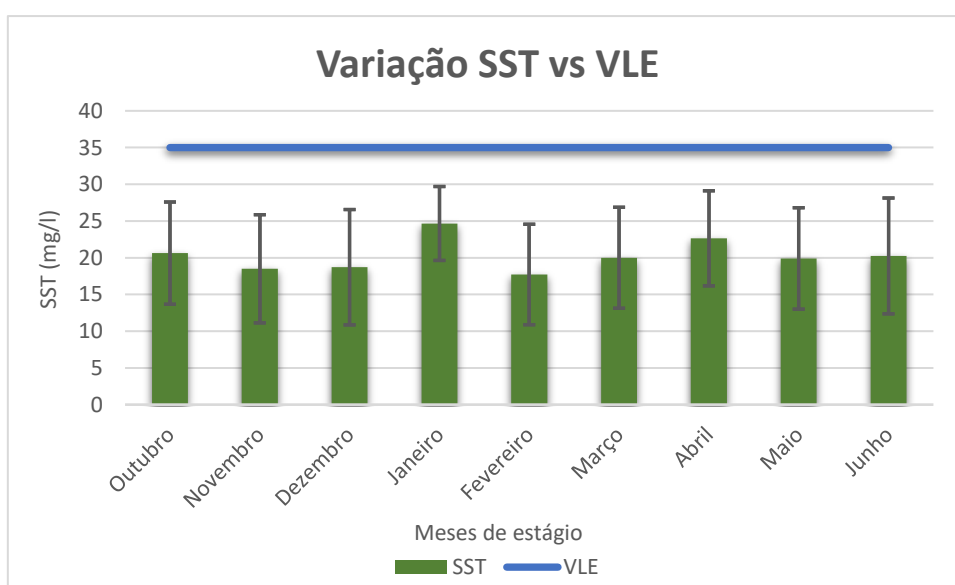


Figura 41 – Comparação do valor médio de SST vs VLE no efluente. As barras a preto representam o desvio padrão - 9 meses

Em relação a avaliação efetuada ao parâmetro Carência Química de Oxigénio (CQO) à saída da ETAR, é possível observar no gráfico da figura 42 que todos os valores estão abaixo dos valores limites de emissão que neste caso é (125 mg/l O<sub>2</sub>) durante todo o período de realização do estágio. Significa isto que o efluente se encontra em boas condições para ser feita a descarga no mar, de notar que no mês de janeiro foi o mês onde se verificou uma media superior de CQO contudo ainda bem a baixo do limite.

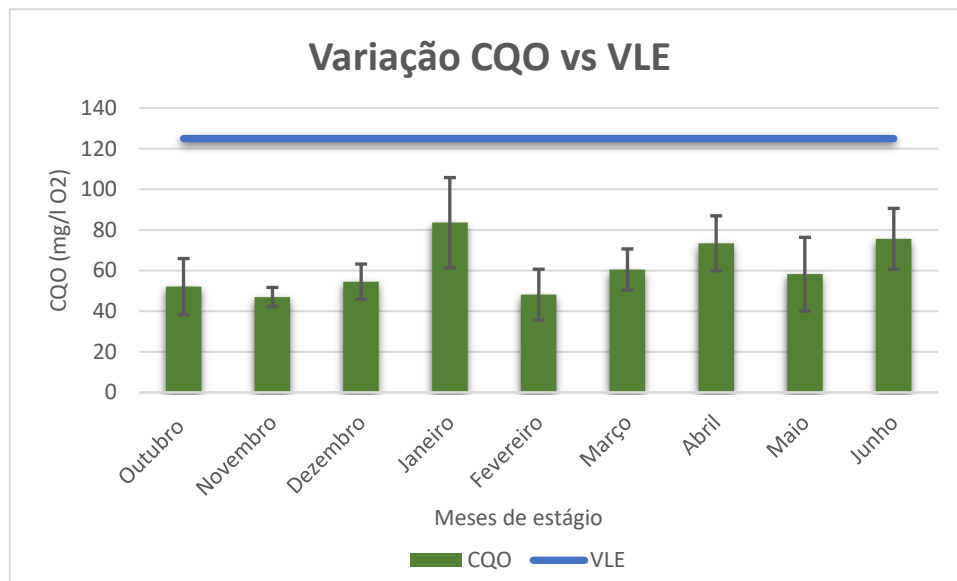


Figura 42 - Comparação do valor médio de CQO vs VLE no efluente. As barras a preto representam o desvio padrão. – 9 meses

Relativamente à avaliação efetuada ao parâmetro Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>) no efluente, é possível observar no gráfico da figura 43 que este se encontra abaixo dos valores limites de emissão (25 mg/l O<sub>2</sub>) durante os nove meses de estágio. Isto significa que durante a oxidação biológica da matéria orgânica ou inorgânica o oxigénio não foi consumido nas concentrações que tornariam o efluente impróprio para ser libertado no mar, de notar também que como na CQO, o mês de janeiro apresentou um valor médio mais elevado.

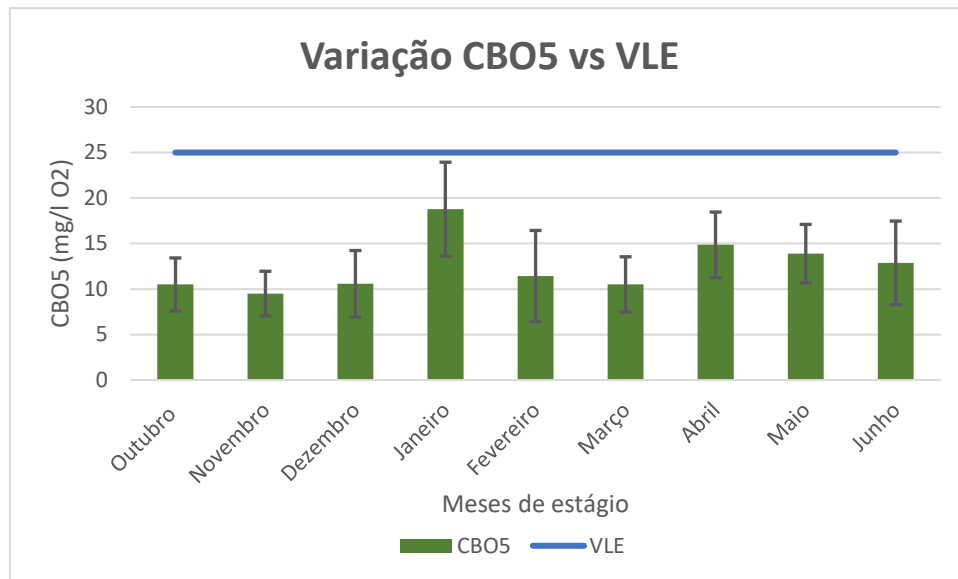


Figura 43 - Comparação do valor médio de CBO5 vs VLE no efluente. As barras a preto representam o desvio padrão – 9 meses

### Taxa de redução

A taxa de redução também está descrita no Decreto-lei nº 152/97 de 19 de Junho, no Quadro nº 1, esta norma descrita em percentagem também incide sobre os mesmos três parâmetros (SST, CQO e CBO5) para decretar se o efluente garante as condições mínimas para ser libertado no mar. Com os valores destes mesmo parâmetros no afluente e no efluente é possível chegar as taxas de remoção, e de seguida comparar com as percentagens mínimas exigidas. (tabela 4)

Mês	SST%	% mínima	CQO%	% mínima	CBO <sub>5</sub> %	% mínima
<b>Outubro</b>	92,7	70	92,7	75	97,9	70-90
<b>Novembro</b>	94,0	70	93,2	75	97,3	70-90
<b>Dezembro</b>	93,5	70	92,6	75	97,7	70-90
<b>Janeiro</b>	92,9	70	88,1	75	96,3	70-90
<b>Fevereiro</b>	92,6	70	92,0	75	96,7	70-90
<b>Março</b>	93,4	70	92,1	75	97,5	70-90
<b>Abril</b>	92,7	70	92,0	75	97,2	70-90
<b>Mai</b>	93,6	70	92,4	75	97,0	70-90
<b>Junho</b>	96,0	70	92,9	75	98,0	70-90

Tabela 4 - Taxa de redução de SST, CQO e CBO5 media por mês em comparação com a percentagem mínima exigida

A legislação define a percentagem mínima de redução de SST, CQO e CBO5 em estações de tratamento de águas residuais urbanas é de 70%, 75% e 70-90% respetivamente. Como se pode observar na tabela 4, todos os parâmetros durante o período de estágio estão dentro dos limites estabelecidos no Decreto-lei nº 152/97 de 19 de Junho, no Quadro nº 1. Mesmo nos meses onde se verifica menor redução, como no caso de fevereiro nos SST e de janeiro na CQO e CBO5, estes encontram-se bastante a cima dos mínimos para cada parâmetro. Uma possível explicação para a redução da taxa de redução, é o decréscimo da temperatura verificada nos meses de janeiro e fevereiro, que provoca uma diminuição da taxa de crescimento e na atividade enzimática dos microrganismos, que fazem a depuração da água residual.

Contudo, é possível concluir que a ETAR cumpre com os requisitos, e que o efluente está pronto para voltar aos cursos de água.

## 8. Conclusões

Durante os 9 meses de estágio na ETAR de Gaia Litoral, foi possível retirar várias conclusões acerca do funcionamento bem como a eficiência do tratamento de águas residuais e alguns dos fatores que influenciam essa eficácia. Foi possível verificar também a enorme importância que o controlo analítico tem na gestão do tratamento efetuado na ETAR.

Globalmente, foi possível concluir que o processo de tratamento funcionou muito bem, pois todas as amostras quando comparados com a legislação correspondente, estavam sempre abaixo dos valores exigidos, mais concretamente as amostras do efluente tratado.

## 9. Bibliografia

Águas de Gaia [http://www.aguasgaia.pt/pt/dados.php?ref=san\\_etar\\_gaia\\_litoral](http://www.aguasgaia.pt/pt/dados.php?ref=san_etar_gaia_litoral)  
(Consultado em junho de 2017)

Ardern, E. and Lockett, W.T., (1914) "*Experiments on the Oxidation of Sewage Without the Aid of Filters*," Journal of the Society of Chemical Industry, Volume 33.

Arregui L., Pérez-Uz B., Salvadó H.S., Serrano. (2010) *Progresses on the knowledge about the ecological function and structure of the protists community in activated sludge wastewater treatment plants*. Formatex.

Bitton, G., (2011) *Wastewater Microbiology*. 4th edition. New Jersey, John Wiley & Sons.

Dioha, I. J., Ikeme, C. H., Nafi'u, T., Soba, N. I. e Yusuf, M. B. S. (2013) *Effect of Carbon to Nitrogen Ratio On Biogas Production*. European Centre for Research Training and Development.

Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., Franson, M. A. H (1998). *Standard methods for the examination of water and Wastewater*. 20th ed. 1998. Washington, DC: American Public Health Association

Ginoris Y.P., Amaral A.L., Nicolau A., Coelho M.A.Z., Ferreira E.C., (2007) *Development of an image analysis procedure for identifying protozoa and metazoa typical of activated sludge system*. Water research; 41, 2580-2589.

Hobson, T. (2009). *Activated Sludge - Evaluating and Controlling Your Process* 7th edition. Kansas, EUA, Hobson's Choice Press.

Jouanneau S, Recoules L, Durand MJ, Boukabache A, Picot V, Primault Y, Lakel A, Sengelin M, Barillon B, Thouand G (2014) *Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): a review*. Water Res 49: 62–82.

Madoni P., (2011) *Protozoa in wastewater treatment processes: A minireview*. Italian Journal of Zoology; 78(1), 3-11.

Madoni, P., (1994) *A sludge biotic index (SBI) for the evaluating of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis*; 28(1): 67-69.

Matsuo, T., (2001) *Advances in water and wastewater treatment technology: molecular technology, nutrient removal, sludge reduction and environmental health*, Volume 21. Amsterdam: Elsevier.

Meireles, M. F., (2011) *Otimização da Estação de Tratamento de Águas Residuais de Crestuma*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto

Metcalf & Eddy (2003) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. New York: McGraw-Hill.

Ministério do Ambiente (1997). *Decreto – Lei nº152/97, de 19 de junho*. Diário da República – I Série A. Lisboa.

Ministério do Ambiente (1998). *Decreto – Lei nº236/98, de 1 de agosto*. Diário da República – I Série A. Lisboa

Nagel, B., Dellweg, H., Gierasch, L.M., 1992. *Glossary for chemists of terms used in biotechnology*. Pure Appl. Chem; 64 (1): 143-168.

Nicolau, A., (2007) *Índice Biótico de Lamas: Identificação de Protozoários e Metazoários*. Biotempo.

SIMDOURO <http://www.simdouro.pt/dados.php?ref=etarfebros> (Consultado em junho de 2017)

SIMDOURO <http://www.simdouro.pt/dados.php?ref=etargaialit> (Consultado em junho de 2017)

SIMDOURO <http://www.simdouro.pt/dados.php?ref=etargaialit> (Consultado em junho de 2017)

SIMDOURO <http://www.simdouro.pt/dados.php?ref=quem-somos> (Consultado em junho de 2017)

Sousa, P. F., (2011) Caracterização da decantabilidade das lamas ativadas de sobreiras. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Faculdade do Porto

Wedotech <https://www.wedotech.eu/pt/obit/> (Consultado em julho de 2017)