

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA
RAMO TECNOLOGIAS DE PROTECÇÃO AMBIENTAL



Optimização da Estação de Tratamento de Águas Residuais de Crestuma



Maria de Fátima Rocha Meireles
Novembro 2011

Orientadores ISEP:
Doutora Leonilde Cristina de Pinho Morais
Doutora Sónia Adriana Figueiredo

Orientador Águas e Parque Biológico de Gaia, E.E.M.:
Eng^a Raquel Silva

Agradecimentos

Agradeço aos meus filhos, Pedro e Joana, e ao meu marido pelo apoio que me deram nas horas de maior dificuldade e desânimo.

Os meus agradecimentos às orientadoras desta tese, Doutora Cristina Morais e Doutora Sónia Adriana Figueiredo, pelo apoio e disponibilidade prestada na realização deste trabalho.

Agradeço os contributos dos meus colegas das Águas de Gaia, Eng.^a Raquel Silva, Eng.^a Jorge Ribeiro e a todos os operadores, que cooperaram com os seus conhecimentos, na resolução das dúvidas existentes.

Bem hajam!

Resumo

O presente trabalho, elaborado entre Fevereiro e Julho de 2011, pretendeu analisar o impacto de algumas estratégias de optimização, adoptadas no âmbito da gestão de processo. As soluções estudadas tiveram como objectivo fazer face a alguns problemas de funcionamento da estação de tratamento de águas residuais (ETAR) de Crestuma, com recurso aos meios existentes.

Para esse efeito foi realizada uma análise ao histórico dos registos de exploração referentes ao período de Janeiro de 2008 a Julho de 2011, pois foi considerado que este seria o período necessário para a análise e apuramento de resultados conclusivos.

A ETAR fica situada na freguesia de Crestuma, actualmente com 2619 habitantes, localizada na confluência do regato de Vessadas com o rio Douro. Destina-se a tratar as águas residuais provenientes do sistema de drenagem de três localidades, S. Fioso, S. Picoto e S. Vessada, contribuindo para a despoluição do rio Douro.

Genericamente, a ETAR tem apresentado um desempenho bastante satisfatório, respeitando os valores limites de emissão previstos na legislação actual (Decreto-Lei 152/97).

A permanência de grandes quantidades de lama no processo, associada a uma elevada idade das lamas, está na origem da sua má sedimentabilidade, dificultando, por sua vez, a sua remoção do sistema. Com objectivo de se conseguir remover as lamas biológicas de uma forma mais eficiente, foi adoptada uma estratégia que compreendeu duas etapas.

Com a finalidade de melhorar a sedimentabilidade, numa primeira etapa foi introduzido no processo um produto biológico, composto essencialmente por fungos, comercialmente conhecido por Optibiom 7450L. Com vista a obter-se uma maior eficiência na desidratação das lamas, a segunda etapa consistiu na substituição do polímero usado na lama espessada, por outro, de composição diferente, comercialmente conhecido por Easy 6040.

Com as alterações introduzidas, foi possível obter um melhor controlo do processo e convergir para parâmetros de funcionamento mais próximos dos valores referidos na bibliografia. As alterações mais relevantes foram verificadas nos valores de sólidos suspensos totais (SST) no reactor biológico e na recirculação, tendo-se obtido valores médios de 3846 e 9716 mg/L, respectivamente (correspondendo a valores anteriores ao tratamento de 5301 e 7430 mg/L). Assim, a razão entre as concentrações de SST na corrente de recirculação e no reactor biológico passou de 1,4 para 2,6. A idade das lamas diminuiu de 42 para 36 dias com a adição do polímero Easy 6040 e o índice volumétrico de lamas apresentou uma redução, de 134 mL/g para 100 mL/g, o que se traduziu numa melhor sedimentabilidade das lamas.

Desta forma, obteve-se uma diminuição de 33,3% no volume de lama produzida por m³ de afluente tratado, bem como uma redução de 27% no número de horas de funcionamento da centrífuga e um decréscimo ligeiro no consumo global de energia da ETAR (0,89%).

Conclui-se que as alterações introduzidas no processo, adição de um produto biológico composto por fungos (Optibiom 7450L) e substituição do polímero usado na lama espessada por outro de composição diferente (Easy 6040), conduziram a uma melhoria no funcionamento do tratamento biológico da ETAR de Crestuma.

Abstract

This work, prepared between February and July 2011, aimed to analyse the impact of the optimization strategies adopted in the management process. The studied solutions intended to solve some operation problems in the Crestuma wastewater treatment plant (WWTP), using the existing facilities.

For this purpose an analysis of the plant records history was performed in the period from January 2008 to July 2011, which was considered the necessary time for analysis in order to obtain conclusive results.

The WWTP is located in the parish of Crestuma, currently with 2619 inhabitants, located at the confluence of the Vessadas stream with the Douro river. It is intended to treat the wastewaters from three locations, S. Fioso, S. Picoto and S. Vessada, contributing to the reduction of pollution of Douro river.

Generally, the treatment plant has been presenting a very satisfactory performance, complying the limit emission values according to the current legislation (Decree-Law 152/97).

The persistence of large amounts of sludge in the process, associated with a high sludge age, is the source of its poor settling, preventing its removal from the system. In order to remove more efficiently the biological sludge, a two steps strategy has been adopted.

In order to improve the settleability of the sludge, in the first step a biological product, composed mainly of fungi (Optibiom 7450L), was introduced into the process.

In order to increase the efficiency of sludge dewatering, the second stage was the replacement of the polymer used in the sludge thickening by another of different composition (Easy 6040).

The changes introduced led to obtain a better process control and converge to operating parameters closer to the literature values. The most relevant changes were observed in the values of total suspended solids (TSS) in the biological reactor and recirculation, which correspond to average values of 3846 and 9716 mg/L, respectively (corresponding to ancient values of 5301 and 7430 mg/L). Thus, the ratio of the concentrations of TSS in the stream of recirculation and biological reactor increased from 1.4 to 2.6. The age of the sludge has been reduced from 42 to 36 days with the addition of the polymer Easy 6040 and the sludge volume index showed a reduction of 134 mL/g to 100 mL/g, which improved the sludge settleability.

Thus, decrease of 33.3% was obtained in the volume of sludge produced per m³ of treated affluent as well as a 27% reduction in the number of hours of operation of the centrifuge and a slight decrease in the overall energy consumption of the WWTP (0.89%).

It may be concluded that the process changes introduced, addition of a biological product containing fungi (Optibiom 7450L) and the replacement of the polymer used in the

sludge thickening by another of different composition (Easy 6040), led to an improvement in the operation of the Crestuma WWTP biological treatment.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1 Município de Vila Nova de Gaia e a empresa Águas e Parque Biológico de Gaia E.E.M	1
2. Tratamento de águas residuais urbanas	9
2.1 Principais etapas de uma ETAR com tratamento biológico	10
2.1.1 Pré-Tratamento	10
2.1.2 Tratamento Primário	10
2.1.3 Tratamento Secundário	11
2.1.3.1 Microbiologia das lamas activadas.....	12
2.1.3.2 Factores que afectam a eficiência.....	16
2.1.3.3 Vantagens e desvantagens das lamas activadas.....	17
2.1.4 Tratamento Terciário.....	17
3. Descrição do processo da ETAR de Crestuma.....	19
3.1 Dados de projecto.....	19
3.1.2 Qualidade do efluente tratado	20
4. Fluxo de tratamento da ETAR de Crestuma	22
4.1 Descrição geral da instalação	23
4.1.1 Pré-tratamento (fase líquida)	23
4.1.2 Medidor de caudal do afluente	25
4.1.3 Tratamento secundário	26
4.1.4 Decantador secundário.....	28
4.1.5 Tratamento Terciário – Sistema de Desinfecção.....	30
4.2 Processo de tratamento de lamas (fase sólida)	31
4.2.1 Estação elevatória de lamas.....	31
4.2.2 Espessamento de lamas	32
4.2.3 Desidratação mecânica de lamas	33
4.2.4 Poço de escorrências e sobrenadantes.....	34
5. Monitorização da ETAR de Crestuma	35
5.1 Objectivos de qualidade	35
5.2 Controlo analítico e processual.....	35
5.2.1 Análise de resultados do Controlo Analítico	37
5.2.1.1 Caudal de água residual afluente á ETAR.....	37
5.2.1.2 Sólidos suspensos totais (SST).....	39
5.2.1.3 Variação do pH	40
5.2.1.4 Variação da CQO.....	41

5.2.1.5	Variação da Carência bioquímica de oxigénio (CBO ₅)	42
5.2.1.6	Percentagem de remoção CBO ₅ , CQO E SST	43
5.2.1.7	Razão CBO ₅ /CQO	43
5.2.1.8	Nutrientes - Azoto e Fósforo.....	44
5.3	Caracterização das lamas.....	46
5.3.1	Índice volumétrico de lamas - IVL	46
5.3.2	Tempo de Retenção Hidráulica – TRH	48
5.3.3	SST e SSV no reactor biológico e na corrente de recirculação.....	49
5.3.4	Razão Alimento / Microrganismos (A/M) ou carga mássica	50
5.3.5	Idade das lamas.....	51
5.3.6	Matéria seca na lama espessada e nas lamas desidratadas	52
6.	Análise e discussão.....	54
6.1	Enumeração dos principais problemas da ETAR	54
6.2	Discussão	55
7.	Conclusões.....	62
8.	Sugestões.....	64
	Referências bibliográficas	65
	Anexos	67
	Anexo I – Ficha técnica da mistura fúngica, Optibiom 7450L	67
	Anexo II – Ficha técnica do polímero, Easy 25	68
	Anexo III – Ficha técnica do polímero, Easy 6040	69
	Anexo III – Dados 2008.....	70
	Anexo IV – Dados 2009.....	71
	Anexo V – Dados 2010.....	72
	Anexo VI – Dados 2011.....	73

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Situações particulares do funcionamento de estações de tratamento biológico de águas residuais por lamas activadas.....	16
Tabela 3.1 - Populações de projecto e actual (habitantes).....	19
Tabela 3.2 - Caudais afluentes à ETAR: valores de projecto e actual.....	19
Tabela 3.3 - Concentrações de projecto das águas residuais afluentes à ETAR	20
Tabela 3.4 - Limites de descarga dos parâmetros legislados.....	21
Tabela 4.1 - Principais características e condições de funcionamento do sistema de gradagem.....	24
Tabela 4.2 - Principais características e condições de funcionamento do sistema de remoção de areias.....	25
Tabela 4.3 - Parâmetros de funcionamento do tanque de arejamento.....	28
Tabela 4.4 - Principais características do tanque de arejamento.....	28
Tabela 4.5 - Principais características do decantador.....	30
Tabela 4.6 - Características do sistema de desinfecção ultravioleta.....	31
Tabela 4.7 - Principais características do espessador gravítico.....	33
Tabela 5.1 – Frequência de monitorização do controlo analítico.....	36
Tabela 5.2 - Métodos utilizados.....	37
Tabela 5.3 - Capitações de água residual em 2006 para regiões hidrográficas de Portugal continental e ilhas.....	38
Tabela 5.4 - Valores de referência de IVL.....	47
Tabela 5.5 - Valores obtidos de V30, SST e IVL.....	47
Tabela 5.6 - Valores de referência de TRH.....	48
Tabela 5.7 - Tempos de retenção do reactor biológico e decantador; taxa do caudal recirculação.....	48
Tabela 5.8 - Valores de referência da razão A/M.....	51
Tabela 5.9 - Calculo da carga mássica no reactor biológico.....	51
Tabela 5.10 - Valores obtidos da idade das lamas.....	52
Tabela A III.1 – Dados obtidos durante o ano 2008.....	70
Tabela A IV.1 – Dados obtidos durante o ano 2009.....	71
Tabela A V.1 – Dados obtidos durante o ano 2010.....	72
Tabela A VI.1 – Dados obtidos durante o ano 2011.....	73

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Limites do Município de Vila Nova de Vila Nova de Gaia	1
Figura 1.2 - Localização das ETAR de Vila Nova de Gaia	3
Figura 1.3 - Vista aérea da ETAR de Gaia Litoral	4
Figura 1.4 - Vista aérea da ETAR do Areíinho.....	5
Figura 1.5 - Vista aérea da ETAR de Febros	6
Figura 1.6 - Vista aérea da ETAR de Lever	7
Figura 1.7 - Vista aérea da ETAR de Crestuma	8
Figura 2.1 – <i>Microthrix parvicella</i> (a) e <i>Nocardia</i> (b)	12
Figura 2.2 - Filamentosas: tipo 1863 (a) e tipo 021N (b).....	13
Figura 2.3 – Ciliados nadadores: <i>Trachellophyllum</i> (a); Carnívoro: <i>Coleps hirtus</i> (b).....	13
Figura 2.4 - Ciliados nadadores: <i>Litonotus fasciola</i> (a) e <i>Paramecium caudatum</i> (b).....	14
Figura 2.5 - Ciliados móveis de fundo: <i>Aspidisca</i> (a) e <i>Euplotes affinis</i> (b).....	14
Figura 2.6 - Ciliados sésseis: <i>Zoothamnium</i> (a), <i>Vorticella convallaria</i> (b) e <i>Opercularia</i> sp. (c).....	14
Figura 2.7 - Mecanismo de filtração de bactérias por parte dos diferentes grupos de ciliados bacteriófagos.....	15
Figura 4.1 - Diagrama esquemático do processo de tratamento da ETAR de Crestuma.....	22
Figura 4.2- Obra de entrada	23
Figura 4.3 - Desarenador.....	25
Figura 4.4 - Classificador de areias	25
Figura 4.5 - Caudalímetro	26
Figura 4.6 - Reactor biológico	26
Figura 4.7 - Decantador secundário.....	29
Figura 4.8 - Sistema desinfecção ultravioleta	31
Figura 4.9 - Homogenizador e espessador.....	32
Figura 4.10 - Centrífuga	33
Figura 5.1 - Caudal médio afluente.....	38
Figura 5.2 - Variação dos SST do afluente e efluente	39
Figura 5.3 - Variação do pH afluente, efluente e reactor biológico	40
Figura 5.4 - Variação da CQO afluente e efluente	41
Figura 5.5 - Variação da CBO ₅ afluente e efluente	42
Figura 5.6 - Variação da % de remoção da CBO ₅ , CQO e SST.....	43
Figura 5.7 - Variação da razão CBO ₅ /CQO	44
Figura 5.8 - Variação da concentração de azoto	45

Figura 5.9 - Variação da concentração de fósforo	45
Figura 5.10 - Variação da % de remoção do azoto e fósforo	46
Figura 5.11 - Resultados obtidos dos SST e SSV no reactor biológico	49
Figura 5.12 - Resultados obtidos dos SST e SSV na lama recirculada	50
Figura 5.13 - Percentagens obtidas de matéria seca da lama espessada.....	52
Figura 5.14 - Percentagens obtidas de matéria seca da lama desidratada.....	53
Figura 6.1 - Variação dos sólidos suspensos totais do reactor biológico e efluente.....	57
Figura 6.2 - Variação dos sólidos suspensos totais da recirculação.....	58
Figura 6.3 - Variação da razão entre SST da recirculação e SST do reactor biológico....	58
Figura 6.4 - Variação do caudal de lamas espessadas.....	59
Figura 6.5 - Variação do volume de lama espessada/volume de afluente tratado.....	59
Figura 6.6 - Variação de horas de funcionamento da centrífuga.....	60
Figura 6.7 - Variação de consumo de energia.....	60
Figura 6.8 - Variação da matéria seca da lama desidratada.....	61

Abreviaturas

A/M - Razão alimento/microrganismos (mg CBO₅/mg SSV dia)

CBO₅ - Carência bioquímica de oxigénio ao fim de 5 dias (mg O₂/L)

CEAR - Centro de Educação Ambiental das Ribeiras de Gaia

CQO - Carência química de oxigénio (mg O₂/L)

ETAR - Estações de Tratamento de Águas Residuais.

IVL - Índice volumétrico de lamas (mL/g)

MS - Matéria seca

Q - Caudal (m³/d)

Q_{md} - Caudais médios diários de projecto (m³/d; L/s)

SST - Sólidos suspensos totais (mg/L)

SSV - Sólidos suspensos voláteis (mg/L)

TRH - Tempo de retenção hidráulica (h)

trh - Taxa de recursos hídricos

VLE - Valor limite de emissão

Vt - Volume do tanque (m³)

1. Introdução

1.1 Município de Vila Nova de Gaia e a empresa Águas e Parque Biológico de Gaia E.E.M

O Município de Vila Nova de Gaia está inserido na Área Metropolitana do Porto, na margem sul do rio Douro. É composto por 24 freguesias com uma confluência populacional de cerca de 307 mil habitantes, ocupando uma área total de 170 Km².

A figura 1.1 destaca os limites das freguesias e do Município.



Figura 1.1 - Limites do Município de Vila Nova de Gaia (fonte: www.aguasgaia.eu)

Este Município tem sido um dos pioneiros no contributo para a sustentabilidade ambiental. As alterações efectuadas, em todo o município, nesta última década, são testemunho deste intuito.

Através da Empresa Municipal, presentemente denominada Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM, o Município melhorou e aumentou a fiabilidade do sistema de água e projectou, executou e colocou em funcionamento o sistema de saneamento, cumprindo neste momento em pleno as metas e objectivos definidos para a área ambiental, vindo a desempenhar um papel fundamental na melhoria da qualidade de vida dos gaieses.

No domínio das águas residuais, a empresa conseguiu inverter o contexto desastroso que se vivia no concelho: o número de alojamentos ligados à rede pública de saneamento era substancialmente baixo e as águas residuais escoavam directamente para o rio e para o mar sem tratamento, pois o concelho não dispunha de qualquer estação de tratamento de águas residuais (ETAR) em funcionamento.

Deste modo, a rede de saneamento, que em 1998 não ultrapassava os 157 Km, foi constantemente alargada tendo a empresa atingido o seu objectivo fundamental no início de 2005 – a total cobertura do território municipal.

No que diz respeito às águas pluviais, a empresa continua a apostar numa política de melhoria da gestão da rede de águas pluviais, tentando aumentar a sua capacidade e combatendo as ligações clandestinas de saneamento à rede.

A empresa Águas e Parque Biológico de Gaia cumpre também a sua função social através de uma intervenção em áreas específicas, nomeadamente na resolução de problemas de saneamento em instituições públicas ou que afectam classes mais desfavorecidas. Além disso, a empresa celebrou com o Instituto do Emprego e Formação Profissional acordos de programas ocupacionais dirigidos a trabalhadores desempregados ou beneficiários do rendimento mínimo garantido, nomeadamente para despoluir ribeiras e praias.

Uma das vertentes louváveis desta organização empresarial é o esforço desenvolvido no âmbito da educação ambiental. Deste modo a Empresa é responsável pela construção do Centro de Educação Ambiental das Ribeiras de Gaia, CEAR com autonomia funcional específica. Este centro localiza-se em Miramar e desenvolve acções pedagógicas e de divulgação da estratégia ambiental do Município de Vila Nova de Gaia, procurando sensibilizar os visitantes, especialmente as crianças, para os problemas ambientais, particularmente para as questões relacionadas com água, energia, conservação da natureza e resíduos.

Embora o objectivo fundamental deste Centro seja a mudança radical da atitude da população, mostrando que a sua participação é cada vez mais importante para o processo de transformação das condições ambientais do seu concelho, o CEAR foi criado para apoiar programas como o da Requalificação das Ribeiras de Gaia e da atribuição da Bandeira Azul às praias do concelho.

Para responder com eficácia às exigências de uma gestão que tem como prioridade a despoluição do meio hídrico, foram construídas na última década Estações de Tratamento de águas Residuais.

Vila Nova de Gaia, tem presentemente e em pleno funcionamento cinco estações de tratamento de águas residuais, que se destinam a tratar os efluentes urbanos, designadas por: ETAR de Gaia Litoral, de Febros, do Areíno, de Crestuma e de Lever, cobrindo assim a área total deste concelho. O tratamento principal é por lamas activadas, excepto a ETAR do Areíno que é por leitos percoladores.

A gestão das ETAR é da responsabilidade das Águas e Parque Biológico de Gaia E.E.M.

A figura 1.2 representa a área de cobertura do Sistema de Saneamento do concelho de Vila Nova de Gaia, incluindo a localização das ETAR Municipais.



Figura 1.2 - Localização das ETAR de Vila Nova de Gaia (fonte: www.aguasgaia.eu)

A estação de tratamento de Gaia Litoral (figura 1.3) acolhe as águas residuais da zona ocidental e norte do Município, numa área delimitada pela auto-estrada a Nascente, o mar a Poente e o rio Douro a Norte, incluindo o centro histórico, tendo como depositário dos efluentes tratados o Oceano Atlântico.



Figura 1.3 - Vista aérea da ETAR de Gaia Litoral (fonte: Águas de Gaia, 2007c)

A ETAR do Areíño (figura 1.4) inaugurada em Abril de 2000, foi projectada para tratar os efluentes da freguesia de Oliveira do Douro, respeitantes ao sistema de Quebrantões e ao sistema da zona baixa do Areíño, com a capacidade para uma população de 30.000 mil habitantes equivalentes. O meio receptor dos efluentes desta estação de tratamento é o rio Douro.



Figura 1.4 - Vista aérea da ETAR do Areíño (fonte: Águas de Gaia, 2007a)

A freguesia de Oliveira do Douro tem instalada na margem esquerda do rio Febros a ETAR com este mesmo nome (figura 1.5). Esta estação permite o tratamento das águas residuais das freguesias de Avintes, Olival, Pedroso, Seixezelo, Vilar de Andorinho e parte da freguesia de Oliveira do Douro. Apresenta capacidade para uma população de 80.000 habitantes equivalentes e encontra-se em funcionamento desde Julho de 2003, sendo o rio Febros directamente e indirectamente o rio Douro, o destino final das águas residuais tratadas.



Figura 1.5 - Vista aérea da ETAR de Febros (fonte: Águas de Gaia, 2007b)

A ETAR de Lever (figura 1.6), fica localizada na freguesia de Lever, na margem esquerda do rio Uíma. Aqui são tratadas as águas residuais das freguesias de Sandim e Lever, estando dimensionada para uma população de 25.000 habitantes equivalentes. Em Maio de 2005 foi inaugurada, mantendo-se em actividade desde então.

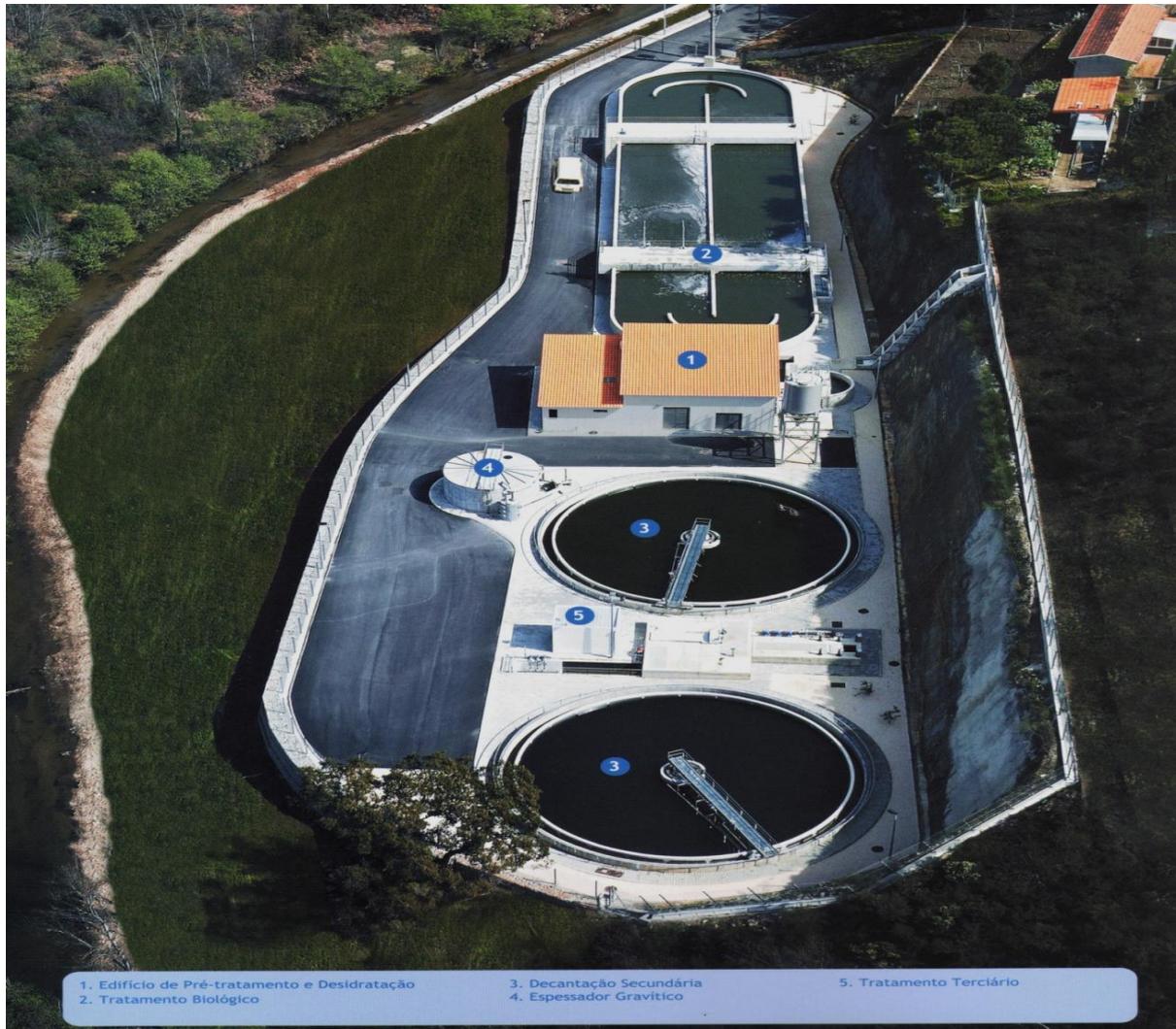


Figura 1.6 - Vista aérea da ETAR de Lever (fonte: Águas de Gaia, 2007d)

A ETAR de Crestuma (figura 1.7), fica situada na freguesia de Crestuma, localizada na confluência do regato de Vessadas com o rio Douro.

Destina-se a tratar o sistema de drenagem de águas residuais de três localidades, S.Fioso, S. Picoto e S.Vessada, contribuindo na despoluição do rio Douro. Foi inaugurada em Agosto de 2003, estando a laborar desde essa data.



Figura 1.7 - Vista aérea da ETAR de Crestuma (fonte: Águas de Gaia, 2007e)

2. Tratamento de águas residuais urbanas

Controlar a poluição não é mais que reduzir os impactos no ambiente das várias actividades antropogénicas, limitando as quantidades rejeitadas de poluentes de modo a manterem-se níveis de qualidade das águas compatíveis com os usos pretendidos.

Qualquer comunidade é responsável pela produção de resíduos líquidos – água residual. Inúmeras substâncias podem estar presentes neste tipo de águas, pelo que as consequências do seu lançamento não controlado, em cursos de água ou outros meios receptores, podem ser desastrosas em termos de saúde pública e ambiental. Algumas dessas substâncias são tóxicas, e mesmo em pequenas concentrações podem inviabilizar captações para o abastecimento público e destruir a vida aquática. Exemplos típicos de tais substâncias são o crómio, nos efluentes de indústrias de metalização e curtumes; os pesticidas agrícolas; e os materiais radioactivos, provenientes de hospitais, laboratórios e centrais nucleares.

O tratamento das águas residuais permite minimizar os efeitos da poluição. O grau e tipo de tratamento mais adequado devem ser definidos em função das características das águas residuais e da qualidade pretendida para o efluente final, que por sua vez está relacionada com os parâmetros de qualidade do meio receptor.

ETAR, são estações que tratam as águas residuais de origem doméstica e/ou industrial, para depois serem escoadas para o meio hídrico (ex: mar, rio, ribeiras, albufeiras) com um nível reduzido de poluição (ou serem reutilizadas) conforme a legislação vigente para o meio ambiente receptor. Numa ETAR, as águas residuais passam por vários processos de tratamento com o objectivo de separar ou diminuir a quantidade da matéria poluente da água.

Para projectar uma estação de tratamento de água residual torna-se necessário conhecer, com bastante rigor, as características dessa água de forma a permitir uma selecção adequada dos métodos de tratamento a adoptar, físico-químico e/ou biológicos, bem como permitir o seu dimensionamento.

Os tratamentos biológicos, utilizando microrganismos, são os processos mais utilizados no tratamento de águas residuais biodegradáveis, quer domésticas quer industriais, para remoção da matéria orgânica. Os processos mais comuns são: lamas activadas, leitos percoladores, discos biológicos e lagoas arejadas.

2.1 Principais etapas de uma ETAR com tratamento biológico

2.1.1 Pré-Tratamento

No primeiro conjunto de tratamentos, designado por pré-tratamento ou tratamento preliminar, a água residual é sujeita a processos de separação dos sólidos mais grosseiros e gorduras. A remoção de sólidos mais grosseiros (ex: plásticos, madeiras, trapos, detritos urbanos, etc.) tem por objectivo proteger o funcionamento dos órgãos a jusante e pode ser feita das seguintes formas: gradagem e tamisagem, que podem ser compostos por grades grosseiras, grades finas e/ou peneiros rotativos; desarenamento nas caixas de areia. A remoção de óleos e gorduras tem por objectivo melhorar o desempenho do sistema de tratamento e pode ser realizada em caixas de gordura, pré-decantadores, ou desarenadores/desengorduradores, ocorrendo simultaneamente neste último caso a remoção de sólidos grosseiros e gorduras. Após o pré-tratamento a água residual está preparada para as fases de tratamento posteriores, podendo ser sujeita a um pré-arejamento e a uma equalização, se as características do efluente forem muito variáveis em qualidade ou quantidade.

2.1.2 Tratamento Primário

Após o pré-tratamento segue-se o tratamento primário, onde a matéria poluente é separada da água por decantação (densidade dos sólidos superior à densidade da água) nos decantadores primários. Este processo, exclusivamente de acção física, pode em alguns casos, ser auxiliado pela adição de agentes químicos, que através de uma coagulação/floculação, possibilitam a obtenção de flocos de matéria poluente de maiores dimensões e assim mais facilmente sedimentáveis.

Após o tratamento primário, a matéria em suspensão que permanece na água é de reduzidas dimensões, normalmente constituída por colóides. A eficiência de um tratamento primário pode chegar a 60% ou mais, dependendo do tipo de tratamento e da forma de operação da ETAR.

2.1.3 Tratamento Secundário

Após o tratamento primário dá-se início ao processo de tratamento secundário, que normalmente consiste num processo biológico. Dentro dos processos mais comuns, o mais usado é o tratamento por lamas activadas, que por ser um processo intensivo de tratamento permite obter elevadas eficiências de remoção.

No processo de lamas activadas, a matéria orgânica é biodegradada em reactores biológicos, normalmente constituídos por tanques com grande quantidade de microrganismos aeróbios, havendo por isso necessidade de promover o seu arejamento, em que o teor de oxigénio dissolvido não deve ser inferior a cerca de 2 mg/L (Teixeira, 2007).

Os arejadores usados neste tipo de tratamento podem ser: difusores de bolhas, turbina de arejamento, ou arejadores de superfícies. A escolha do tipo de arejador é efectuada em projecto, dependendo do volume do reactor, eficiência do arejador, quantidade necessária de oxigénio, coeficiente global de transferência de oxigénio, temperatura e tipo de água residual.

Dependendo das características específicas das águas residuais afluentes, o sistema de tratamento pode ser classificado de arejamento rápido ou alta carga, arejamento convencional ou média carga alta e arejamento prolongado ou baixa carga.

A eficiência de um tratamento secundário pode chegar a 95% ou mais, dependendo da operação da ETAR. As lamas biológicas sofrem posteriormente um processo de sedimentação nos designados decantadores secundários.

No decantador secundário, obtém-se uma fase líquida, denominado efluente tratado; e a fase sólida, que é composta por biomassa. Parte da biomassa é recirculada para a entrada do tratamento biológico de forma a manter constante a concentração dos microrganismos no bio-reactor; a outra parte corresponde ao crescimento da biomassa no reactor biológico, designa-se por lamas em excesso, e segue para a etapa seguinte do tratamento de lamas biológicas. Estas lamas normalmente passam por um espessamento, redução de volume, seguindo posteriormente para o processo de desidratação. Excepto no caso dos sistemas de baixa carga, estas etapas podem ser precedidas de uma digestão aeróbia ou anaeróbia das lamas com o objectivo de oxidar a matéria orgânica aí presente.

Finalizado o tratamento secundário, as águas residuais tratadas apresentam normalmente qualidade para serem despejadas no meio ambiente receptor no que se refere a matéria orgânica.

No entanto as águas residuais podem conter altos níveis de nutrientes, como azoto e fósforo. A emissão em excesso destes no meio hídrico, podem levar à acumulação de nutrientes, dando-se a eutrofização do meio, que encoraja o crescimento excessivo de algas (designado bloom) e cianobactérias (algas azuis). A maior parte destas algas acaba

por morrer, contudo, a sua decomposição por bactérias remove oxigénio da água e a maioria dos peixes morre. Além disso, algumas espécies de algas produzem toxinas, que contaminam as fontes de água potável (cianotoxinas).

2.1.3.1 Microbiologia das lamas activadas

Um dos testes de grande importância no controlo do processo da ETAR, traduz-se na observação do desenvolvimento da microfauna no tanque de arejamento. Essencial nos processos de purificação das águas a estrutura desta comunidade é um valioso instrumento de diagnóstico e avaliação do desempenho da estação de tratamento.

Assim, nas lamas activadas, a componente biótica é representada pelos “decompositores” (bactérias e fungos) e pelos seus “consumidores” que são todos os que predam as bactérias dispersas e outros organismos. É neste segundo grupo que se inserem os protozoários. São seres unicelulares, complexos, podendo ter várias formas e um dos aspectos mais importantes é que podem ser usados para monitorizar a operação de processos de tratamento de águas residuais.

A análise da estrutura da microfauna é um instrumento para diagnosticar o bom ou mau funcionamento do sistema de tratamento. Assim, a presença ou ausência de uma determinada espécie, a dominância de determinadas espécies e a composição da microfauna dão-nos a indicação da eficiência biológica de depuração das lamas activadas. As filamentosas (figuras: 2.1 e 2.2) são microrganismos que dão suporte na formação do floco mas quando em excesso podem provocar “Bulking filamentoso” ou “Fooming filamentoso” (Disciplina Microbiologia Ambiental, 2005).

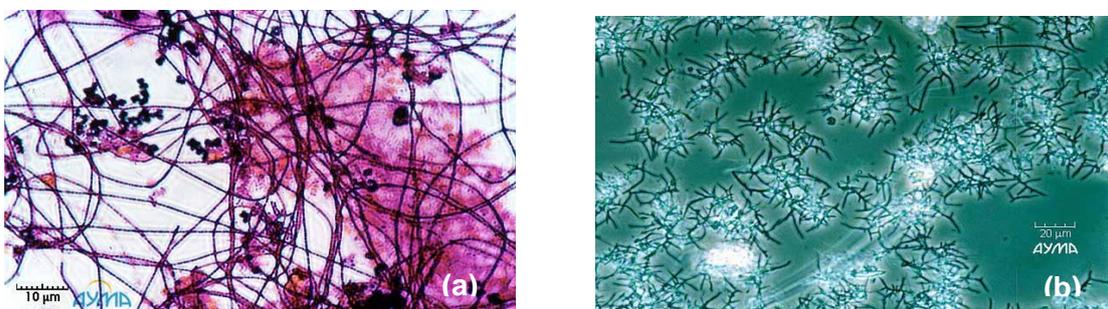


Figura 2.1 – *Microthrix parvicella* (a) e *Nocardia* (b) (fonte: http://personal.telefonica.terra.es/web/ayma/atlas_bhtm)

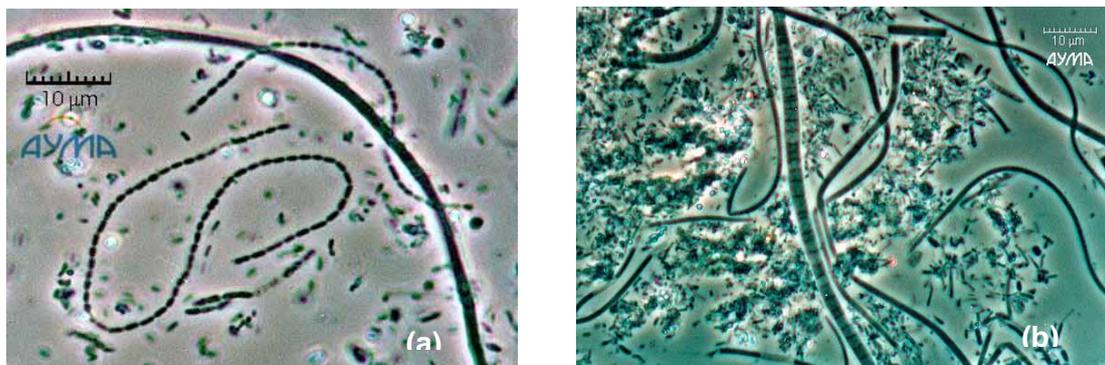


Figura 2.2 – Filamentosas: tipo 1863 (a) e tipo 021N (b) (fonte: http://personal.telefonica.terra.es/web/ayma/atlas_b.htm)

Os ciliados (figuras 2.3 a 2.6) são protozoários bacteriófagos que aumentam a purificação da água, através da redução da turvação e da CBO (Nicolau, 2007).

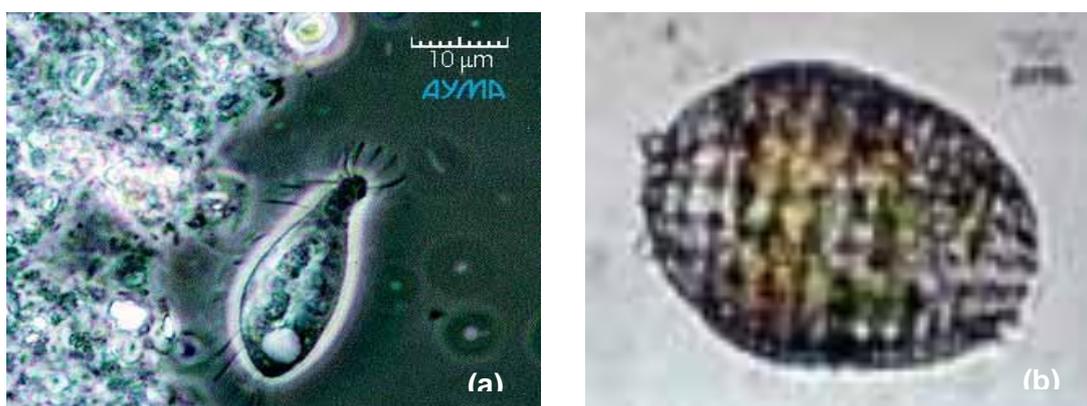


Figura 2.3 – Ciliados nadadores: *Trachellophyllum* (a); Carnívoro: *Coleps hirtus* (b)
(fonte: http://personal.telefonica.terra.es/web/ayma/atlas_b.htm)

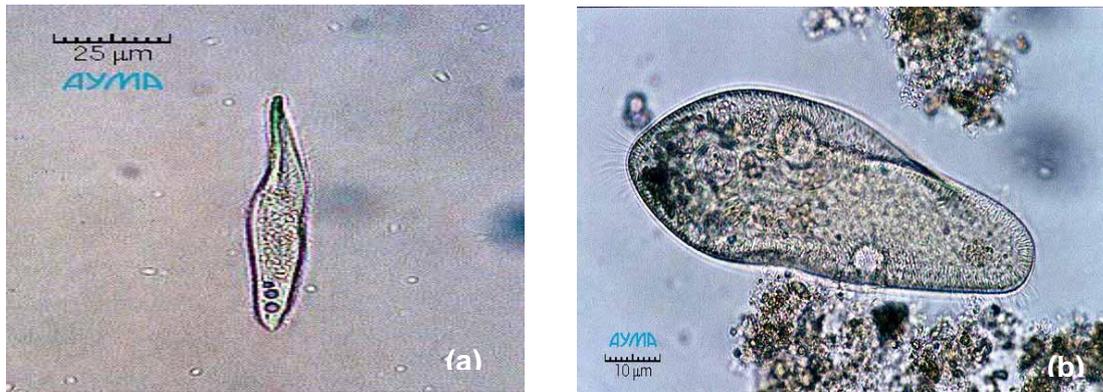


Figura 2.4 – Ciliados nadadores: *Litonotus fasciola* (a) e *Paramecium caudatum* (b)
(fonte: http://personal.telefonica.terra.es7web/ayma/atlas_b.htm)

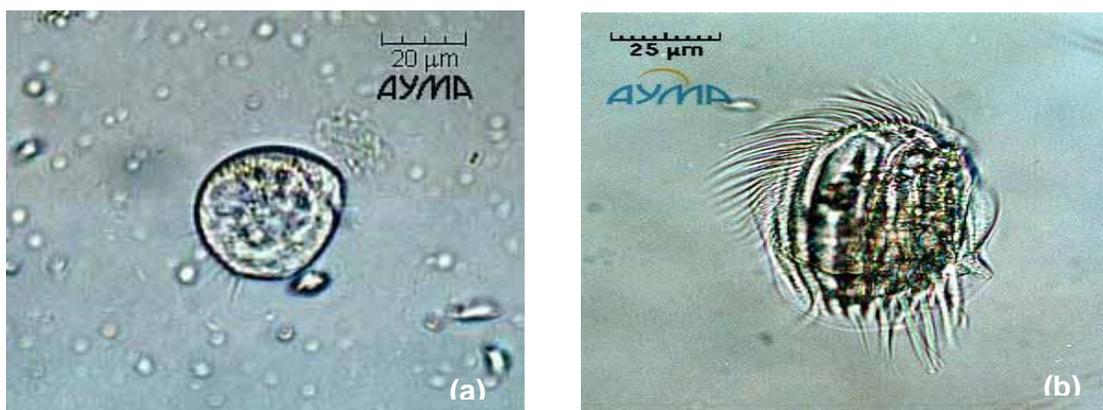


Figura 2.5 – Ciliados móveis de fundo: *Aspidisca* (a) e *Euplotes affinis* (b)
(fonte: http://personal.telefonica.terra.es7web/ayma/atlas_b.htm)



Figura 2.6 – Ciliados sésseis: *Zoothamnium sp.* (a), *Vorticella convallaria* (b) e *Opercularia sp.* (c)
(fonte: http://personal.telefonica.terra.es/web/ayma/atlas_b.htm)

A maior parte dos ciliados presentes nas estações de tratamento alimentam-se de bactérias, embora existam outros que predam ciliados ou flagelados.

Estes ciliados bacteriófagos podem ser divididos em três grupos funcionais (figura 2.7):

- Nadadores, que nadam na fracção líquida e permanecem em suspensão no tanque de sedimentação;
- Móveis de fundo, que habitam a superfície do floco;
- Sésseis, que estão fixos por um pedúnculo aos flocos e precipitam com estes durante a sedimentação.

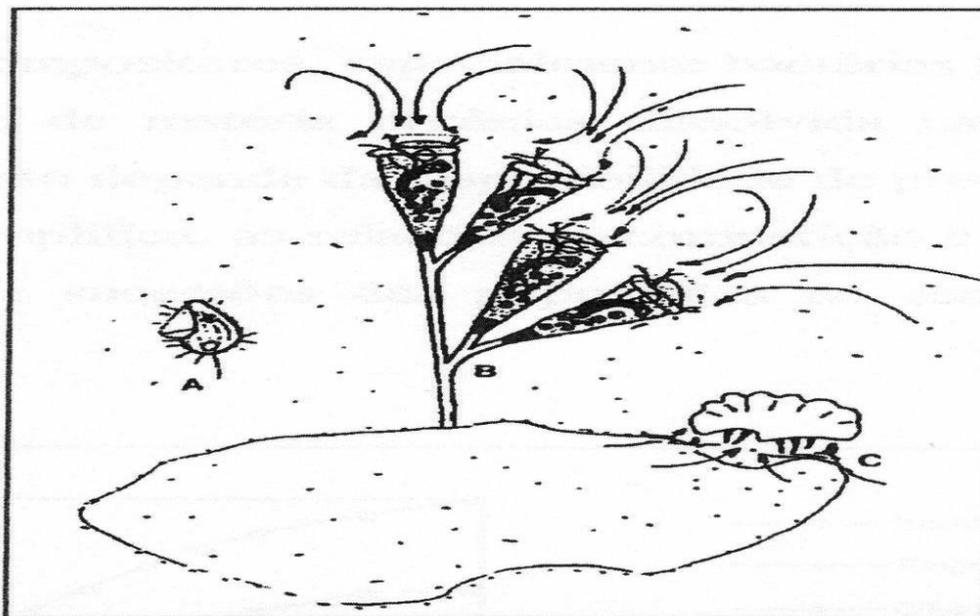


Figura 2.7 - Mecanismo de filtração de bactérias por parte dos diferentes grupos de ciliados bacteriófagos: nadadores (A), sésseis (B) e móveis de fundo (C) (fonte: Nicolau, 2007)

Uma das características importante destes ciliados é o seu comportamento alimentar. Todos eles criam uma corrente ciliar que direcciona as bactérias dispersas e suspensas na fracção líquida para a sua “boca” onde são filtrados mas, enquanto os nadadores e os sésseis competem pelas bactérias dispersas, os móveis de fundo, que estão em estreita proximidade com a superfície do floco, alimentam-se de bactérias que estão apenas agarradas ao floco, ocupando um nicho ecológico diferente.

Sintetizando, um sistema de lamas activadas eficiente apresenta as seguintes características:

- elevada densidade da microfauna ($\geq 10^6$ organismos/l);
- microfauna composta principalmente por móveis de fundo e sésseis, com os flagelados praticamente ausentes;
- comunidade diversificada, onde nenhuma espécie ou grupo domine numericamente em mais do que um factor de 10.

Quando isto não se observa, o grupo dominante dá uma indicação que permite diagnosticar o estado de funcionamento do sistema (Nicolau, 2007).

A tabela 2.1 apresenta alguns exemplos de diagnóstico de eficiência.

Tabela 2.1 - Situações particulares do funcionamento de estações de tratamento biológico de águas residuais por lamas activadas (fonte: Nicolau, 2007)

Grupo dominante	Eficiência	Causa possível
pequenos flagelados	Má	lamas pouco oxigenadas, entrada de substâncias em vias de fermentação
Pequenas amibas nuas e flageladas	Má	carga elevada e/ou dificilmente degradável
pequenos ciliados nadadores (<50 µm)	mediocre	permanência breve; lamas pouco oxigenadas
grandes ciliados nadadores (>50 µm)	mediocre	carga demasiado alta
ciliados sésseis	Baixa	fenómenos transitórios
ciliados móveis de fundo	Boa	
ciliados sésseis + móveis de fundo	Boa	
amibas com teca	Boa	carga baixa e/ou diluída; boa nitrificação

2.1.3.2 Factores que afectam a eficiência

Os factores seguintes têm um carácter genérico mas podem conter as diversas possibilidades que influenciam a eficiência de um tratamento por lamas activadas:

- sobrecargas;
- má sedimentabilidade das lamas;
- espumas;
- problemas mecânicos.

Conforme as diversas situações anómalas que podem surgir num tratamento por lamas activadas existem formas de actuar para as debelar, contudo a experiência permite identificar os problemas e efectuar as correcções necessárias.

Os procedimentos a seguir indicados reúnem algumas das acções mais habituais para corrigir ou resolver os problemas:

- aumentar ou diminuir o arejamento;
- ajustar o caudal de recirculação;
- ajustar o caudal de purga de lamas;
- adicionar adjuvantes de coagulação e floculação para melhorar a sedimentabilidade das lamas;
- adicionar nutrientes.

2.1.3.3 Vantagens e desvantagens das lamas activadas

As vantagens e desvantagens dum tratamento por lamas activadas têm a ver com a sua aplicação comparada com outros tratamentos. Conforme as situações que se apresentam devem ser estudadas algumas soluções e só depois escolher o tratamento a adoptar.

Vantagens das lamas activadas (Teixeira, 2007):

- facilidade de ajustar a recirculação de lamas;
- permite poupança de espaço comparado com outros tratamentos;
- tempos de retenção curtos;
- permite tratar grandes volumes de efluentes;
- aplicam-se a uma grande variedade de efluentes.

Desvantagens das lamas activadas (Teixeira 2007):

- requerem atenção contínua;
- os equipamentos têm um consumo de energia considerável;
- são pouco tolerantes à variação de carga e caudal;
- são vulneráveis à presença de materiais tóxicos (ex.: metais pesados).

2.1.4 Tratamento Terciário

Conforme a classificação do meio receptor, antes do lançamento final do efluente tratado, é necessário proceder à sua desinfecção, para a remoção dos organismos patogénicos ou, em casos especiais, à remoção de determinados nutrientes, como azoto e o fósforo, que podem potenciar, isoladamente e/ou em conjunto, a eutrofização das águas receptoras.

Existem diferentes processos de remoção de azoto e fósforo:

- a desnitrificação pode ser obtida por via biológica em condições anóxicas (ausência de oxigénio), para que a comunidade biológica apropriada se forme. Neste processo os nitratos presentes na água são reduzidos a azoto gasoso, que se liberta para a atmosfera e simultaneamente ocorre a oxidação de matéria pelos microrganismos;

- a remoção do fósforo pode ser realizada por precipitação química, geralmente com sais de ferro (ex. cloreto férrico) ou alumínio (ex. sulfato de alumínio), mas a lama resultante deste tratamento químico é de difícil tratamento e o uso de produtos químicos torna-se dispendioso. Em alternativa pode recorrer-se à remoção de fósforo por via biológica, promovendo a recirculação do efluente tratado e criando uma etapa com

condições anaeróbias. Na etapa aeróbia, os microrganismos removem o fósforo das águas acumulando-o nos seus tecidos.

A desinfecção das águas residuais tratadas tem como objectivo a remoção de organismos patogénicos. Os processos mais utilizados são (Myers, 1998):

- ozonização - geração de ozono no local com a passagem de uma descarga eléctrica através de ar seco ou oxigénio, de modo a possibilitar a remoção de microrganismos existentes;

- filtração por membranas - retenção de microrganismos em membranas de malha bastante reduzidas;

- radiação ultravioleta - eliminação dos microrganismos através da radiação ultravioleta, que lâmpadas específicas para o fim referido produzem;

- cloragem - remoção de microrganismos através da adição de cloro, que é bastante tóxico para os mesmos.

3. Descrição do processo da ETAR de Crestuma

3.1 Dados de projecto

O projecto de dimensionamento da ETAR, foi baseado no número de habitantes existentes, nos caudais e cargas poluentes afluentes à ETAR, entre o ano 2000 e as estatisticamente previstas para os anos seguintes, até 2040.

Desta forma, as populações de projecto da ETAR são as apresentadas na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Populações de projecto e actual (habitantes) (fonte: EFACEC, 2003)

População	Ano de projecto			2011
	2000	2020	2040	
S. Fioso	556	653	764	---
S. Picoto	1445	1698	1994	---
S. Vessada	1269	1490	1751	---
TOTAL	3270	3841	4512	2619 (*)

(*) – Estimativa obtida a partir dos valores dos Censos 2011

Os caudais de projecto correspondem à soma dos caudais domésticos, dos caudais industriais e caudais infiltrados. No tabela 3.2 apresentam-se os caudais médios diários de projecto (Q_{md}).

Tabela 3.2 - Caudais afluentes à ETAR: valores de projecto e actual (fonte: EFACEC, 2003)

Com Caudais de Infiltração	Ano de Projecto			2011 (*)
	2000	2020	2040	
Q_{md} (m^3/d)	1237	1481	1727	268
Q_{md} (L/s)	14,32	17,14	19,99	3,10

(*) – Caudal médio de Janeiro a Julho de 2011

As cargas poluentes são caracterizadas, de uma forma geral, em função da qualidade e grau de tratamento a considerar para as águas residuais afluentes à ETAR. Assim, as cargas poluentes são avaliadas através da carência bioquímica de oxigénio (CBO_5), da carência química de oxigénio e dos sólidos suspensos totais (SST).

Também é necessário estimar a quantidade de azoto orgânico presente no esgoto, uma vez que este parâmetro é fundamental para o correcto dimensionamento do sistema de arejamento.

As cargas poluentes apresentadas, referem-se à soma das cargas poluentes domésticas e industriais existentes na zona, ou seja, são toda a carga que aflui à ETAR.

Na tabela 3.3, apresentam-se as cargas poluentes e concentrações globais de projecto consideradas.

Tabela 3.3 – Concentrações das águas residuais afluentes à ETAR, de projecto (fonte: EFACEC, 2003)

Concentrações (mg/L)	Ano de Projecto			
	2000	2020	2040	2011 (**)
Com Caudais de Infiltração				
CBO ₅	171	164	161	545
CQO	342 ^(*)	328 ^(*)	322 ^(*)	815
SST	464	423	397	367
N _{total}	25	24	24	106

(*) - Valor estimado a partir do CBO₅ de projecto através da razão CBO₅/CQO=0,5

(**) - Cargas médias de Janeiro a Julho de 2011

3.1.2 Qualidade do efluente tratado

Os caudais depois de tratados, são descarregados através de exutor directamente sobre o rio Douro, poucos metros a jusante da foz do rio Uíma.

O meio receptor é caracterizado como sendo um estuário com boa renovação de águas, não sujeito a eutrofização, sendo classificado como zona menos sensível, segundo o Decreto-Lei 152/97. Este mesmo decreto-lei, ordena que para um sistema provido desta classificação, seja efectuado o controlo analítico e que este obedeça aos limites de descarga para os quais a ETAR se encontra licenciada.

Como o meio receptor é uma zona onde existe uma praia fluvial, torna-se necessário proceder durante o período balnear, à desinfecção do efluente tratado (coliformes totais e fecais) de acordo com a legislação em vigor águas balneares Decreto-Lei 236/98).

Embora não esteja especificado na licença da ETAR de Crestuma, a legislação actualmente em vigor estabelece percentagens mínimas de redução em relação à carga afluente para alguns parâmetros do efluente (Decreto-Lei 152/97 de 19 de Junho).

Na tabela 3.4 estão mencionados os limites de descarga dos parâmetros e as percentagens de redução em relação à carga afluente.

Tabela 3.4 – Limites de descarga dos parâmetros legislados (fonte: EFACEC, 2003)

Parâmetros	Limites de Descarga	Percentagem mínima
	(*)	de redução (*)
CBO ₅ (mg/L O ₂)	25	70% - 90%
CQO (mg/L O ₂)	125	75%
SST (mg/L)	35	90%
Coliformes Fecais (UFC/100ml)	2000	-----
Coliformes Totais (UFC/100ml)	10000	-----

Ref.: Limites de descarga Dec. Lei 152/97 ; Dec. Lei 236/98 e Licença de descarga ARHN 644/2008

4. Fluxo de tratamento da ETAR de Crestuma

Basicamente o tratamento segue o esquema que se encontra representado na figura 4.1.

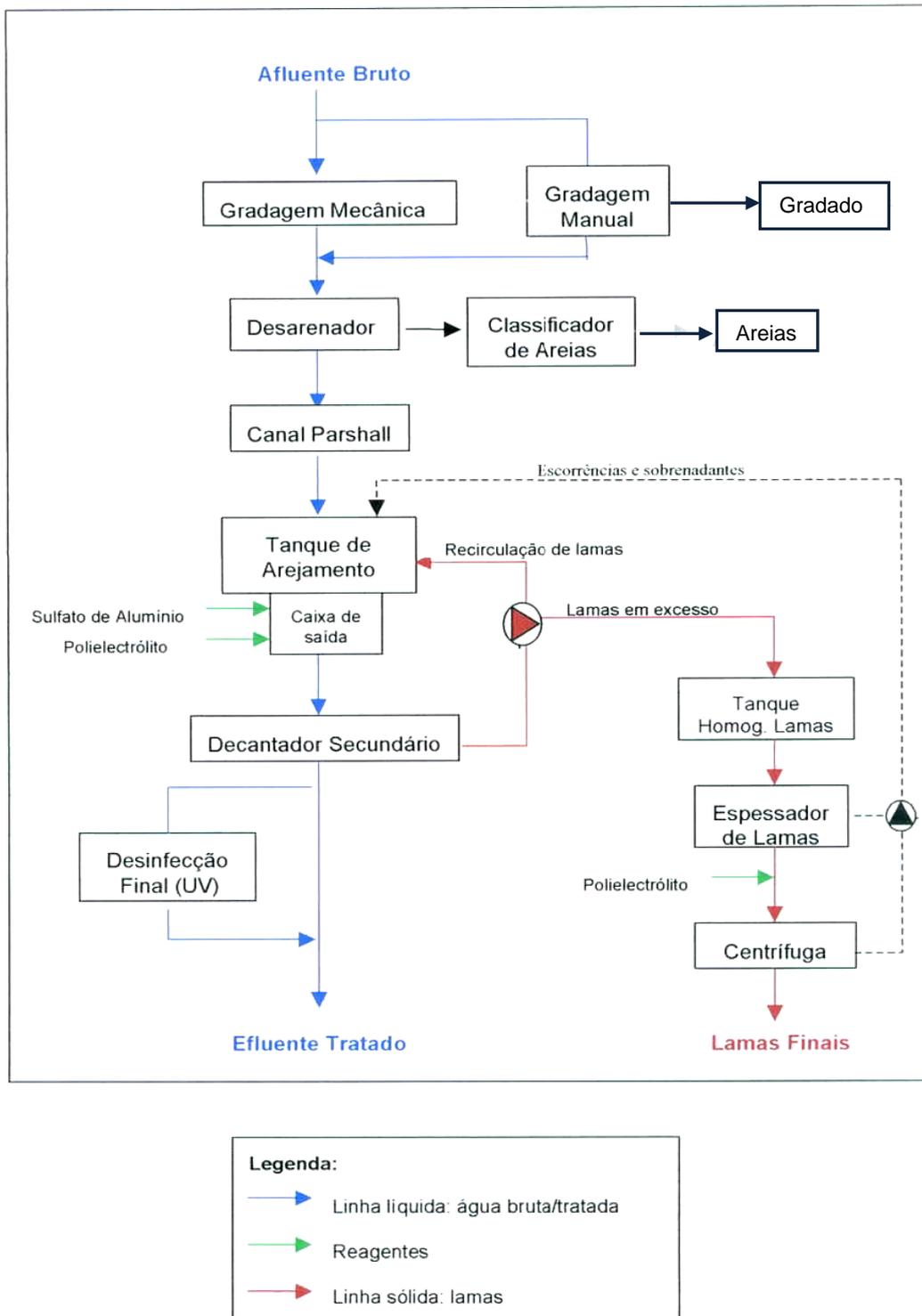


Figura 4.1 - Diagrama esquemático do processo de tratamento da ETAR de Crestuma (fonte: EFACEC, 2003)

4.1 Descrição geral da instalação

Entende-se por água residual, toda a água que foi utilizada em qualquer operação ou processo.

Um sistema de tratamento de águas residuais destina-se a reduzir as cargas afluentes, para que as características do efluente satisfaçam os objectivos de qualidade estabelecidos para a sua descarga no meio receptor.

4.1.1 Pré-tratamento (fase líquida)

O pré-tratamento é composto pelos processos de gradagem, desarenamento e classificação de areias.

Na ETAR de Crestuma utilizam-se dois tipos de grades instaladas como se observa na figura 4.2, uma grade de limpeza manual seguida de grade semi-vertical com limpeza mecânica, através de uma escova e, num canal paralelo, encontra-se uma segunda grade de limpeza manual, destinada a ser utilizada em situações de by-pass à grade mecânica (por motivos de limpeza, manutenção ou avaria).



Figura 4.2- Obra de Entrada

Na tabela 4.1, estão especificadas as principais características e condições de funcionamento do sistema de gradagem.

Tabela 4.1 – Principais características e condições de funcionamento do sistema de gradagem (fonte: EFACEC, 2003)

Grade Mecânica	
Tipo	Step-screen
Espaçamento útil	6 mm
Largura do canal	0,50 m
Altura do canal	0,50 m
Grade Manual	
Largura do canal	0,50 m
Altura do canal	0,50 m
Altura da grade	0,92 m
Espaçamento útil entre as barras.....	20 mm

O desarenador (figura 4.3) é um órgão destinado, conforme o nome indica, a reter as areias arrastadas pelas águas residuais, a fim de evitar o seu arrastamento para o tanque onde se processa o tratamento a jusante.

O equipamento instalado é mecânico, do tipo pista, em que o afluente entra tangencialmente, circula em torno do tanque e sai paralelamente à entrada. Este órgão funciona por efeito de força centrífuga criada por duas pás rotativas, solidárias com um eixo que transmite movimento de rotação, imprimido por um motor redutor vertical.

As areias sedimentadas, por efeito da força da gravidade e força centrífuga são retiradas por meio de uma bomba de emulsão de ar (sistema air-lift) e separadas num classificador de areias (figura 4.4), com um parafuso sem fim, que descarrega num contentor.

As escorrências do classificador de areias são conduzidas novamente para o canal de entrada, imediatamente a montante do desarenador.

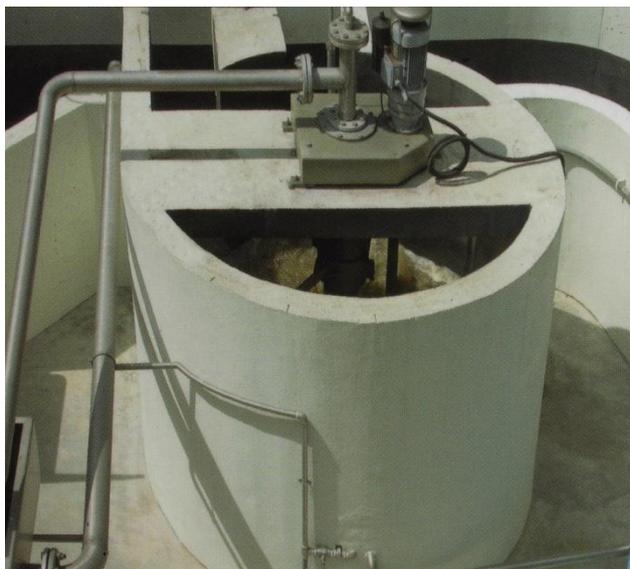


Figura 4.3 - Desarenador

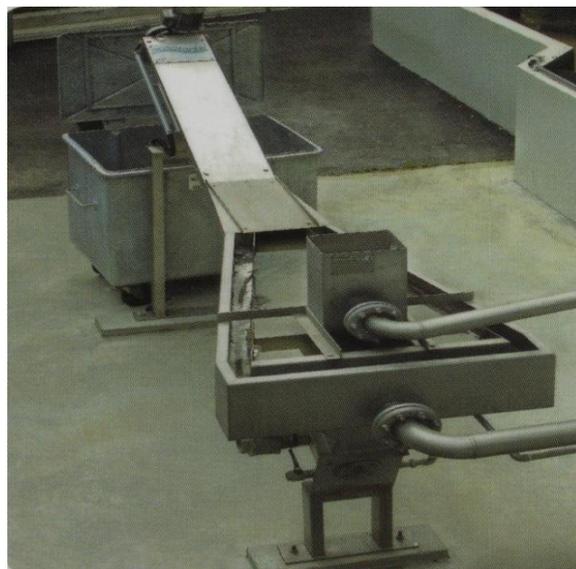


Figura 4.4 - Classificador de areias

As principais características e condições de funcionamento do sistema de remoção de areias, apresentam-se na tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Principais características e condições de funcionamento do sistema de remoção de areias (fonte: EFACEC, 2003)

Desarenador		
Diâmetro interno		2 m
Caudal máximo admissível		430 m ³ /h
Caudal mínimo admissível		235 m ³ /h
Bomba air-lift		
Diâmetro nominal.....		80 mm
Caudal de ar do compressor		80 – 100 m ³ /h
Classificador de Areias		
Diâmetro do sem-fim		200 mm
Comprimento do sem-fim		2300 mm
Capacidade máxima de alimentação (areias + água)		20 m ³ /h

4.1.2 Medidor de caudal do afluente

Para um correcto controlo do processo, é necessário proceder-se à medição e registo dos caudais afluentes à ETAR.

Próximo da entrada do tanque de arejamento existe um medidor de caudal, para canal aberto, tipo “Parshall” (figura 4.5) de 3”, cujo objectivo é a medição de caudais afluentes, através de um sensor ultra-sónico de nível. Este aparelho monitoriza continuamente o nível do esgoto e efectua a sua conversão automática para valores de caudal, sendo esta informação transmitida para o autómato do edifício de exploração.



Figura 4.5 – Caudalímetro

4.1.3 Tratamento secundário

O tratamento secundário consiste num processo biológico, por lamas activadas (figura 4.6), onde a matéria orgânica é degradada no reactor biológico seguido de decantação, obtendo-se uma fase líquida, correspondente ao efluente tratado e uma fase sólida, constituída por lama.



Figura 4.6 - Reactor biológico

Sendo o tratamento por lamas activadas em baixa carga, o efluente é submetido a arejamento prolongado para garantir o crescimento e manutenção da biomassa (microrganismos), no reactor biológico (tanque), onde a matéria orgânica, existente na forma dissolvida e coloidal, é oxidada biologicamente, dando origem a CO_2 que se liberta,

flocos biológicos (biomassa) e compostos de baixo peso molecular, que constituem as lamas a remover no decantador existente a jusante.

A formação dos flocos de lama activada, é extremamente importante para a obtenção de um bom rendimento do tratamento secundário, dado que a separação dos microrganismos do efluente se realiza por decantação.

As espécies formadoras de flocos partilham a capacidade de segregar um material extra-celular gelatinoso designada por glicocálix, que é constituído por polissacarídeos, proteínas e por vezes fibra de celulose, que permitem a adesão das células simples para formar agregados maiores até constituir os flocos. A união destas células dependerá da sua dimensão e da carga electrostática. Os catiões bivalentes presentes (ex: Ca^{2+} e Mg^{2+}) têm um efeito positivo na adesão bacteriana, aumentando a hidrofobicidade (Disciplina Microbiologia Ambiental, 2005).

Para o bom desenvolvimento destes microrganismos, temos de ter em conta o oxigénio a fornecer ao reactor biológico.

O arejamento é efectuado por meio de arejadores de superfície (turbinas de eixo vertical) e dois agitadores submersíveis, que entram em funcionamento aquando da paragem dos arejadores, para assim assegurarem a agitação necessária para manter a biomassa em suspensão.

O tempo de funcionamento dos arejadores depende das cargas afluentes à ETAR, sendo ajustados às necessidades do momento, a fim de garantir uma concentração do oxigénio, no tanque biológico, entre 1,5 a 2 mg/L O_2 .

Por outro lado, para assegurar a existência de biomassa na concentração necessária na relação entre a quantidade de matéria orgânica utilizada pelos microrganismos e a quantidade de sólidos voláteis em suspensão desejada, no reactor biológico, torna-se necessário efectuar a recirculação da biomassa do decantador secundário para o tanque de arejamento.

Devido ao crescimento da biomassa, durante o processo de depuração da matéria orgânica da água residual afluyente, é necessário purgar periodicamente a parte excedente desta biomassa, ao qual é denominada "lama em excesso".

As tabelas 4.3 e 4.4, apresentam um resumo dos parâmetros de funcionamento deste órgão e suas principais características de projecto.

Tabela 4.3 – Parâmetros de funcionamento do tanque de arejamento (fonte: EFACEC, 2003)

Parâmetros	Baixa Carga
Idade média das lamas,d	18 - 30
A/M, Kg CBO ₅ /Kg SSV.d	0,05 - 0,15
SST, mg/L	3000 - 6000
Tempo de retenção (V/Q), h	18 - 36

Tabela 4.4 – Principais características do tanque de arejamento (fonte: EFACEC, 2003)

Características				
N.º de unidades			1	
Profundidade útil do líquido			3,9 m	
Comprimento interior.....			20,0 m	
Largura interior			10,0 m	
Volume útil do tanque			780 m ³	
Dados de funcionamento		Ano 2000	Ano 2020	Ano 2040
Cargas afluentes (kg CBO ₅ /dia)		211,5	242,3	278,5
Concentração SSV (mg/l)		3800	3800	3800
Carga mássica (kg CBO ₅ /kg SSV.d)		0,07	0,08	0,09
Carga volúmica (kg CBO/m ³ .d)		0,27	0,31	0,36
Tempo de retenção (h) (ao Q _m).....		15,1	12,6	10,8

Saliente-se que, apesar da ETAR de Crestuma não ter sido projectada para efectuar desnitrificação, poder-se-ão criar as condições necessárias para eliminar os nitratos, através de alternância entre ciclos de arejamento e de anóxia. Este processo depende das cargas afluentes à ETAR, que poderão ou não permitir a sua execução.

Assim é de esperar, com o bom funcionamento deste processo, uma redução significativa nos valores de CBO₅ e CQO, em simultâneo com uma diminuição, menos acentuada, da concentração de fósforo e azoto.

4.1.4 Decantador secundário

O decantador tem por objectivo fazer a separação da fase líquida da fase sólida. As lamas obtidas são posteriormente recirculadas ao tanque biológico ou, quando em excesso, para o espessador de lamas.

A recirculação das lamas serve para estabelecer e manter os valores aconselháveis da relação entre a quantidade da matéria orgânica utilizada pelos microrganismos e a quantidade de sólidos voláteis em suspensão no tanque de arejamento.

O caudal de circulação deve ser estabelecido em função da concentração de biomassa pretendida no tanque de arejamento, sendo influenciado pelos caudais afluentes à ETAR e pela concentração de sólidos suspensos na corrente da recirculação. Para sistemas de baixa carga, a razão de recirculação, $r = Q_{\text{afluente}}/Q_{\text{recirculação}}$, deverá estar compreendida entre 0,5 e 1,5 (EFACEC, 2003) .

As lamas que se encontram em excesso, que pelo facto de se tratar de um processo de baixa carga se encontram já bastante mineralizadas, têm que ser removidas do sistema e enviadas para a etapa de desidratação.

A ETAR dispõe de um decantador secundário (figura 4.7), do tipo circular, com 15 m de diâmetro. A entrada do afluente faz-se pelo centro e a saída ao longo do perímetro, onde foi colocada uma lâmina descarregadora dotada de rasgos triangulares.



Figura 4.7 - Decantador Secundário

Este decantador está equipado com um sistema de raspagem, das lamas depositadas no fundo, utilizando para tal uma ponte raspadora, munida de uma lâmina em borracha Neoprene.

A descarga das lamas é efectuada através de um comando manual, por volante, de uma válvula de diafragma com corpo em ferro fundido dúctil.

A remoção de escumas é efectuada neste órgão, utilizando um anteparo ao longo de todo o perímetro, evitando a sua saída com o efluente decantado. As escumas são arrastadas, pela lâmina superficial da ponte raspadora, para uma caixa de recolha, que as descarrega no poço de recirculação/purga de lamas.

O aparecimento de lamas ou bolhas de gás à superfície do decantador, indica a ocorrência de desnitrificação ou anaerobiose, devido a um exagerado período de retenção

dessas lamas no sistema. Perante esta situação, torna-se necessário extraí-las para a etapa seguinte (recirculação ou purga quando em excesso).

As lamas em excesso, são retiradas do sistema e enviadas para a etapa de desidratação.

Na tabela 4.5 estão descritas as características e condições de funcionamento do decantador secundário.

Tabela 4.5 – Principais características do decantador (fonte: EFACEC, 2003)

Dimensões do decantador					
- Zona cilíndrica					
Diâmetro				15,0 m	
Altura útil				3,0 m	
Área útil				177 m ²	
Volume útil				530 m ³	
- Zona tronco-cónica					
Diâmetro superior				15,0 m	
Diâmetro inferior				2,0 m	
Altura útil				0,25 m	
Inclinação				3°	
Volume útil				16 m ³	
Volume útil do decantador (zona cilíndrica+cónica)				546 m ³	
Ponte raspadora					
Comprimento				8,0 m	
Largura				0,6 m	
Diâmetro das rodas do carro.....				300 mm	
Velocidade periférica				1,2 m/min	
Funcionamento do Decantador			Ano 2000	Ano 2020	Ano 2040
Caudais afluentes (m ³ /h)	Q médio		51,5	61,7	72,0
	Q ponta		124,8	158,0	190,2
Carga hidráulica superficial (m ³ /m ² .h)	ao Qm		0,29	0,35	0,41
	ao Qp.....		0,70	0,89	1,07
Tempo retenção (h)	ao Qm		10,6	8,8	7,6
	ao Qp.....		4,4	3,5	2,9

4.1.5 Tratamento Terciário – Sistema de Desinfecção

Durante a época balnear, nomeadamente de Maio a Setembro, e pelo facto de existir praias fluviais, a jusante da descarga da ETAR, a fase líquida, antes de ser descarregada no rio Douro a uma profundidade de 5 m, é submetida a um processo de desinfecção, através de um sistema de radiação ultra violeta (figura 4.8). O processo é físico em que a energia transmitida pelas lâmpadas é susceptível de alterar o material genético dos microrganismos, evitando assim a sua reprodução. A eficácia de desinfecção é directamente proporcional à energia de radiação absorvida pelos microrganismos.

A eficiência deste sistema de desinfecção, varia com a quantidade de sólidos suspensos existentes, sendo tanto mais alta quanto menor for a concentração de sólidos na água residual efluente.

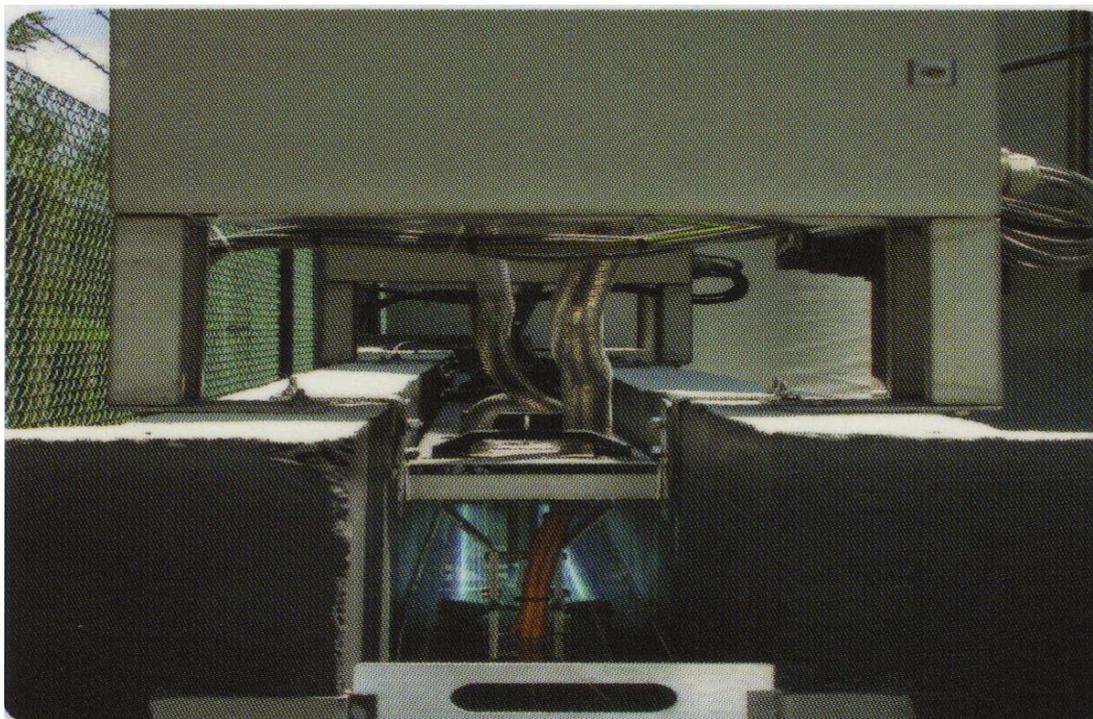


Figura 4.8 - Sistema desinfeção ultra violeta

A tabela 4.6 descreve as características do sistema de desinfeção.

Tabela 4.6 - Características do sistema de desinfeção ultravioleta (fonte: EFACEC, 2003)

Características		
Nº de canais		1
N.º de módulos de lâmpadas		2
Nº de lâmpadas por módulo		6
Transmitância		> 55%
Sólidos suspensos		30 mg/l
Dose de UV		> 38 mJ/cm ²
Potência UV emitida por lâmpada		125 W
Potência consumida por lâmpada		275 W
Vida das lâmpadas		12000 h
Largura do canal		0,5 m
Altura do canal		0,7 m
Comprimento do canal		9,0 m

4.2 Processo de tratamento de lamas (fase sólida)

4.2.1 Estação elevatória de lamas

Na ETAR de Crestuma existe uma estação elevatória de lamas, que tem como objectivo acondicionar as lamas vindas da purga, para posterior elevação das mesmas para o tanque de homogeneização e de seguida para o espessador gravítico.

A estação está equipada com dois grupos de electrobombas submersíveis, instalados no poço de bombagem. O poço tem forma rectangular de 2 m de comprimento, 2 m de largura e 3 m de profundidade.

Cada grupo electrobomba está protegido por uma válvula de retenção, de charneira com contrapeso, a fim de evitar o retorno do líquido.

4.2.2 Espessamento de lamas

As lamas em excesso são submetidas a homogeneização e espessamento gravítico (figura 4.9), que antecipam a etapa de desidratação.

Esta lama é bombeada da caixa da estação elevatória para o tanque de homogeneização onde é agitada por agitadores submersíveis, com o objectivo de se obter uma suspensão permanente, evitando que as partes de menor peso se separem do restante dos componentes e subam para a superfície, provocando estratificação da lama.

Posteriormente é transferida para o espessador, onde decanta, ficando mais espessa, removendo-se assim da forma mais simples parte da água (sobrenadante) ainda existente.



Figura 4.9 – Homogenizador e Espessador

O espessador estático é formado por uma zona cilíndrica seguida de zona cónica com inclinação de cerca de 60° com a horizontal sem qualquer equipamento mecânico para raspagem de fundo. A tabela 4.7 menciona as principais características do espessador.

Tabela 4.7 - Principais características do espessador gravítico (fonte: EFACEC, 2003)

Dimensões	
Zona cilíndrica:	
Diâmetro	3,5 m
Altura útil	2,2 m
Volume zona cilíndrica	21 m ³
Zona tronco-cónica:	
Diâmetro poço central	0,8 m
Diâmetro superior	3,5 m
Diâmetro inferior	0,1 m
Altura útil	2,9 m
Volume zona tronco-cónica	13 m ³
Volume total útil	34 m ³

As lamas espessadas são alimentadas à centrífuga, onde são desidratadas, com a periodicidade necessária para garantir o correcto escoamento das lamas em excesso.

4.2.3 Desidratação mecânica de lamas

A desidratação das lamas é efectuada por centrifugação. A alimentação à centrífuga (figura 4.10) é realizada a partir do espessador, pela linha de descarga de fundo, por intermédio de duas bombas de parafuso helicoidal, com um caudal variável de 1,0 a 3,5 m³/h.



Figura 4.10 – Centrífuga

Antes da entrada na centrífuga, é adicionado polielectrólito catiónico às lamas, melhorando a floculação, a fim de facilitar a desidratação. Esta adição, é efectuada por um sistema de preparação e dosagem de polímero, com 1000 L de capacidade, equipado por

um parafuso com um agitador e uma bomba doseadora de alcance de bombagem de 310 L/h. O polímero é preparado com uma concentração de 0,1%.

As lamas finais desidratadas são conduzidas por um parafuso sem-fim, acoplado à saída da centrífuga, para um contentor sendo o destino final a utilização agrícola. A gestão das lamas é efectuada por empresa responsável autorizada tendo em conta o Dec. Lei nº 276/2009 e Dec. Lei nº 73/2011.

4.2.4 Poço de escorrências e sobrenadantes

As águas residuais provenientes do edifício de exploração, as escorrências e sobrenadantes do processo de espessamento e desidratação de lamas, são conduzidas a um poço de bombagem, a partir do qual são reintroduzidas no processo de tratamento. Para tal, existe um poço junto à entrada do tanque de arejamento equipado com um grupo electrobomba submersível com capacidade de elevação de 19,6 m³/h. O grupo electrobomba funciona por níveis, ou seja, arranca quando a bóia de nível alto está actuada e para quando a bóia de nível mínimo deixa de estar actuada.

5. Monitorização da ETAR de Crestuma

5.1 Objectivos de qualidade

As descargas de águas residuais só podem ser permitidas quando se submetem a um tratamento apropriado que, após a descarga, permita que o meio receptor satisfaça plenamente os objectivos de qualidade que se lhes aplicam.

Assim, a descarga de águas residuais no meio hídrico pela ETAR de Crestuma careceu de uma licença que foi emitida pela ARHN (Administração da Região Hidrográfica do Norte), na qual foi fixada uma norma de descarga.

Se a norma de descarga imposta ou outras condições da licença concedida não forem respeitadas, a entidade gestora da instalação é notificada da infracção verificada, fixando-se-lhe um prazo para a correcção da mesma. Findo esse prazo sem que tenha sido efectuada a correcção, sem prejuízo da aplicação de outras sanções previstas na lei, a descarga é proibida e a licença revogada pela ARHN.

Compete à ETAR efectuar o controlo da qualidade das águas residuais e avaliar a sua conformidade com os valores limite fixados na norma de descarga.

5.2 Controlo analítico e processual

A gestão de uma ETAR é complexa e exaustiva, pois depende de alguns factores incontroláveis, como a temperatura, as condições climatéricas, descarga anómalas (ligações ilegais à rede de saneamento). Estes factores podem causar variações nas características e caudal do afluente, flutuações dos parâmetros operacionais, tempo de residência das lamas e taxa de fornecimento de nutrientes aos microrganismos, bem como na concentração de sólidos.

Uma ETAR funciona como uma indústria, cujo objectivo é controlar o processo de forma a minimizar os impactes ambientais e custos de exploração. Neste sentido, na operação diária, torna-se necessário analisar regularmente vários parâmetros, de forma a controlar o processo e eventualmente proceder a ajustes ao equipamento, dos quais vai depender a eficiência do tratamento.

No âmbito de controlo do processo da ETAR de Crestuma, existe uma série de parâmetros que nos indicam o funcionamento dos órgãos. Para além de uma caracterização do estado geral do sistema, como cor, odor, existência ou não de espumas, concentração da biomassa no reactor biológico e sedimentabilidade das lamas, é fundamental o controlo do nível do oxigénio dissolvido, caudais de recirculação e a caracterização do efluente à entrada e saída, através das determinações de CBO₅, CQO,

SST, pH, temperatura, nutrientes e caso se justifique a presença de compostos tóxicos (ex: metais pesados).

Mediante o "Mapa frequência da monitorização do controlo analítico interno" é elaborado o "Plano semanal de monitorização do controlo analítico interno", que fixa a frequência e os parâmetros a analisar.

Os parâmetros controlados são:

- na fase líquida (afluente e efluente) – sólidos suspensos totais (SST); sólidos suspensos voláteis (SSV); pH; temperatura; condutividade; carência química do oxigénio (CQO); carência bioquímica do oxigénio ao fim de 5 dias (CBO₅); azoto total (N_{total}); azoto amoniacal (N-NH₄); azoto na forma de nitratos (N-NO₃) e fósforo total (P_{total}).

- na fase sólida (lama espessada, lama desidratada e lama biológica) – sólidos totais (ST); sólidos voláteis (SV); sólidos suspensos totais (SST); sólidos suspensos voláteis (SSV); percentagem de matéria seca (% MS); percentagem matéria volátil (% MV); avaliação da microfauna no tanque de arejamento; teste de decantabilidade ao fim de 30 minutos (V30) e quantificação de oxigénio dissolvido.

A tabela 5.1 descreve de forma simplificada a frequência da monitorização do controlo analítico aos parâmetros aqui retratados.

Tabela 5.1 – Frequência de monitorização do controlo analítico

Parâmetros	Fase líquida		Fase sólida			
	Afluente	Efluente	Reactor biológico	Recirculação	Espessador	Centrífuga
pH	2S	2S	5S	-	-	-
CBO ₅	2S	2S	-	-	-	-
CQO	2S	2S	-	-	-	-
SST	2S	2S	5S	5S	-	-
SSV	2S	2S	5S	5S	-	-
V30	-	-	5S	5S	-	-
N _{total}	Q	Q	-	-	-	-
P _{total}	Q	Q	-	-	-	-
Matéria seca	-	-	-	-	2S	2S
Matéria Volátil	-	-	-	-	M	M

S - Semanal; 2S - Duas vezes por semana; 5S - Cinco vezes por semana; M – Mensal

Os métodos utilizados estão descritos na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Métodos utilizados

Parâmetros	Métodos
SST	Standard Methods 2540D (H.P.H.A)
SSV	Standard Methods 2540E (H.P.H.A)
pH	Standard Methods 4500-H ⁺ B (H.P.H.A)
CBO ₅	Standard Methods 5210D (H.P.H.A)
CQO	Test Kits for spectroquant - método análogo US Standard methods 5220 D (H.P.H.A) e ISO 15705
N _{total}	Test Kits for spectroquant - método análogo EN ISO 11905-1
P _{total}	Test Kits for spectroquant - método análogo US Standard methods 4500 P (H.P.H.A) e ISO 6878

5.2.1 Análise de resultados do Controlo Analítico

Uma vez que os registos analíticos de exploração da ETAR existentes desde o início de funcionamento até ao ano de 2008 são idênticos aos registos do ano 2008, foi este o ano seleccionado para representar esse período.

A análise aqui elaborada, tem por base o histórico dos registos de exploração da ETAR de Crestuma, referentes ao período entre Janeiro de 2008 e Julho de 2011, considerando-se que este período seria necessário para a análise e apuramento de resultados conclusivos.

5.2.1.1 Caudal de água residual afluyente à ETAR

A capitação de água residual, representa a quantidade de água residual produzida por uma pessoa num dado período de tempo (geralmente um dia), variando com os hábitos das populações, podendo desse modo ser diferente entre países ou comunidades.

Os caudais de água residual são geralmente determinados, em função da produção média diária por habitante e a população existente.

As principais fontes de água residual doméstica numa determinada povoação são as residências e o comércio, ainda que as instalações recreativas e institucionais também sejam origens relevantes (Metcalf e Eddy, 2003).

Os fluxos de água residual variam consoante a quantidade e qualidade do abastecimento de água, sistemas de colectores e características económicas e sociais da comunidade, entre outros factores.

As capitações para cada região hidrográfica de Portugal encontram-se na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Capitações de água residual em 2006 para regiões hidrográficas de Portugal continental e ilhas (INSAAR, 2008)

Região Hidrográfica	Capitação [L/(hab.dia)]
Minho e Lima	117
Cávado, Ave e Leça	107
Douro	115
Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste	125
Tejo	140
Sado e Mira	180
Guadiana	150
Ribeiras do Algarve	275
Açores	320
Madeira	180
Continente	126

Na figura 5.1, apresentam-se os valores dos caudais médios diários afluentes à ETAR de Crestuma, durante o período em estudo.

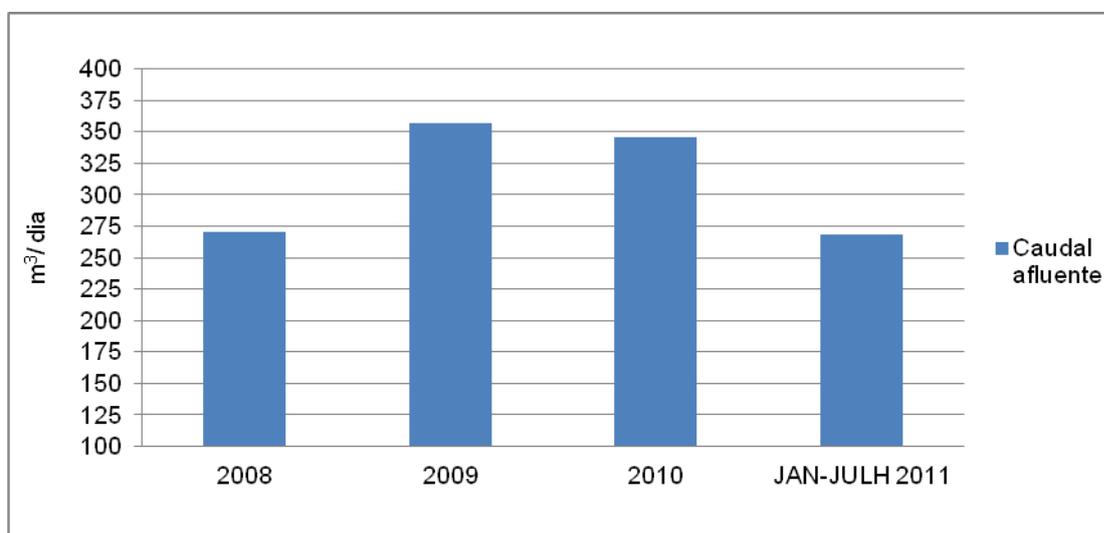


Figura 5.1 – Caudal médio Afluente

O caudal afluente à ETAR variou entre 2008 a Julho 2011 de 268 e 357 m³/d, sendo o caudal médio neste período de 310 m³/d.

No ano de 2009 e 2010, o caudal afluente está influenciado pela pluviosidade dos dois primeiros e os dois últimos meses do ano. Os caudais atingiram médias de 610 e 497 m³/d respectivamente, durante esses quatro meses.

5.2.1.2 Sólidos suspensos totais (SST)

Este parâmetro, mede a fracção da matéria sólida que existe em suspensão e é determinado por filtração, através de um meio poroso, de um dado volume de água.

É uma característica importante das águas residuais que está relacionada com os seguintes aspectos: 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 factores pelos quais se avalia o rendimento do tratamento (Teixeira, 2007).

Os sólidos em suspensão presentes nas águas residuais podem depositar-se no leito dos cursos de água e albufeiras, destruindo espécies vegetais e os invertebrados de que se alimentam por exemplo os peixes, tendo assim um efeito semelhante ao dos produtos tóxicos sobre os meios receptores. Além disso, afectam a transmissão da luz na água e produzem turvação (efeitos estéticos).

Como se pode verificar na figura 5.2, a quantidade de sólidos em suspensão totais nos afluentes à ETAR variaram, durante o período em estudo, entre 322 e 408 mg/L, tendo-se constatado uma variação na razão inversa do caudal, isto é, uma tendência para a diminuição dos SST em função do aumento do mesmo. O valor médio calculado foi de 367 mg/L.



Figura 5.2 – Variação dos SST do afluente e efluente

Na mesma figura pode-se verificar que, em termos médio, a água residual à saída da ETAR, no valor máximo de descarga dos SST admitido na licença de descarga, não foi ultrapassada, tendo as concentrações variado entre 18 e 22 mg/L.

Pode-se considerar que o efluente esteve em conformidade com valor estipulado pela legislação, 35 mg/L (Dec. Lei 152/97).

5.2.1.3 Variação do pH

O controlo de pH nas águas residuais é importante, uma vez que 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 pode alterar esse valor. O aumento de acidez pode também ser devido ao estabelecimento de condições sépticas (Teixeira, 2007).

É também importante controlar o pH ao longo do processo, nomeadamente no tanque de arejamento onde ocorrem reacções bioquímicas que provocam uma variação do pH da água residual.

Através da figura 5.3, verifica-se que a variação do pH na água residual afluyente e efluente foi muito semelhante, não se tendo verificado variações significativas. Os valores obtidos variaram entre os 7,98-8,24 e 7,18-7,57 respectivamente.

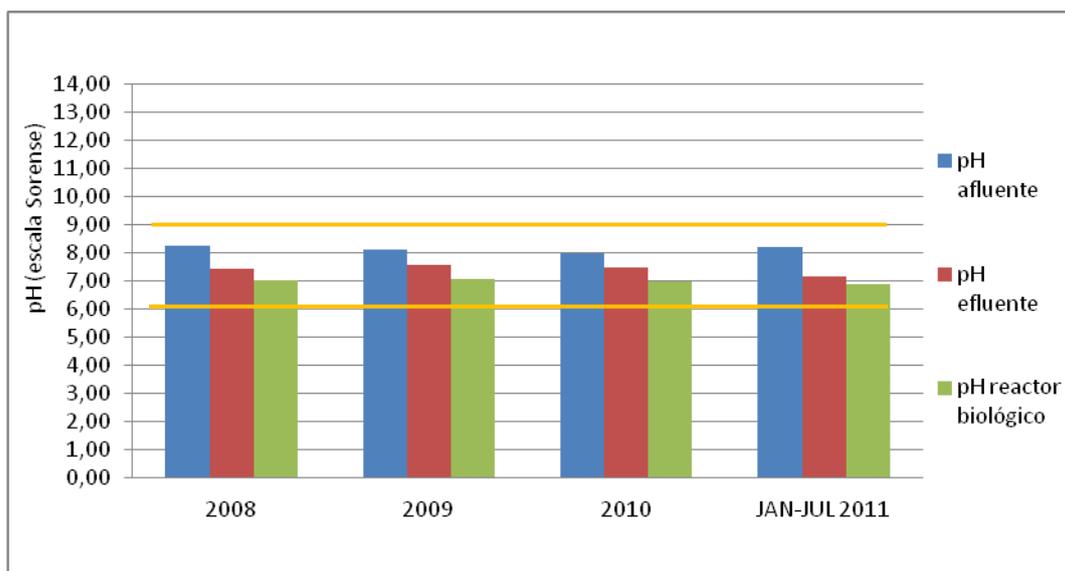


Figura 5.3 – Variação do pH afluyente, efluente e reactor biológico

Assim, observa-se que, no que se refere a este parâmetro, se verifica o cumprimento dos requisitos exigidos ao tratamento, uma vez que o valor de pH, tanto no afluyente como no efluente, se mantem sempre entre os 6 e os 9 (Dec. Lei 236/98).

Na mesma figura pode-se observar que os valores deste parâmetro, durante a monitorização do reactor biológico, estiveram compreendidos entre 6,87 e 7,09, revelando

que durante este período, se estabeleceram as condições necessárias para o bom desenvolvimento da microfauna (pH entre 6-9).

5.2.1.4 Variação da CQO

A quantidade de matéria orgânica presente na água residual é um dos parâmetros mais importantes no desenvolvimento de um projecto de uma instalação de tratamento biológico de águas residuais. É prática comum, na caracterização de águas residuais, não identificar e quantificar cada um dos compostos orgânicos presentes, por razões de economia e de tempo. Geralmente, estima-se o teor de matéria orgânica, indirectamente, por meio de outros parâmetros.

A Carência Química de Oxigénio (CQO) é um dos métodos indirectos usados para determinar a matéria orgânica. Neste teste, proposto pelo Professor Forschamer em 1850 na cidade de Copenhaga, mede-se o oxigénio equivalente à matéria orgânica que é oxidada por um oxidante forte, como o dicromato de potássio. Esta oxidação é catalisada pelo sulfato de prata (Teixeira, 2007). Como a quantidade de matéria orgânica oxidável é proporcional ao dicromato de potássio consumido, ela pode ser facilmente estimada.

O erro deste método é de 10,8% e a principal desvantagem refere-se à condição de não oferecer qualquer informação sobre a quantidade de matéria orgânica que pode ser degradada por microrganismos, nem sobre a velocidade com que este processo ocorrerá.

Observando a figura 5.4 constata-se que os valores da CQO no afluente à ETAR variaram neste período entre 739 e 1154 mg/L, obtendo-se o valor médio de 909 mg/L. Esta oscilação deve-se principalmente à variação do caudal que ocorreu durante este período, provocado pela pluviosidade, variando na razão inversa.

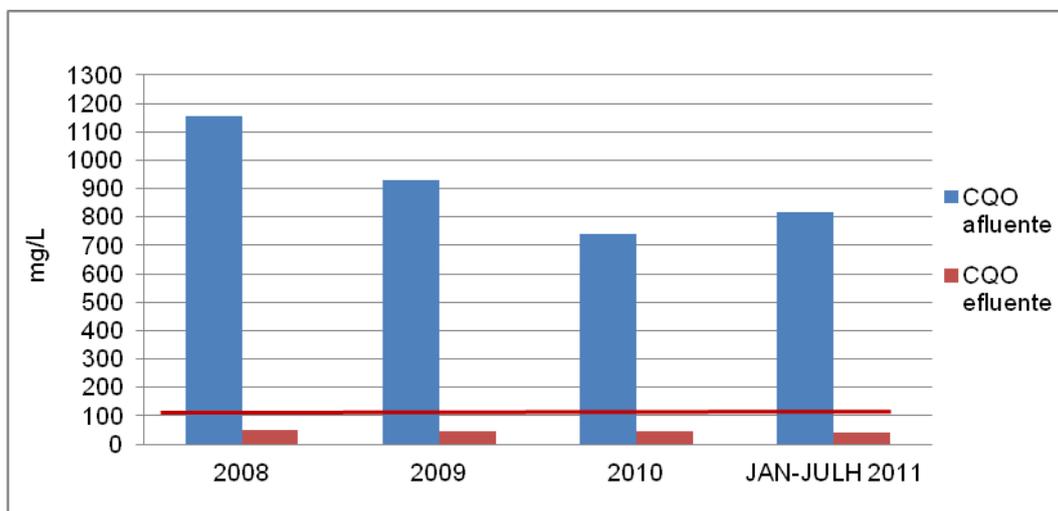


Figura 5.4 Variação da CQO afluente e efluente

Os valores do efluente variaram entre 40 e 49 mg/L, muito abaixo do valor limite admissível por lei, 125 mg/L (Dec. Lei 152/97).

5.2.1.5 Variação da Carência bioquímica de oxigénio (CBO₅)

A carência bioquímica do oxigénio ao fim de cinco dias (CBO₅) é uma medida do teor da matéria orgânica biodegradável. Representa o oxigénio consumido pelos microrganismos, na oxidação da matéria orgânica de uma determinada água residual em condições padrão, em geral a uma temperatura de 20°C, 5 dias de incubação. O teste é sensível à temperatura, ao pH e à presença de matérias tóxicas inibidoras da degradação biológica (Teixeira, 2007).

À medida que os microrganismos assimilam a matéria orgânica da água residual e se reproduzem, há consumo de oxigénio e aumenta a massa de microrganismos no sistema, que se designa por “produção de lamas”.

Os resultados dos ensaios ao parâmetro CBO₅ são utilizados para:

- determinar a quantidade aproximada de oxigénio que será necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente;
- determinar o grau de biodegradabilidade de tratamento das águas residuais por comparação com os valores da CQO;
- medir a eficiência do processo de tratamento;
- determinar se os valores da CBO₅ presentes num dado efluente cumprem os limites estabelecidos na legislação.

Mediante a figura 5.5 observa-se que, a CBO₅ na água residual afluyente as concentrações variaram entre 442 e 600 mg/L, sendo o valor médio 511 mg/L.

Na figura 5.5 verifica-se que os valores da CBO₅ na água residual afluyente variaram entre 442 e 600 mg/L, sendo o valor médio 511 mg/L.

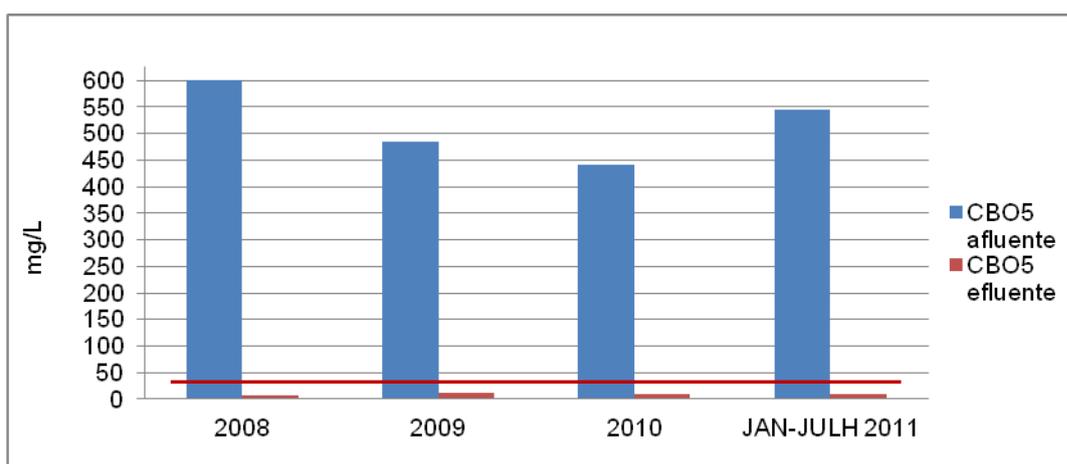


Figura 5.5 – Variação da CBO₅ afluyente e efluente

As oscilações verificadas neste período são justificadas pela variação do caudal, provocado pela pluviosidade, tal como foi referido no caso da CQO.

Os valores obtidos no efluente, no que diz respeito a este parâmetro, variaram entre 7 e 12 mg/L, tendo-se obtido o valor médio de 10 mg/L, valor bastante inferior ao valor limite de emissão (VLE), 25 mg/L (Dec. Lei 152/97).

5.2.1.6 Percentagem de remoção CBO₅, CQO E SST

Analisando a figura 5.6, constata-se que a percentagem média de remoção atingida, no que se refere ao parâmetro CBO₅, cumpre na íntegra os valores mínimos de redução (75% - 90%), tendo-se obtido valores entre 97 e 99% e uma média de 98%.

Em relação aos valores obtidos relativos aos parâmetros CQO e SST, as concentrações variaram entre 94 e 96% e entre 93 e 95%, respectivamente. Em média, os valores obtidos durante o período analisado, foram de 95% para a CQO e 94% para os SST.

Genericamente a ETAR de Crestuma teve um desempenho bastante satisfatório tendo assegurado, em média, os níveis de qualidade exigidos pela legislação actual (Dec. Lei 152/97).

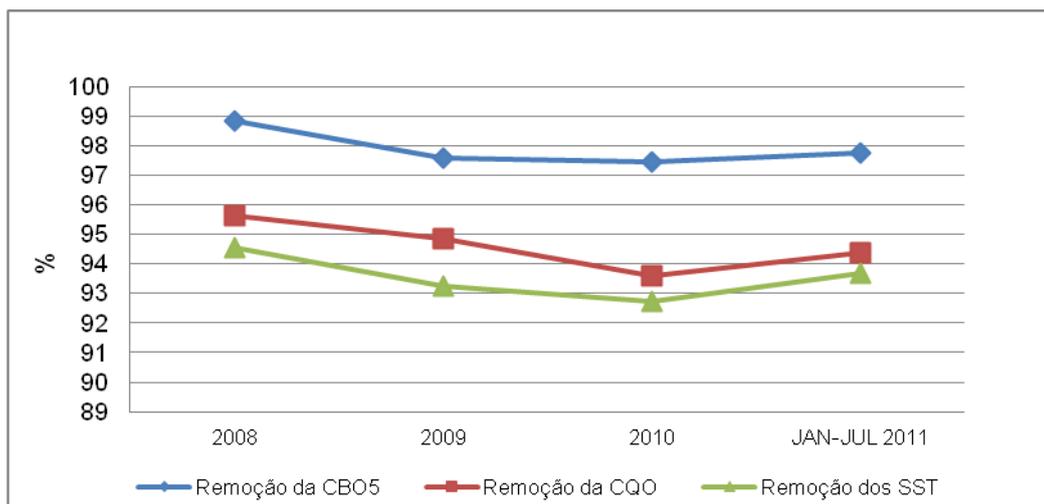


Figura 5.6 – Variação da % de remoção da CBO₅, CQO e SST

5.2.1.7 Razão CBO₅/CQO

A razão CBO₅/CQO também é uma forma de avaliar a biodegradabilidade da água residual. Assim, verifica-se que o processo biológico aplicado a águas residuais domésticas

apresenta um bom rendimento, quando, para essa relação, se verificam valores dentro do intervalo indicado: $0,3 < \text{CBO}_5/\text{CQO} < 0,8$ (Teixeira, 2007).

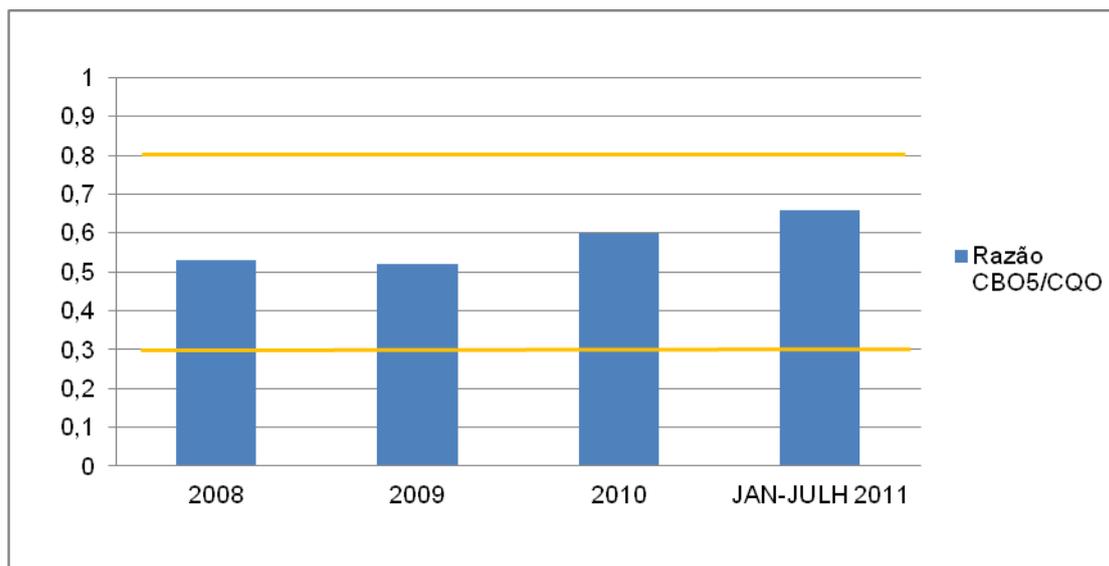


Figura 5.7 – Variação da razão CBO₅/CQO

De acordo com a figura 5.7, a média da razão CBO₅/CQO obtida no período em estudo, variou entre 0,52 e 0,66. Este valor sugere uma grande proporção de material biodegradável, podendo-se considerar que a água residual afluente à ETAR tem condições para facilmente ser tratada através de meios biológicos, como se pode comprovar pelos valores de remoção da CBO₅ e CQO apresentados anteriormente.

5.2.1.8 Nutrientes - Azoto e Fósforo

Tanto o azoto como o fósforo, são nutrientes importantes para o desenvolvimento dos microrganismos num tratamento biológico. Estão presentes na água residual bruta, principalmente na forma orgânica.

A presença de ambos, em excesso, contribui para a eutrofização dos cursos de água. No entanto, quando se verifica carência de fósforo e azoto na água residual, é necessário adicioná-los, de forma a satisfazer a relação recomendada para CQO:N:P de 150:5:1 para este tipo de tratamento (Teixeira, 2007).

Nas figuras 5.8 e 5.9, pode-se observar a variação dos valores de fósforo total e azoto total, durante o período em causa.

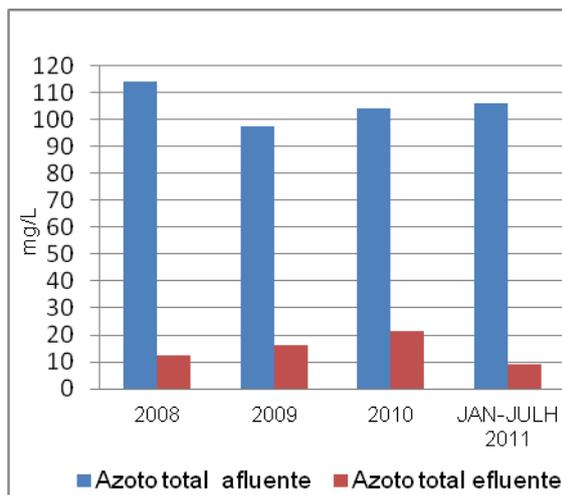


Figura 5.8 – Variação da concentração de azoto

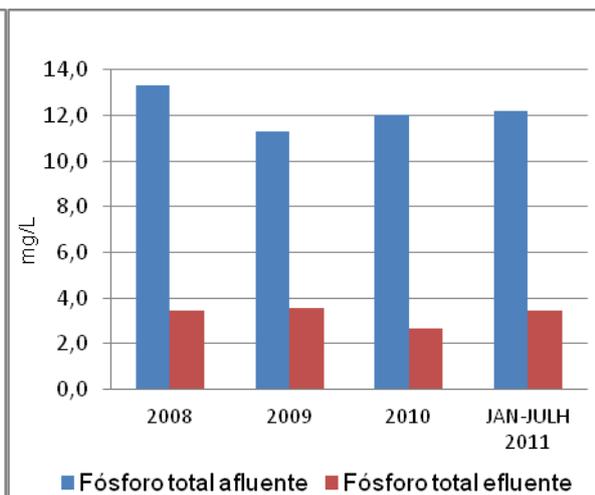


Figura 5.9 – Variação da concentração de fósforo

Os resultados obtidos demonstram uma variação homogénea neste período, tendo-se obtido valores de azoto afluente e efluente entre 98 e 114 mg/L e entre 9 e 22 mg/L respectivamente, com médias calculadas de 106 mg/L para o afluente e 15 mg/L no efluente. No entanto, verifica-se que a média dos valores obtidos no efluente nos anos 2009 e 2010 variaram entre 16 e 22 mg/L, tendo assim ultrapassado neste período o valor limite de emissão estipulado pelo Dec. Lei nº 236/98 de 15 mg/L.

Em relação ao fósforo, constata-se que no mesmo período as concentrações variaram entre, 11,3 e 13,3 mg/L, com uma média 12,2 mg/L no afluente, e 2,6 e 3,6 mg/L no efluente tendo-se atingido a média de 3,3 mg/L. Durante este período o efluente satisfaz o valor limite de emissão estipulado pelo Dec. Lei 236/98 de 10 mg/L. No entanto estes parâmetros, azoto total e fósforo total, mediante a licença de descarga da ETAR que se sobrepõe aos Decretos-lei nº 152/97 e 236/98, são monitorizados para efeitos de cálculo da trh (taxa de recursos hídricos), Dec.Lei nº 97/2008.

Para o valor médio da CQO afluente à ETAR de Crestuma de 909 mg/L, observado durante o período em estudo, verifica-se que para se obter uma relação de 150:5:1 de CQO:N:P, a quantidade média de azoto e fósforo necessária seria de 30,3 e 6,1 mg/L, respectivamente. Pode-se assim constatar que a água residual afluente continha quantidades de azoto e fósforo suficientes para uma boa degradação da matéria orgânica.

Quanto às percentagens de remoção de azoto e fósforo (figura 5.10), estas variaram entre 79 e 92%, correspondendo a uma remoção média de 86% para o azoto, e, no que diz respeito ao fósforo, variaram entre 69 e 78%, o que corresponde a uma remoção média de 73%.

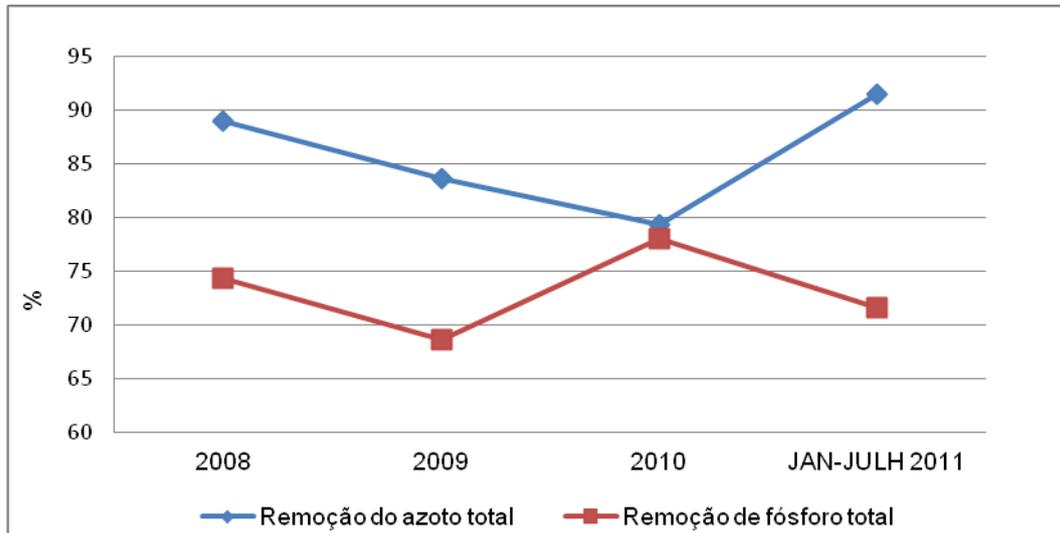


Figura 5.10 – Variação % de remoção do azoto e fósforo

Os resultados obtidos, demonstram uma boa eficiência de remoção dos nutrientes para uma ETAR de tratamento biológico por lamas activadas.

5.3 Caracterização das lamas

5.3.1 Índice volumétrico de lamas - IVL

A sedimentação é um dos factores que afectam o processo de tratamento de uma ETAR, sobretudo quando se trata de tratamento biológico por lamas activadas. Este parâmetro pode ser quantificado pelo IVL, definido como o volume ocupado por 1 grama de lama seca, em mililitros, após 30 minutos de sedimentação. O IVL varia entre 50 e 150 numa ETAR que funcione em boas condições. Quanto menor for o IVL, melhor é a sedimentação das lamas, pois significa que estas se encontram mais concentradas (tabela 5.4).

A sedimentação das lamas é afectada negativamente pelo aparecimento de bactérias filamentosas e pela ocorrência de desnitrificação no decantador final. A formação de bolhas de azoto gasoso provoca a flutuação da lama, arrastando-a para a superfície.

Este índice é calculado através da equação:

$$IVL = [(V \text{ (mL/L)} \times 1000 \text{ (mg/g)}) / SST \text{ (mg/L)}] \quad (\text{eq. 5.1})$$

V – volume de lama sedimentada (mL/L)

SST – sólidos suspensos totais (mg/L)

O IVL pode ser classificado em diferentes categorias de qualidade de sedimentação (tabela 5.4).

Tabela 5.4 – Valores de referência de IVL (fonte: Metcalf e Eddy, 2003)

Qualidade da sedimentação	Valor de IVL (mL/g)
Excelente	< 80
Boa/moderada	80 - 150
Com dificuldades	> 120
Fraca	> 150

O controlo analítico deste parâmetro é geralmente realizado através da medição do V30 – volume de lama sedimentada após 30 minutos do início do teste. Este ensaio é um teste expedito de grande importância no controlo diário do processo da ETAR. O teste traduz-se no volume de lama decantada num litro de amostra introduzida numa proveta, ao fim de 30 minutos. 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 aspecto do efluente à saída do decantador.

Como se pode verificar pela tabela 5.5, os valores do IVL observados neste período, variaram entre 183 e 282 mL/g no reactor biológico e 100 e 134 mL/g nas lamas recirculadas.

Tabela 5.5 – valores obtidos de V30, SST e IVL

DATA	Reactor Biológico			Recirculação		
	V30 (mL/L)	SST (mg/l)	IVL (ml/g)	V30 (mL/L)	SST (mg/l)	IVL (ml/g)
2008	1000	5157	193,9	1000	7442	134,4
2009	1000	5461	183,1	1000	8460	118,2
2010	985	5096	193,3	1000	8261	121,1
Jan-Jul/11	996	3529	282,2	1000	10015	99,9

Comparando com os valores de referência da tabela 5.4, "Qualidade da sedimentação", os valores obtidos foram muito elevados, classificando a lama biológica desta ETAR com fraca sedimentabilidade.

Estes valores vêm comprovar que é necessário alterar a forma de operação na ETAR.

5.3.2 Tempo de Retenção Hidráulica – TRH

O tempo de retenção hidráulica (TRH) corresponde ao tempo que o licor misto permanece no interior dos tanques.

Para o cálculo deste parâmetro é necessário o conhecimento do volume do tanque e o caudal do mesmo, traduzindo-se assim para a seguinte equação:

$$TRH = V_t / Q \quad (\text{eq. 5.2})$$

V_t – volume do tanque

Q – caudal afluyente

O tipo de tratamento pode ser classificado mediante o valor do TRH, análogo ao descrito na tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Valores de referência de TRH (fonte: Metcalf e Eddy, 2003)

TRH (h)	Tratamento
3 – 5	Convencional
20 – 30	Arejamento prolongado
1,5 – 3	Alta carga

Os valores de TRH dependem do caudal afluyente e do volume do tanque. Na tabela 5.7, apresentam-se os TRH obtidos durante este período.

Logo, como era de esperar, para caudais afluyentes à ETAR muito abaixo dos de projecto, os tempos de retenção hidráulica do reactor biológico e decantador são excessivamente altos.

Tabela 5.7 - Tempos de retenção do reactor biológico e decantador; taxa do caudal de recirculação

DATA	Reactor Biológico	Decantador	Taxa de recirculação
	Tempo retenção (horas)	Tempo retenção (horas)	
2008	73	55	2,3
2009	66	49	1,8
2010	64	47	1,7
Jan-Jul/11	75	55	0,6

Os tempos de retenção observados no reactor biológico e decantador durante este período (tabela 5.7) estão bastante acima dos valores referenciados para o tratamento de arejamento prolongado (tabela 5.6). Verifica-se, no entanto, que os valores relativos ao decantador encontram-se mais próximos do valor superior do intervalo referenciado para este tipo de tratamento (Tabela 5.6).

Os valores da taxa do caudal de recirculação variaram entre 0,6 e 2,3, tendo-se verificado um decréscimo acentuado com tendência em 2010 e 2011 para valores de projecto (entre 0,5 e 1,5).

5.3.3 SST e SSV no reactor biológico e na corrente de recirculação

A determinação dos SST e dos SSV tanto na lama do reactor biológico, como na corrente de recirculação de lamas é de grande interesse para o controlo diário do processo. Os sólidos suspensos voláteis reflectem a concentração da biomassa, enquanto os suspensos totais indicam a quantidade de lama que pode ser removida por sedimentação.

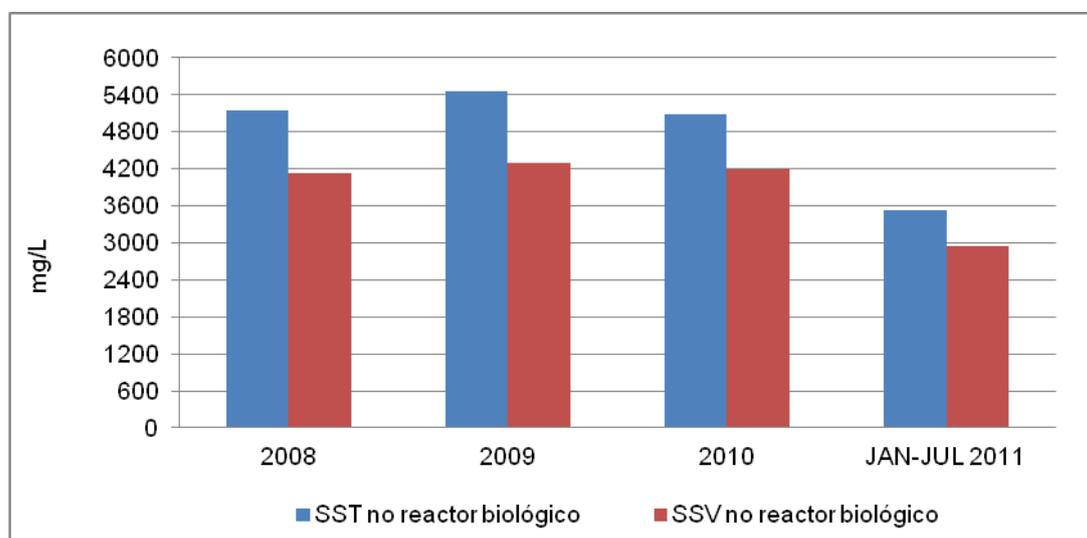


Figura 5.11 – Resultados obtidos dos SST e SSV no reactor biológico

Durante o período de avaliação (figura 5.11), os valores alcançados no reactor biológico variaram entre 3529 e 5461 mg/L para os SST entre 2941 e 4291 mg/L para SSV, tendo-se obtido como médias, 4811 e 3888 mg/L respectivamente.

Verificou-se, no reactor biológico, que tanto os SST como SSV tiveram um decréscimo a partir de 2010.

A monitorização dos SST e SSV nas lamas recirculadas (figura 5.12), revelam que as concentrações variaram entre 7442 e 10015 mg/L e entre 5865 e 8106 mg/L respectivamente, tendo-se observado em 2011 uma estabilização em valores mais altos, que nos anos anteriores.

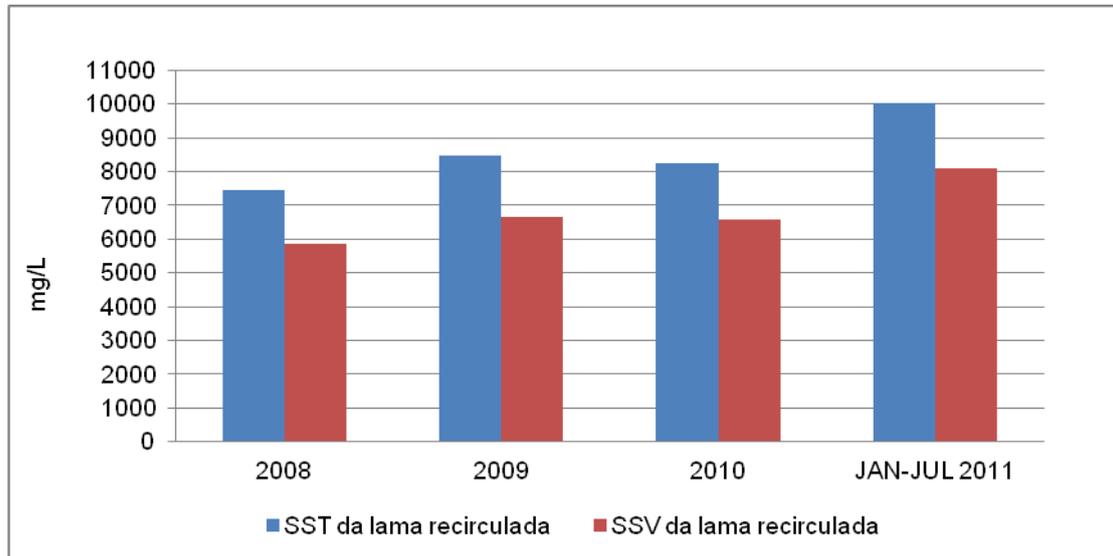


Figura 5.12 - Resultados obtidos dos SST e SSV na lama recirculada

5.3.4 Razão Alimento / Microrganismos (A/M) ou carga mássica

A razão A/M corresponde à relação que existe entre a quantidade de alimento (para os microrganismos) e os microrganismos existentes no licor misto.

Esta razão é calculada através da seguinte equação:

$$A/M \text{ (mg CBO}_5\text{/mg SSV.dia)} = (Q \times \text{CBO}_5) / (V \times \text{SSV}) \quad (\text{eq. 5.3})$$

Q – caudal afluyente

CBO₅ – carência bioquímica do oxigénio ao fim de 5 dias

V – volume do tanque

SSV – sólidos suspensos voláteis

Uma razão A/M elevada corresponde a um excesso de alimento disponível que os microrganismos não têm capacidade de consumir, o que provoca uma menor eficiência do tratamento do processo.

Por outro lado, uma razão A/M reduzida indica um excesso de microrganismos face à quantidade de alimento disponível, sendo todo o alimento consumido e obtendo-se conseqüentemente uma maior eficiência no tratamento.

A tabela 5.8 apresenta os valores da razão A/M correspondentes a 3 tipos de tratamento diferentes.

Tabela 5.8 - Valores de referência da razão A/M (fonte: Metcalf e Eddy, 2003)

Razão A/M	Tratamento
0,2 – 0,5	Convencional
0,05 – 0,15	Arejamento prolongado
Até 1,5	Alta carga

A tabela 5.9 apresenta os valores obtidos no cálculo da carga mássica no reactor biológico, durante o período em observação.

Tabela 5.9- Calculo da carga mássica no Reactor biológico

Data	Carga mássica mg CBO ₅ /mg SSV .dia
2008	0,040
2009	0,032
2010	0,030
Jan-Jul/11	0,046

Durante este período, os valores da carga mássica no reactor biológico variaram entre 0,030 e 0,046 mg CBO₅/mg SSV. dia.

Verifica-se assim que os valores da carga mássica se mantiveram inferiores ao valor considerado para o tratamento por arejamento prolongado (0,05-0,15 mg CBO₅/mg SSV.dia), o que indica que existe demasiada biomassa no sistema, que deverá ser removida.

5.3.5 Idade das lamas

A idade das lamas corresponde ao período de tempo que os microrganismos (biomassa) permanecem no sistema. Este parâmetro é calculado através da equação que se segue, admitindo que os SSV do caudal efluente são desprezáveis:

$$\text{Idade da lama (d)} = \text{SSV (mg/L)} \times V_t \text{ (m}^3\text{)} / Q_p \text{ (m}^3\text{/ dia)} \times \text{SSV}_p \text{ (mg/L)} \quad (\text{eq. 5.4})$$

SSV – sólidos suspensos voláteis no reactor biológico

V_t – volume do tanque

Q_p – Caudal de purga

SSV_p - sólidos suspensos voláteis nas lamas purgadas

A actividade biológica numa ETAR pode ser controlada através da idade das lamas, na medida em que corresponde a um factor operacional que reflecte a taxa de crescimento específico da lama. A taxa de purga de lamas do sistema controla a idade das lamas (Metcalf e Eddy, 2003).

Comparando os valores médios obtidos para a idade da lama (tabela 5.10), com os valores de referência do tanque de arejamento de projecto (18-30 dias), verifica-se que estes se mantiveram com valores superiores ao valor máximo estipulado. Este facto comprova a necessidade de retirar a lama mais cedo do sistema.

Tabela 5.10 - Valores obtidos da idade das lamas

Data	Idade da lama (dias)
2008	36
2009	41
2010	46
Jan-Jul/11	33

5.3.6 Matéria seca na lama espessada e nas lamas desidratadas

A determinação da percentagem de matéria seca e matéria volátil nas lamas espessadas e nas lamas desidratadas é muito importante, no controlo do processo de desidratação e na gestão das lamas para valorização agrícola.

As figuras 5.13 e 5.14 apresentam, as percentagens de matéria seca na lama espessada e lama desidratada observadas nesta etapa.

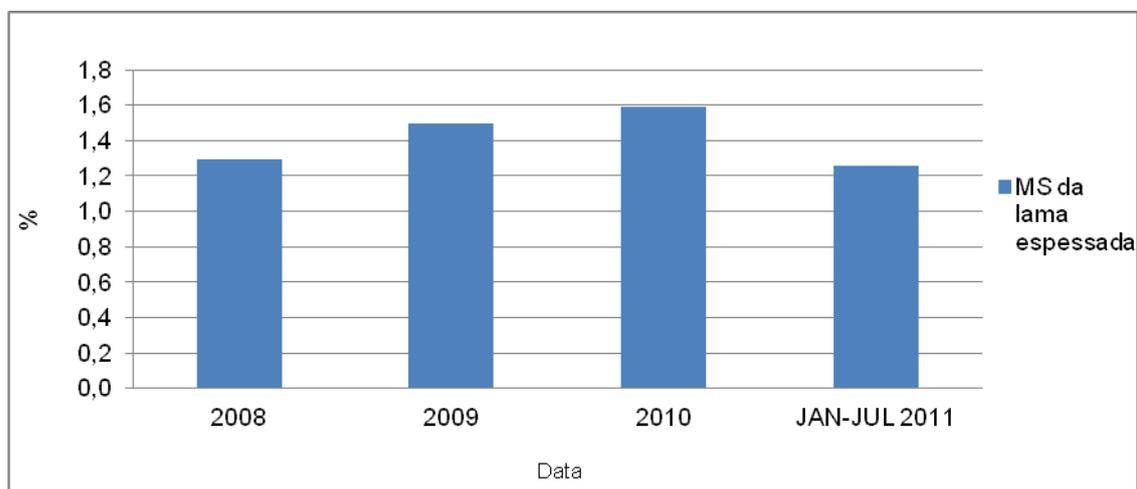


Figura 5.13 – Percentagens obtidas de matéria seca na lama espessada

Analisando a figura 5.13 verifica-se que, os valores das percentagens variaram entre 1,3 e 1,6 %. A média obtida foi de 1,4 %.

A sicidade da lama espessada vai depender da qualidade da lama e do espessamento conseguido, de modo a reduzir a quantidade enviada para o processo de desidratação.

Durante o funcionamento da centrífuga, a percentagem de matéria seca (figura 5.14) variou entre 11,9 e 13,3%, sendo a média calculada neste período de 12,5%.

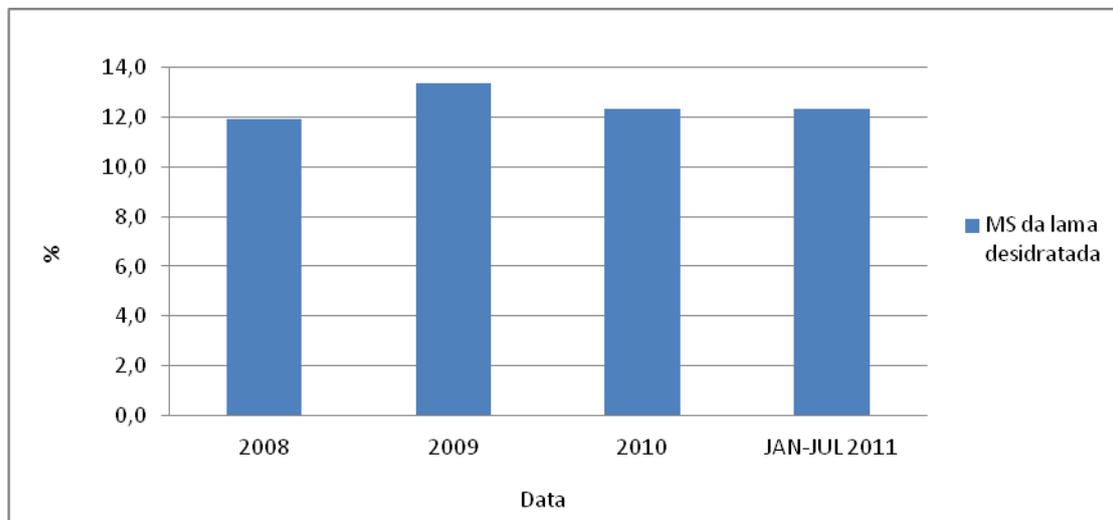


Figura 5.14 – Percentagens obtidas de matéria seca na lama desidratada

Como se pode comprovar, perante estes valores, a sicidade das lamas esteve muito abaixo dos valores referenciados pelo equipamento em projecto (entre 20-25% em matéria seca).

6. Análise e discussão

6.1 Enumeração dos principais problemas da ETAR

Posteriormente à análise efectuada, apresenta-se a seguir a enumeração dos principais problemas da ETAR.

Caudal afluente - A ETAR foi dimensionada para uma população existente de 3270 habitantes no ano 2000 e para as estatisticamente previstas nos anos seguintes, até 2040, tendo sido estimada para esse ano uma população de 4512 habitantes. Tendo em conta os dados de projecto, os caudais calculados para o dimensionamento da ETAR, referentes ao ano 2000 e 2040, foram de 1237 e 1727 m³/dia, respectivamente. No entanto, verificou-se que contrariamente ao estimado, a população total de Crestuma tem vindo a diminuir, sendo actualmente, segundo os censos de 2011, de 2619 habitantes. Verifica-se que o valor médio real de caudal afluente em 2011 é de 268 m³/dia, valor bastante inferior a 1237 m³/dia, tomando como referência o ano de projecto de 2000, em que o nº de habitantes é o mais próximo dos existentes em 2011 (3270 habitantes).

Caracterizações do afluente - Os valores típicos considerados, na caracterização do afluente à ETAR de Crestuma, foram os apresentados na tabela de "composição típica das águas residuais domésticas não tratadas" (Metcalf e Eddy, 2003). Os valores médios observados, durante o período em estudo, de CBO₅, CQO, SST, N_{total} e P_{total}, foram, respectivamente, 515, 814, 365,109 e 12 mg/L, considerando-se que as características do afluente se enquadram dentro dos valores típicos para uma água residual doméstica.

Carga mássica – Observa-se que a razão entre a quantidade de alimento e microrganismos existentes, apresenta valores inferiores, entre 0,030 e 0,046 mg CBO₅/mg SSV.dia, aos referenciados para tratamento de baixa carga (entre 0,05 e 0,15 mg CBO₅/ mg SST.dia).

Sedimentabilidade e idade da lama - A ETAR de Crestuma, no seu histórico, apresenta má sedimentabilidade das lamas biológicas, assim como uma idade das lamas elevada, o que inviabilizava a tentativa de retirar mais lamas do sistema.

Caudalímetros - A ETAR de Crestuma tem funcionado sem caudalímetros na recirculação, purga e efluente, o que redobra a necessidade de atenção por parte dos operadores. O controlo de SST no reactor biológico, através do caudal a recircular, é efectuado tendo em conta não só os valores dos SST e SSV determinados diariamente no reactor biológico e na recirculação, mas também na experiência do técnico que gere a

ETAR e respectivos operadores. O factor dominante é a determinação do tempo em que a válvula da recirculação deve estar aberta. Este depende de vários factores, nomeadamente da pluviosidade, temperatura ambiente, concentração de sólidos na lama recirculada e concentração de sólidos desejados no reactor. Desta forma, tenta-se que os SST no reactor biológico se mantenham entre 3000 - 3500 mg/L, que vão ao encontro dos valores de projecto.

Produções de biomassa - Relativamente à concentração de SST no reactor biológico, como se pode verificar na figura 5.11, os valores obtidos são bastante superiores aos do projecto, o que pode ser explicado pela elevada taxa de recirculação (tabela 5.7) e consequente elevada idade das lamas que se reflecte na sua má sedimentabilidade. Este factor influencia, também, o tempo de funcionamento da centrífuga e, consequentemente, o aumento de custo de energia.

Funcionamento da centrífuga - A centrífuga existente, é de baixa capacidade para a quantidade de lama produzida. É um equipamento simples, em que o seu controlo é praticamente nulo. Não admite lama muito espessa e por isso a lama produzida é purgada e desidratada de imediato.

6.2 Discussão

A ETAR de Crestuma, de acordo com a informação da descrição do capítulo anterior, verifica-se que está sobredimensionada, pelo que existem problemas de carácter funcional e de consumo que poderão ser optimizados tendo em conta os órgãos e equipamento existente.

Um dos principais problemas da ETAR, como se pode concluir através da observação dos resultados do controlo analítico, durante este período, é sem dúvida, a grande quantidade de sólidos no sistema, com fraca sedimentabilidade e idade elevada.

O procedimento adoptado, com o intuito de diminuir os sólidos no processo, era purgar e desidratar o mais possível, mas mesmo assim não se conseguia alcançar o objectivo expectável.

A lama apresentava características reológicas inadequadas ao funcionamento da centrífuga, reflectindo-se num fraco desempenho. As escorrências produzidas pela centrífuga apresentavam concentrações elevadas de sólidos, difíceis de controlar, que eram reintroduzidos no início do processo de tratamento destes efluentes, prejudicando assim as tentativas efectuadas para a sua diminuição.

Em Julho de 2009, na tentativa de resolução deste problema, iniciou-se a adição ao processo de um produto biológico, composto por uma mistura de fungos (*Aspergillus*, *Mucor*

e *Geotrichum*), comercialmente conhecido por Optibiom 7450L. Este produto, pela sua composição rica em fungos exibe naturalmente uma biodiversidade enzimática superior às bactérias, sendo diversas as vantagens da utilização desta mistura: aumenta a eficiência do processo biológico em 30 a 40% através da redução dos valores de CQO (Anexo I), N-total, CBO₅ e SST; reduz as necessidades de arejamento e consequente consumo energético; reduz o volume de lamas produzidas no reactor biológico até 30% e otimiza a respectiva desidratação; aumenta o teor de matéria seca nas lamas; melhora a sedimentabilidade das lamas; elimina bactérias filamentosas e, consequentemente, reduz a formação de espumas e reduz odores resultantes de compostos de enxofre.

Tendo em conta que a adição deste produto não correspondeu na totalidade às expectativas, em Setembro de 2010, substituiu-se o polímero sólido (Easy 25) usado desde o arranque da ETAR e seleccionado pelo fornecedor como o mais eficaz com as lamas, por outro de composição diferente, comercialmente conhecido por Easy 6040.

Fazendo a análise de resultados, com a introdução destas duas variantes, observou-se que no decorrer do uso do Optibiom 7450L se verificou uma melhoria na decantação da lama. A lama estabiliza com mais facilidade e com menos frequência abre e ascende, o que, no entanto, não se reflecte nos valores calculados do IVL (tabela 5.5).

Na figura 6.1, observa-se o comportamento dos SST da lama biológica e do efluente antes e depois da adição dos fungos e do polímero.

Aparentemente a quantidade de lama biológica no sistema, após a utilização dos fungos, não foi alterada até à introdução do polímero líquido, tendo-se verificado melhoria na decantação da lama mas não na sua redução.

Com a utilização do polímero Easy 6040, as alterações no funcionamento da centrífuga, manifestaram-se na capacidade de esta trabalhar com concentrações mais elevadas de lama espessada e nas escorrências do sistema de desidratação, que passaram a ser praticamente límpidas, conseguindo-se assim ter maior controlo sobre o processo. Alterando os tempos de recirculação da lama biológica e das purgas, conseguiu-se valores médios de 3846 mg/L, concentrações mais próximas das de projecto para o reactor biológico (3000 mg/L).

No entanto, observa-se (figura 6.1), nos meses de Abril e Maio de 2010 e Fevereiro de 2011, valores de SST no efluente superiores à legislação. O aumento de SST, entre Abril e Maio de 2010, é justificado pela turbulência provocada pelo descontrolo de sólidos no processo, que neste período começou a ter impacto no efluente. Relativamente ao mês de Fevereiro de 2011, o aumento verificado deve-se ao facto de, durante um período de 15 dias, não se ter adicionado fungos na tentativa de diminuição de custos, uma vez que se verificava que os sólidos no processo estavam mais equilibrados. Esta situação confirmou a eficácia da solução fúngica, pelo que se retomou a sua adição ao processo biológico.

As concentrações médias de SST no reactor biológico, antes e depois da adição de fungos, variou entre 5301 e 5396 mg/L respectivamente.

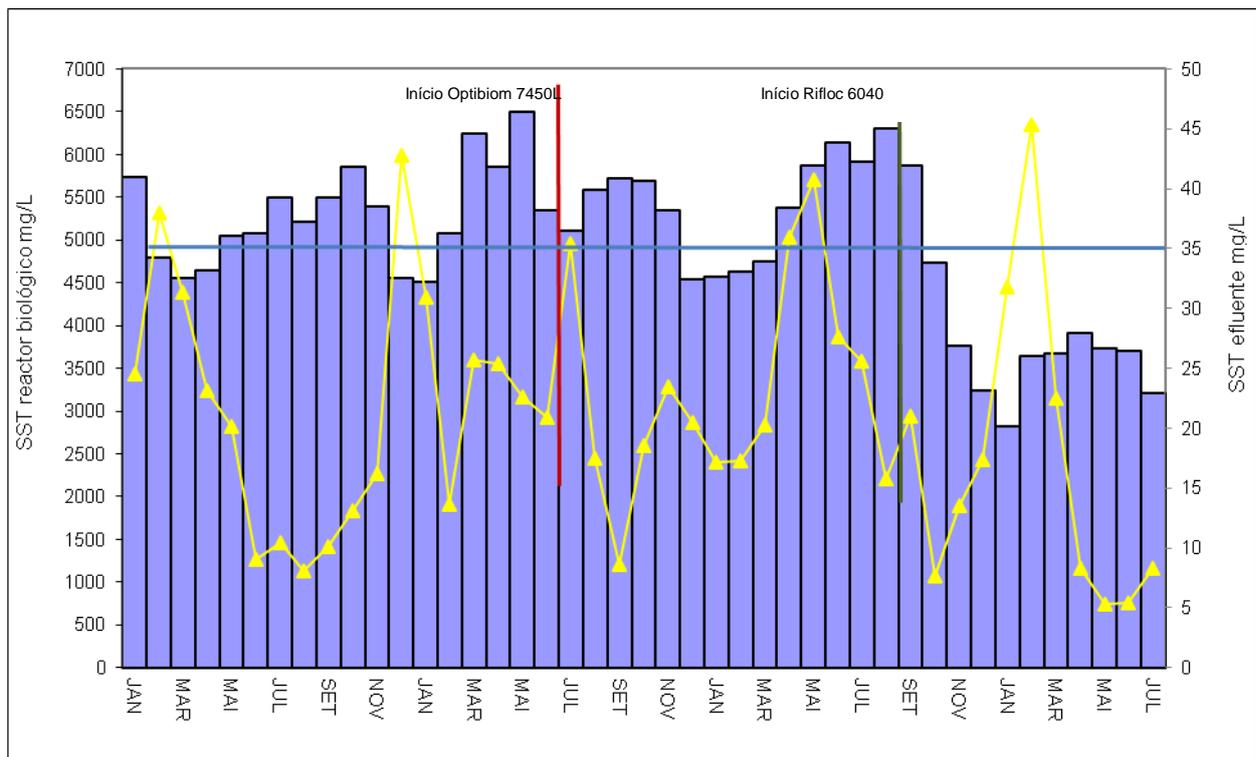


Figura 6.1 - Variação dos sólidos suspensos totais do reactor biológico e efluente

A partir do momento em que se conseguiu retirar lama do processo, com a adição do polímero líquido, tentou-se estabelecer o equilíbrio entre os SST no reactor biológico e os SST na lama biológica recirculada, através do controlo de caudal recirculado e do caudal de purga.

Um dos problemas no controlo destes parâmetros, deve-se à inexistência de caudalímetro na recirculação e na purga, o que exige atenção redobrada dos trabalhos diários. A forma de controlo de SST no reactor biológico, através do caudal a recircular, é efectuada tendo em conta os valores determinados diariamente dos SST e SSV no reactor biológico e na recirculação, bem como a experiência do técnico que gere a ETAR. Os factores que determinam o tempo que a válvula da recirculação deve estar aberta são: a pluviosidade, a temperatura ambiente, a concentração de sólidos na lama recirculada e a concentração de sólidos no reactor que é pretendida.

Na figura 6.2, verifica-se que alguns dos objectivos foram alcançados, com esta forma de controlo, tendo-se obtido valores médios de SST na lama recirculada de 7430 mg/L antes dos tratamentos, com adição de fungos valores médios de 8531mg/L, e 9716 mg/L após a adição do polímero Easy 6040.

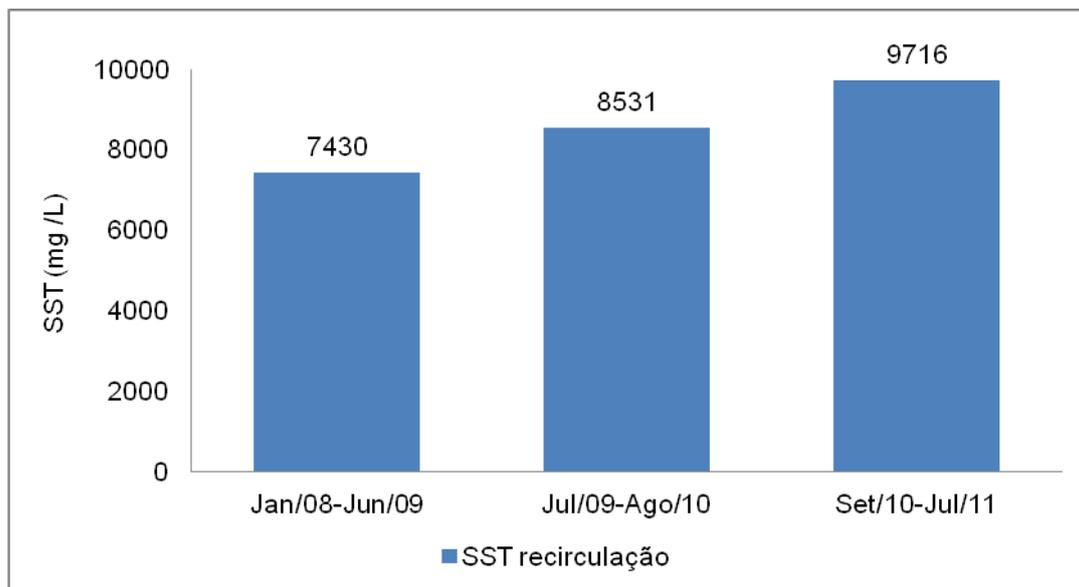


Figura 6.2 - Variação dos sólidos suspensos totais da recirculação

Outra forma de verificar as melhorias no funcionamento da ETAR é através da razão entre os sólidos suspensos totais da lama recirculada e SST da lama do reactor biológico, que teoricamente se deve aproximar de 2 (Teixeira, 2007).

Com a adição de fungos, a razão dos sólidos (figura 6.3) teve uma ligeira melhoria, tendo variado em média entre 1,4 e 1,6. A grande alteração verifica-se após o início do uso do polímero líquido, observando-se que a razão entre os sólidos da recirculação e do reactor biológico atingiu o valor médio de 2,6.

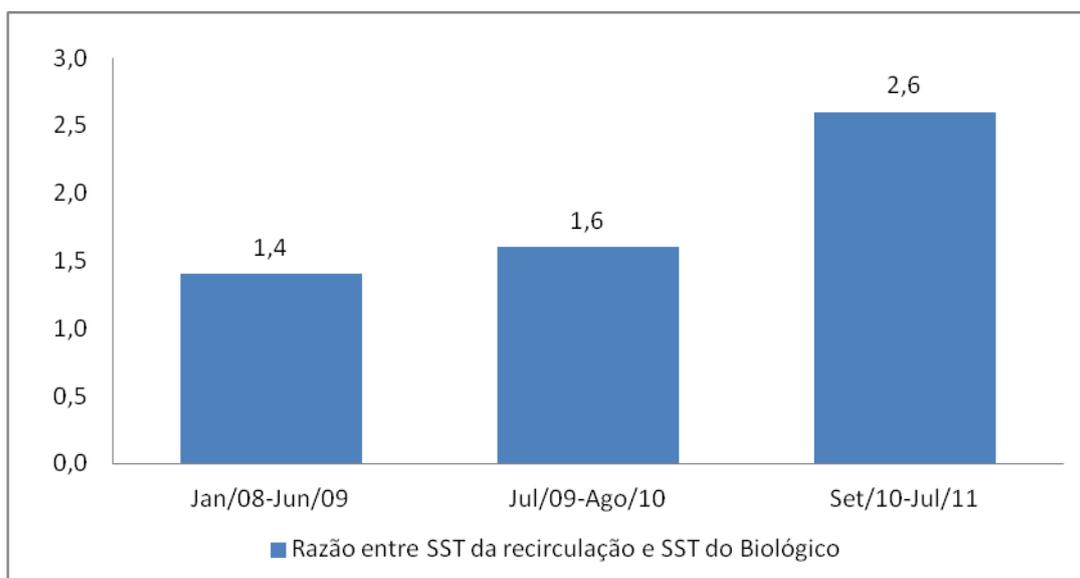


Figura 6.3 - Variação da razão entre SST da recirculação e SST do reactor biológico

Como era de esperar, o volume de lamas espessadas teve uma redução que acompanhou a variação dos sólidos no processo. Verificou-se uma diminuição do caudal

médio, com a adição dos fungos e o uso de polímero líquido, que rondaram os 171 m³ mensais (figura 6.4).

Os valores médios variaram, antes e depois da adição da solução fúngica e do polímero líquido, entre 483, 390 e 312 m³/mês respectivamente.

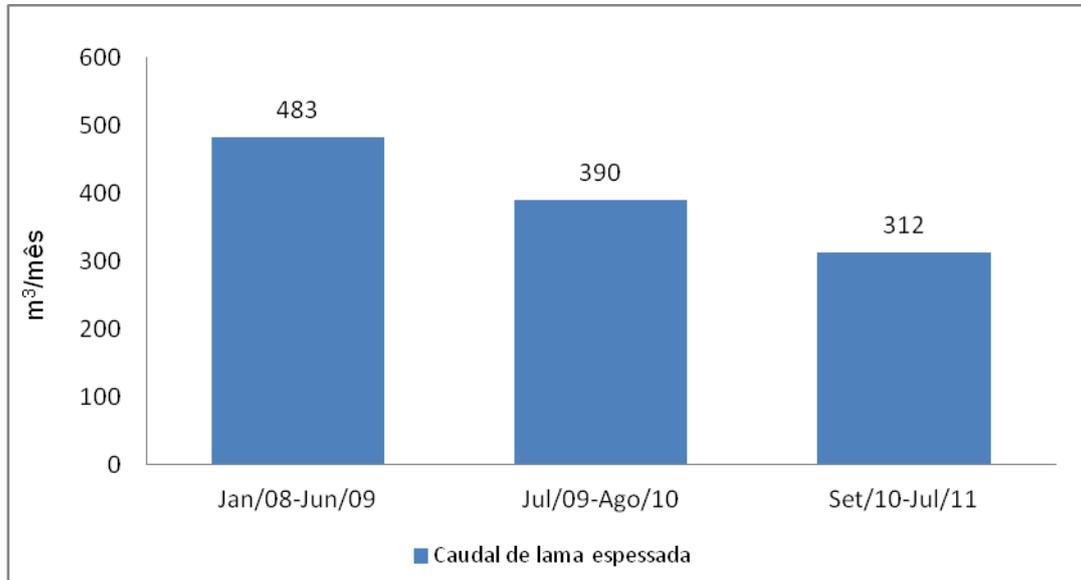


Figura 6.4 - Variação do caudal de lamas espessadas

Após estes ajustes na operação da ETAR, verificou-se uma redução de volume de lama espessada por m³ de afluente tratado, que variou entre 0,059 e 0,039 m³ de lama espessada / m³ de afluente tratado (figura 6.5).

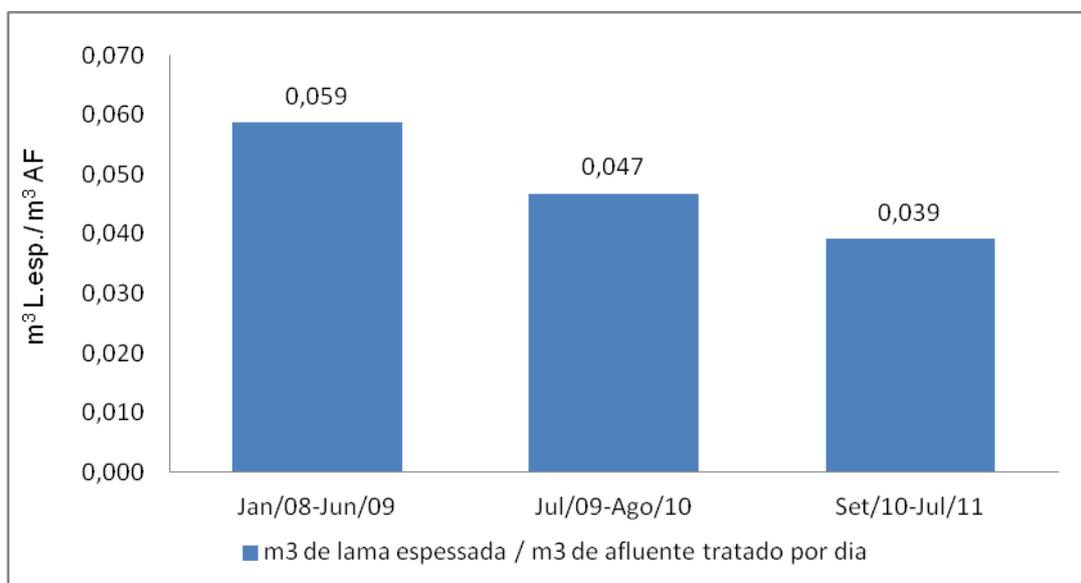


Figura 6.5 - Variação do volume de lama espessada/volume de afluente tratado

O tratamento efectuado reflectiu-se nas horas de funcionamento da centrífuga (figura 6.6), tendo diminuído de 163 para 119 horas por mês, o que equivale a 27% de

redução do tempo de funcionamento no período compreendido entre Janeiro de 2008 e Julho de 2011.

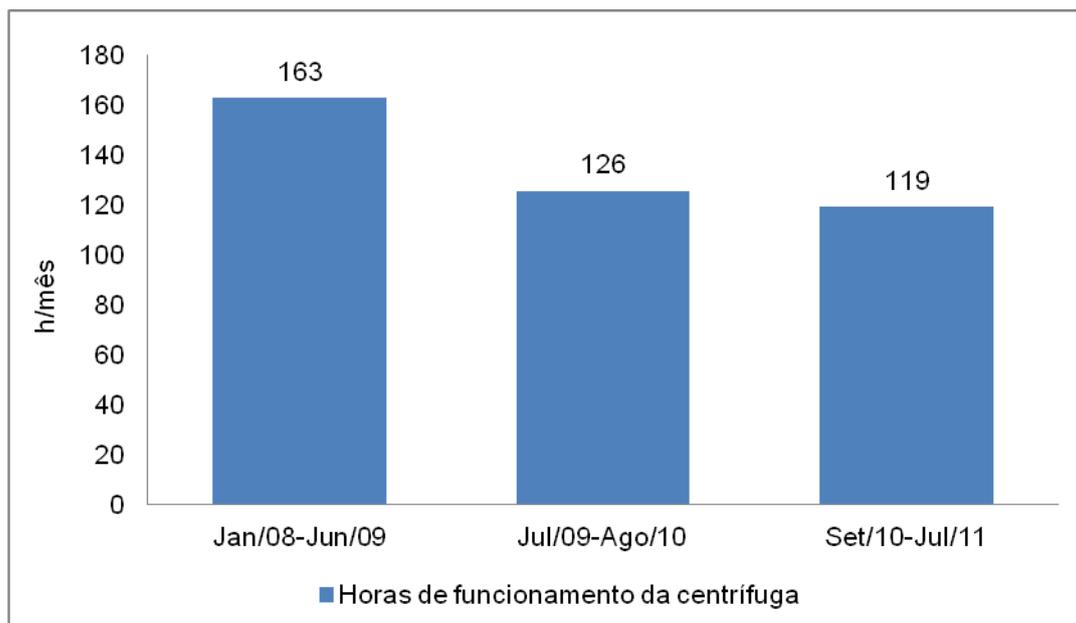


Figura 6.6 – Variação de horas de funcionamento da centrífuga

As alterações efectuadas reflectiram-se também no consumo energético. A redução de energia com a centrífuga, variou obviamente conforme a redução do número de horas de funcionamento deste equipamento, 27%, no entanto no consumo geral da ETAR, a redução foi apenas de 0,89%, ficando abaixo das expectativas (figura 6.7).

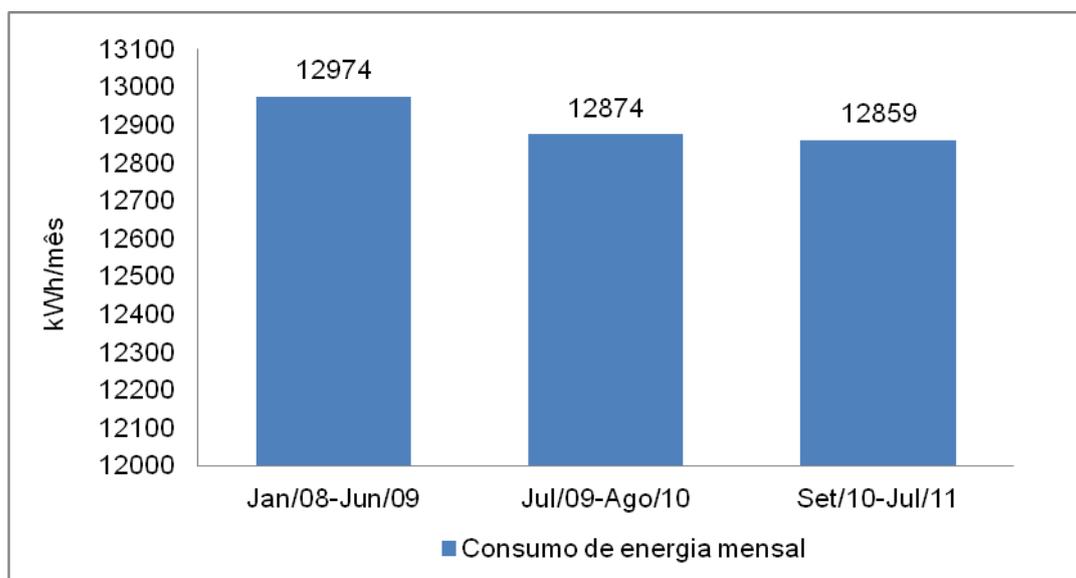


Figura 6.7 - Variação de consumo de energia

Com estas alterações ao tratamento pressuponha-se ainda influenciar a sicidade da lama, o que não se verificou, conforme se pode observar na evolução da % de matéria seca na lama desidratada (figura 6.8).

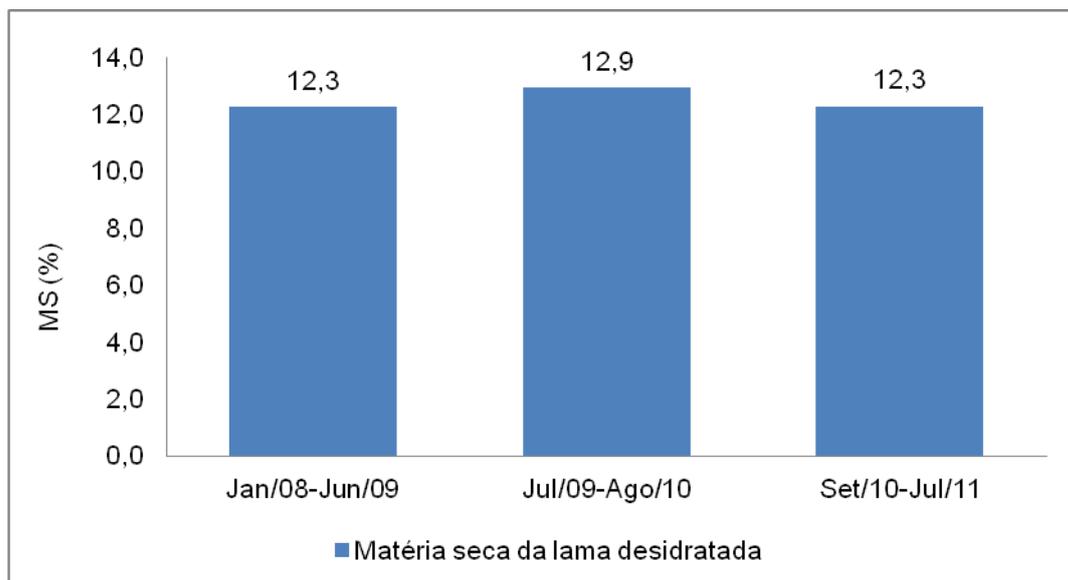


Figura 6.8 - Variação da matéria seca da lama desidratada

A matéria seca variou entre 12,3% e 12,9%, o que em termos práticos não apresenta significado.

7. Conclusões

O presente trabalho foi realizado na ETAR de Crestuma, situada na freguesia com o mesmo nome e localizada na confluência do regato de Vessadas com o rio Douro.

A observação foi elaborada com base na análise do histórico dos registos de exploração da ETAR de Crestuma, referentes ao período entre Janeiro de 2008 e Julho de 2011, focando-se essencialmente na optimização do tratamento biológico da ETAR.

A ETAR de Crestuma apresenta concentrações médias elevadas de carga orgânica afluente à ETAR, em CBO₅ (511 mg/L) e CQO (909 mg/L), e um caudal médio baixo (310 m³/dia), comparativamente com os valores de projecto para o ano 2000 (CBO₅ de 171 mg/L, CQO de 342 mg/L e um caudal de 1237 m³/dia).

A ETAR teve, em geral, um bom desempenho, situando-se os valores de descarga, por norma, em conformidade com os VLE estipulados (Licença de descarga da ETAR e Dec.Lei 152/97), tendo atingido valores médios de remoção de CBO₅, CQO e SST de 98, 95 e 94% respectivamente. Na remoção de nutrientes, os valores médios situaram-se em 86 % para azoto e 73% para o fósforo.

Embora o efluente tratado na ETAR cumpra os VLE, a permanência de grandes quantidades de lama no processo, associada a uma elevada idade das lamas, está na origem da sua má sedimentabilidade, dificultando por sua vez a sua remoção do sistema.

Com o objectivo de remover as lamas biológicas de uma forma mais eficiente, foi adoptada uma estratégia que compreendeu duas etapas: na 1^a etapa, foi introduzido no processo um produto biológico, composto essencialmente por fungos, Optibiom 7450L, no intuito de melhorar a sedimentabilidade das lamas; a 2^a etapa consistiu na substituição do polímero, Easy 25, usado desde o arranque da ETAR, por outro de composição diferente, Easy 6040, com a finalidade de conseguir uma maior eficiência de desidratação da lama.

No decorrer do uso do Optibiom 7450L, verificou-se uma melhoria na sedimentação da lama, tendo-se observado uma ligeira melhoria do IVL no decantador (passou de 120 para 100 mL/g).

Com a adição do polímero Easy 6040, conseguiu-se melhorar o controlo dos sólidos no processo e na desidratação, o que se traduziu na diminuição dos SST no reactor biológico para valores médios de 3846 mg/L, muito próximo dos valores de projecto (3000 mg/L) e uma maior concentração dos sólidos na recirculação, 9719 mg/L, obtendo-se valores da razão entre os SST da corrente de recirculação e do reactor biológico de 2,6, superior à relação ideal (2) para o tratamento por lamas activadas.

Este facto deve-se à alteração das características reológicas da lama, que permitiu à centrífuga trabalhar com concentrações de sólidos mais elevadas, escorrências praticamente límpidas e conseqüentemente aumentar a quantidade de lama a purgar.

O controlo dos sólidos reflectiu-se na melhoria dos valores da carga mássica A/M (0,046 mg CBO₅/mg SSV.d), aproximando-o do valor limite inferior para um sistema de arejamento prolongado (0,050 mg CBO₅/mg SSV.d). Da mesma forma, a idade da lama (33 dias) convergiu para valores mais próximos do máximo de referência de projecto (18-30 dias).

Outro factor relevante é o facto do consumo do polímero, Easy 6040, ser inferior ao consumo do polímero anteriormente usado, sendo a sua redução de 30%.

Após estes ajustes na operação da ETAR, verificou-se uma redução de 33,3% no volume de lama produzida por m³ de afluente tratado.

O tratamento efectuado reflectiu-se nas horas de funcionamento da centrífuga, tendo diminuído cerca de 27%, assim como numa redução equivalente da energia dispendida por este equipamento. No entanto, verifica-se que a redução no consumo global de energia da ETAR foi de 0,89%, o que se deve ao facto de a centrífuga ser um dos equipamentos com menor consumo (8,6 kWh) comparado com o restante equipamento existente na ETAR.

Em relação à sicidade da lama, o valor médio obtido foi de 12,5% em matéria seca, muito inferior ao valor referenciado pelo equipamento (cerca de 22%), demonstrando baixa eficiência da centrífuga.

Como considerações finais pode referir-se que as alterações ao tratamento revelaram benefícios no funcionamento do tratamento biológico da ETAR e uma redução de custos essencialmente relacionada com o tempo de funcionamento do sistema de desidratação, envolvendo menor afectação de operadores na ETAR e economia de quantidade de polímero consumido.

8. Sugestões

Neste último capítulo optou-se por identificar algumas sugestões ao funcionamento da ETAR:

- Instalação de caudalímetros, para a recirculação e purga, que irá facilitar o controlo dos caudais no processo;
- Verifica-se ainda demasiada biomassa no sistema pelo que era necessário continuar os trabalhos para a sua optimização;
- Sugere-se a substituição da centrífuga existente, por outra análoga de maior capacidade de desempenho, que ofereceria benefícios ao processo, nomeadamente na capacidade de remoção dos sólidos e aumento de matéria seca na lama desidratada, que traduziria na diminuição significativa de custos.

Sugere-se ainda a realização de um estudo económico relativo à utilização da solução fúngica (Optibiom 7450L) e do polímero (Easy 6040).

Referências bibliográficas

Águas de Gaia E.E.M., 2007a. Brochura da ETAR Areíno.

Águas de Gaia E.E.M., 2007b. Brochura da ETAR Febros.

Águas de Gaia E.E.M., 2007c. Brochura da ETAR Gaia Litoral.

Águas de Gaia E.E.M., 2007d. Brochura da ETAR Lever.

Águas de Gaia E.E.M., 2007e. Brochura da ETAR Crestuma.

A.P.H.A., A.W.W.A., W.E.F..Standard methods for the examination of water and wastewater. Clesceri,L.S.;Greenberg, A.E.; Eaton, A.D. (Eds). 21st edition, Washington DC, 2005.

Apontamentos da disciplina de Microbiologia Ambiental, 2005. ISEP.

EFACEC, 2003. Manual de Instruções da ETAR Crestuma.

ISO 6878. Water quality: Determination of phosphorus; Ammonium molybdate spectrometric method, 2004.

ISO 11905-1.Water quality: Determination of nitrogen; Part 1: Method using oxidative digestion with peroxodisulfate, 1997.

ISO 15705. Water quality: Determination of the chemical oxygen demand index (ST-COD); Small-scale sealed-tube method, 2002.

Metcalf e Eddy; Tchobanoglous,G.; Burton, F.; Stensel H., 2003. Wastewater Engineering - Treatment and Reuse. 4th Ed. McGraw-Hill Professional.

Ministério do Ambiente, Decreto Lei nº 152/97. Disposições aplicáveis à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio aquático.

Ministério do Ambiente, Decreto Lei nº 236/98. Normas, critérios e objectivos de qualidade das águas em função dos seus principais usos.

Ministério do Ambiente Dec.Lei nº 97/2008. Estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos previsto pela Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, disciplinando a taxa de recursos hídricos.

Ministério do Ambiente, Decreto Lei nº 276/2009 de 2 de Outubro. Estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solo agrícola.

Ministério do Ambiente Dec.Lei nº 73/2011. Estabelece o regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos.

Myers, S., 1998. Sistemas de Águas Residuais Urbanas. Associação Europeia da Água.

Nicolau, A., 2007. Índice Biótico de Lamas. Identificação de Protozoários e Metazoários. Biotempo.

Nicolau, A.; Lima, N.; Mota, M.; Madoni, P., 1997. Os Protozoários como indicadores da qualidade biológica das lamas activadas. Biotecnologia Ambiental. Nº 56, 14-19.

Teixeira, F., 2007. Apontamentos da disciplina de Tratamento de Efluentes Líquidos, ISEP.

Sites consultados

http://personal.telefonica.terra.es/web/ayma/atlas_b.htm (acedido a 10/10/2011)

<http://www.aguasgaia.eu/pt/home.php>. (acedido a 2/11/2011)

INSAAR.2008 - <http://www.anmp.pt/anmp/pro/mun1/mun101w3.php?cod=M4400> (acedido a 2/11/2010)

www.aguasgaia.eu/pt/dados.php?ref=san_cobertura (acedido a 18/10/2011)

Anexos

Anexo I – Ficha técnica da mistura fúngica, Optibiom 7450L



OPTIBIOM 7450L

20745-09-03 A

DEFINIÇÃO

Mistura de fungos originários do ecossistema natural e seleccionado pela sua capacidade para reduzir em simultâneo “CQO duro” e sólidos suspensos nas águas residuais da

industria em geral e na industria agro-alimentar em particular.

DESCRICÃO DO PRODUTO

Aspecto	liquido	
Cor	branco a cinza	
Odor	fraco	
Especificações garantidas	Normas	Métodos
Totais / ml	>5x10 ³	M75011
pH	5,25 ± 0,25	

PRINCIPAL APLICAÇÃO

O **OPTIBIOM 7450L** é utilizado para reduzir em 30% o CQO de águas residuais. Como os fungos naturais exibem uma biodiversidade enzimática mais elevada que as bactérias, são mais eficientes na remoção de CQO. Também têm acção favorável na redução dos odores.

Dosagem recomendada: 3 a 7 g de **OPTIBIOM 7450L** por kg de CQO entrada do processo biológico.

ARMAZENAGEM

3 meses a temperatura ambiente (+20°C)

UTILIZAÇÃO

O **OPTIBIOM 7450L** é directamente incorporado no reactor biológico ou lagoa.

ACONDICIONAMENTO

O **OPTIBIOM 7450L** é fornecido em jerricans de 25 kg, bidões de polietileno de 100 ou 200 kg ou em contentor de 100 kg.

12/07

As indicações contidas nesta informação correspondem aos nossos conhecimentos actuais; têm por objectivo aconselhar mas sem, no entanto, comprometer a nossa responsabilidade porque não podemos controlar o modo como são utilizados os nossos produtos.

Anexo II – Ficha técnica do polímero, Easy 25



EASY CHEM • Produtos Químicos, Lda

Ficha Técnica EASY 25

Revisão 26-10-2011

Polielectrólito Catiónico

Descrição:

EASY 25 é um polielectrólito catiónico sintético de poliacrilamida de muito alto peso molecular fornecido na forma de pó granulado branco e fluído. É completamente solúvel em água produzindo soluções de muito alta viscosidade. A viscosidade elevada das soluções leva a que possa ser necessária diluição e/ou mistura adicional na sua aplicação industrial comparativamente a polímeros convencionais.

Principais aplicações:

EASY 25 foi concebido especificamente para floculação de lamas industriais e domésticas destinadas a desidratação por centrifugação, sendo especialmente adequado para lamas com teor biológico elevado.

EASY 25 é também adequado para utilização conjunta com outros processos de espessamento e desidratação de lamas e também processos de sedimentação.

EASY 25 é eficaz numa gama alargada de valores de pH.

Propriedades:	Aspecto	pó granulado branco	
	Densidade volumétrica	aprox. 0,70 g/cm ³	
	pH da solução 1% a 25°C	aprox. 3.5	
	Viscosidade Brookfield (cps)	5,0 g/l – 900 cps;	2,5 g/l – 600 cps

Aplicação:	Concentrações recomendadas :	Solução de preparação	0.25-0.5% máx.
		Solução de aplicação	0.05-0.2% máx.

Armazenagem:	Períodos de Armazenagem recomendados:	Sólido	até dois anos
		Solução de preparação	2 – 5 dias
		Solução de aplicação	1 – 3 dias

Validade: 2 anos após recepção do produto.

A armazenagem do polímero seco e das suas soluções por períodos mais longos do que os recomendados pode ser aceitável sob condições correctas mas pode resultar em alguma perda de eficiência.

A armazenagem do polímero sólido deve ser feita em local fresco e seco, evitando condições de temperatura e humidade elevadas, uma vez que nessas condições a natureza higroscópica do produto leva a que este absorva humidade e fique aglomerado.

As embalagens devem ser mantidas fechadas quando não estão a ser utilizadas.

Embalagem e Manuseamento

O produto é fornecido em sacos plásticos de 25 Kg. Pode também ser comercializado em Big Bags.

Detalhes específicos deste tipo de comercialização poderão ser obtidos mediante pedido.

A corrosão para a maioria dos materiais de construção habituais é reduzida. No entanto, devem ser evitados equipamentos em alumínio ou galvanizados.

Saúde e Segurança

O produto tem uma muito baixa toxicidade oral e não apresenta qualquer problema no seu manuseamento ou utilização geral.

Informação detalhada sobre o manuseamento e precauções a serem observadas durante a utilização do produto descrito neste folheto podem ser consultadas na correspondente Ficha de Dados de Segurança.

Empresa : EASY CHEM - PRODUTOS QUÍMICOS, LDA
Rua de Real, 57
4425-351 MAIA
Telefone : 229 480 033
Fax : 229 480 036

Anexo III – Ficha técnica do polímero, Easy 6040



EASY CHEM • Produtos Químicos, Lda

Ficha Técnica EASY 6040

Revisão 27-10-2011

Polielectrólito Catiónico

Descrição:

EASY 6040 é um polielectrólito catiónico sintético de poliácridamida fornecido na forma de emulsão líquida de elevada estabilidade. O produto é facilmente preparado em solução por adição manual ou por bomba doseadora em água com agitação.

Principais aplicações:

EASY 6040 foi concebido especificamente para floculação de lamas industriais e domésticas destinadas a desidratação por centrifugação, sendo especialmente adequado para lamas com teor biológico elevado.

EASY 6040 é adequado para utilização conjunta com outros processos de espessamento e desidratação de lamas e também processos de sedimentação sendo também eficaz quando utilizado em conjunto com coagulantes no tratamento de efluentes industriais. EASY 6040 é eficaz numa gama alargada de valores de pH.

Propriedades:	Aspecto	líquido branco
	Conteúdo de sólidos	50% em polímero activo
	Massa específica	aprox. 1,06 g/cm ³
	pH da solução 1%	aprox. 3.9
	Viscosidade conforme fornecido	aprox. 300 cP

Aplicação:	Concentrações recomendadas :	Solução de preparação	0.5-1,0% máx.
		Solução de aplicação	0.1-0.4% máx.

Armazenagem:	Períodos de Armazenagem recomendados:	Conforme fornecido	1 ano
		Solução de preparação	2 – 5 dias
		Solução de aplicação	1 – 3 dias

A armazenagem do produto concentrado e das suas soluções por períodos mais longos do que os recomendados pode ser aceitável sob condições correctas mas pode resultar em alguma perda de eficiência.

A armazenagem do produto concentrado deve ser feita em local fresco e seco, evitando períodos prolongados a temperaturas superiores a 35-40°C. Proteger da geada e congelamento.

As soluções devem ser sempre preparadas em condições de boa agitação adicionando o produto em emulsão à água e nunca o inverso. Durante a armazenagem as embalagens devem ser mantidas fechadas quando não estão a ser utilizadas evitando sempre o contacto do produto com água que provoca um efeito de espessamento/gelificação.

Embalagem e Manuseamento

EASY 6040 é fornecido em bidões plásticos de 25 Kg ou contentores de 1.000 Kg.

A corrosão para a maioria dos materiais de construção habituais é reduzida. No entanto, devem ser evitados equipamentos em alumínio ou galvanizados.

Saúde e Segurança

O produto tem uma muito baixa toxicidade oral e não apresenta qualquer problema no seu manuseamento ou utilização geral.

Contudo, conforme todos os polielectrólitos catiónicos, o produto apresenta toxicidade para os peixes, afectando adversamente a membrana mucosa das suas guelras. É importante tomar medidas para evitar que o produto ou as suas soluções entrem em contacto directo com cursos de água naturais.

Informação detalhada sobre o manuseamento e precauções a serem observadas durante a utilização do produto descrito neste folheto podem ser consultadas na correspondente Ficha de Dados de Segurança.

Empresa : EASY CHEM - PRODUTOS QUÍMICOS, LDA
Rua de Real, 57
4425-351 MAIA
Telefone : 229 480 033
Fax : 229 480 036

Página 1 de 1

Anexo III – Dados 2008

Tabela A III.1 – Dados obtidos durante o ano 2008

2008																	
Afluente									Efluente								
mês	CBO ₅ (mg/L)	CQO (mg/L)	SST (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	pH (escala Sorensen)	Caudal (m ³ /dia)	Razão CBO ₅ /CQO	CBO ₅ efluente (mg/L)	CQO efluente (mg/L)	SST efluente (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	pH (escala Sorensen)	% remoção CBO ₅	% remoção CQO	% remoção SST
Janeiro	404	1315	421	189	19,8	8,35	279	0,31	2	66	25	10	2,8	7,43	99	95	94
Fevereiro	613	1388	454	123	14,7	8,58	210	0,44	15	85	38	26	4,1	7,29	98	94	92
Março	684	1268	449	91	10,2	8,38	261	0,54	11	64	31	16	4,8	7,23	98	95	93
Abril	478	832	248	58	6,8	8,18	475	0,57	10	52	23	11	3,3	7,31	98	94	91
Mai	525	806	304	89	10,4	7,89	319	0,65	5	47	20	6	4,3	7,24	99	94	93
Junho	563	1006	390	106	12,5	8,07	251	0,56	4	59	9	4	3,5	7,37	99	94	98
Julho	776	1242	409	178	21,6	8,32	231	0,62	6	35	10	9	3,7	7,60	99	97	97
Agosto	755	1453	551	127	14,9	8,06	219	0,52	6	24	8	4	2,6	7,73	99	98	99
Setembro	580	1279	526	91	11,7	8,11	229	0,45	4	27	10	2	1,7	7,61	99	98	98
Outubro	485	939	311	111	12,9	8,25	212	0,52	6	29	13	10	4,5	7,51	99	97	96
Novembro	673	1272	482	139	15,8	8,48	211	0,53	6	36	16	25	2,6	7,49	99	97	97
Dezembro	666	1055	347	70	8,7	8,24	343	0,63	8	62	43	31	3,4	7,08	99	94	88
média	600	1154	408	114	13,3	8,24	270	0,53	7	49	21	13	3,4	7,41	99	96	95

2008																
mês	SST R.biológico (mg/l)	SSV R.biológico (mg/l)	SST Recirculação (mg/l)	SSV Recirculação (mg/l)	Idade da lama (dias)	Carga mássica (mg CBO/mg SST.dia)	Tempo de retenção no biológico. (hora)	Tempo de retenção decantador (hora)	Caudal de purga (m3/mês)	Caudal de purga (m3/dia)	Caudal de L. espess /m3 de afluente tratado m3/m3	MS L. espess. (%)	MS lama desidratada (%)	Lama desidratada. (ton)	Tempo funcionamento centrífuga (horas/mês)	Consumo energia da ETAR /mês (kWh)
Janeiro	5733	4612	8586	6832	32	0,021	67	50	510	16,5	0,059	1,4	11,1	30	225	15088
Fevereiro	4791	3866	6737	5363	36	0,021	89	68	440	15,7	0,075	1,1	11,3	30	145	9209
Março	4560	3630	6495	5169	42	0,055	72	53	400	12,9	0,049	1,3	12,0	18	118	11083
Abril	4649	3715	7224	5690	35	0,046	39	28	432	14,4	0,030	1,5	12,7	24	129	12141
Mai	5054	4043	7377	5837	32	0,062	59	43	528	17,0	0,053	1,1	11,8	30	161	13100
Junho	5084	4077	8328	6270	30	0,040	75	56	514	17,1	0,068	1,5	11,9	36	147	13297
Julho	5496	4392	7172	5625	39	0,041	81	61	480	15,5	0,067	1,2	11,8	36	270	13094
Agosto	5208	4246	10438	8342	22	0,039	85	65	568	18,3	0,084	1,1	12,2	36	267	13750
Setembro	5504	4262	6814	5272	33	0,030	82	62	568	18,9	0,083	1,1	11,9	42	154	13981
Outubro	5860	4606	6834	5327	46	0,022	88	66	456	14,7	0,069	1,2	12,4	36	160	12372
Novembro	5392	4288	7526	5974	51	0,025	89	65	328	10,9	0,052	1,5	11,6	30	149	13393
Dezembro	4552	3729	5769	4678	38	0,074	55	40	506	16,3	0,048	1,5	11,6	24	145	14755
média	5157	4122	7442	5865	36	0,040	73	55	478	15,7	0,061	1,3	11,9	31	173	12939

Anexo IV – Dados 2009

Tabela A IV.1 – Dados obtidos durante o ano 2009

2009																	
Afluente									Efluente								
mês	CBO ₅ (mg/L)	CQO (mg/L)	SST (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	pH (escala Sorensen)	Caudal (m ³ /dia)	Razão CBO ₅ /CQO	CBO ₅ efluente (mg/L)	CQO efluente (mg/L)	SST efluente (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	pH (escala Sorensen)	% remoção CBO ₅	% remoção CQO	% remoção SST
Janeiro	320	618	213	98	10,8	8,19	621	0,52	12	49	31	10	1,7	7,26	96	92	85
Fevereiro	213	613	199	60	6,4	7,96	544	0,35	6	26	14	19	1,0	7,32	97	96	93
Março	610	1077	388	90	9,7	8,34	258	0,57	9	43	26	10	3,9	7,51	98	96	93
Abril	600	899	414	116	12,6	8,19	265	0,67	7	37	25	6	4,1	7,54	99	96	94
Maior	550	1101	450	108	14,1	7,82	222	0,50	8	44	23	8	4,2	7,59	99	96	95
Junho	670	1196	486	110	12,7	7,93	225	0,56	15	48	21	30	3,2	7,75	98	96	96
Julho	415	895	365	75	10,6	7,93	216	0,46	19	73	35	41	5,5	7,63	96	92	90
Agosto	545	1016	473	91	11,8	8,18	201	0,54	11	47	18	21	3,6	7,66	98	95	96
Setembro	668	1149	444	145	15,8	8,33	189	0,58	7	43	9	7	3,5	7,54	99	96	98
Outubro	563	1147	551	69	10,6	8,27	262	0,49	12	46	19	7	5,1	7,64	98	96	97
Novembro	360	938	255	86	9,5	7,93	445	0,38	15	41	23	15	3,8	7,68	96	96	91
Dezembro	290	503	219	128	11,3	8,11	830	0,58	9	44	21	19	3,4	7,74	97	91	91
médias	484	929	371	98	11,3	8,10	356	0,52	11	45	22	16	3,6	7,57	98	95	93

2009																
mês	SST R.biológico (mg/l)	SSV R.biológico (mg/l)	SST Recirculação (mg/l)	SSV Recirculação (mg/l)	Idade da lama (dias)	Carga mássica (mg CBO/mg SST.dia)	Tempo de retenção no biológico L. (hora)	Tempo de retenção decantador (hora)	Caudal de purga (m ³ /mês)	Caudal de purga (m ³ /dia)	Caudal de L. espess /m ³ de afluente tratado m ³ /m ³	MS L.espess. (%)	MS lama desidratada (%)	Lama desidratada. (ton)	Tempo funcionamento centrífuga (horas/mês)	Consumo energia da ETAR /mês (kWh)
JAN	4516	3633	6512	5159	32	0,031	30	22	528	17,0	0,027	1,1	12,7	36	138	13906
FEV	5076	3639	7058	4987	42	0,034	34	25	416	13,4	0,025	0,9	14,4	30	130	13738
MAR	6250	4671	6704	4977	39	0,028	73	55	588	19,0	0,074	1,2	13,4	36	159	13978
ABR	5857	4472	6924	5548	33	0,030	71	53	592	19,1	0,072	1,1	12,9	36	143	11915
MAI	6498	5211	7549	5998	40	0,025	84	64	520	16,8	0,076	1,3	11,9	42	159	11509
JUN	5342	4343	9691	7640	44	0,028	83	61	312	10,1	0,045	1,5	13,0	30	127	13224
JUL	5101	4181	11296	9239	30	0,020	87	64	368	11,9	0,055	2,4	13,3	42	165	12775
AGO	5588	4462	8628	6757	49	0,018	93	69	328	10,6	0,053	2,4	13,4	36	147	12683
SET	5720	4594	12034	9439	36	0,025	99	73	328	10,6	0,056	1,5	13,9	36	126	13279
OUT	5692	4462	8725	7614	32	0,031	72	53	448	14,5	0,055	1,7	13,7	36	150	11984
NOV	5350	4226	8241	6319	43	0,059	42	30	376	12,1	0,027	1,4	13,3	36	144	11651
DEZ	4543	3601	8153	6317	72	0,055	23	16	192	6,2	0,007	1,5	14,1	18	144	12757
media	5461	4291	8460	6666	41	0,032	66	49	416	13,4	0,048	2	13,3	35	144	12783

Anexo V – Dados 2010

Tabela A V.1 – Dados obtidos durante o ano 2010

2010																	
Afluente									Efluente								
mês	CBO ₅ (mg/L)	CQO (mg/L)	SST (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	pH (escala Sorense)	Caudal (m ³ /dia)	Razão CBO ₅ /CQO	CBO ₅ efluente (mg/L)	CQO efluente (mg/L)	SST efluente (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	pH (escala Sorense)	% remoção CBO ₅	% remoção CQO	% remoção SST
Janeiro	260	437	184	104	13,0	7,88	643	0,59	13	40	17	19	1,2	7,37	95	91	91
Fevereiro	295	588	180	77	7,8	8,11	456	0,50	11	33	17	17	3,1	7,69	96	94	90
Março	328	529	228	88	9,2	8,21	463	0,62	6	35	20	10	0,6	7,66	98	93	91
Abril	390	695	310	113	12,3	8,35	295	0,56	17	67	36	43	4,1	7,63	96	90	88
Mai	588	866	382	132	16,3	8,02	241	0,68	16	75	41	53	3,1	7,69	97	91	89
Junho	460	957	414	146	16,1	8,14	219	0,48	14	65	28	51	3,5	7,70	97	93	93
Julho	713	1096	481	126	15,9	7,68	201	0,65	12	43	26	23	5,0	7,53	98	96	95
Agosto	564	813	326	101	12,3	7,72	197	0,69	10	43	16	19	3,3	7,44	98	95	95
Setembro	540	1018	531	78	9,9	7,84	185	0,53	7	37	21	5	3,4	7,36	99	96	96
Outubro	563	911	385	132	15,3	8,48	362	0,62	4	26	8	6	2,7	7,53	99	97	98
Novembro	345	544	240	108	11,6	8,04	441	0,63	5	30	14	6	1,0	7,31	99	94	94
Dezembro	264	411	201	49	4,7	7,25	447	0,64	8	38	17	10	1,0	7,00	97	91	91
média	442	739	322	104	12,0	7,98	346	0,60	10	44	22	22	2,6	7,49	97	94	93

2010																
mês	SST R.biológico (mg/l)	SSV R.biológico (mg/l)	SST Recirculação (mg/l)	SSV Recirculação (mg/l)	Idade da lama (dias)	Carga mássica (mg CBO/mgSST.dia)	Tempo de retenção no biológico (h)	Tempo de retenção decantador (h)	Caudal de purga (m3/mês)	Caudal de purga (m3/dia)	Caudal de L. espess /m3 de afluente tratado m3/m3	MS L. espess. (%)	MS lama desidratada (%)	Lama desidratada (ton)	Tempo funcionamento centrífuga (h/mês)	Consumo energia da ETAR /mês (kWh)
Janeiro	4564	3733	7094	5568	84	0,028	29	21	192	6,2	0,0096	2,1	14,6	24	68	15570
Fevereiro	4635	3835	7238	5580	23	0,033	41	30	658	23,5	0,0516	1,1	13,7	30	137	13379
Março	4748	3941	7001	5688	30	0,037	40	29	554	17,9	0,0386	1,4	12,3	24	90	11017
Abril	5378	4484	7459	6114	51	0,023	63	46	336	11,2	0,0380	1,5	12,2	30	144	12073
Mai	5868	4845	7761	6340	77	0,031	78	56	240	7,7	0,0321	1,5	10,8	18	95	13359
Junho	6143	5415	9867	7673	43	0,017	86	64	384	12,8	0,0586	1,5	11,9	30	105	13404
Julho	5909	4790	8164	6534	48	0,029	93	69	368	11,9	0,0591	1,9	12,1	36	141	12660
Agosto	6304	5045	7778	6229	29	0,022	95	75	682	22,0	0,1118	1,8	11,7	36	139	13644
Setembro	5875	4697	8460	6716	51	0,023	101	75	320	10,7	0,0576	1,8	12,3	42	189	13077
Outubro	4728	3794	8614	6778	40	0,034	52	37	342	11,0	0,0305	1,7	12,5	54	169	11507
Novembro	3767	3067	11079	8780	26	0,048	42	30	314	10,5	0,0237	1,7	11,7	30	120	11852
Dezembro	3237	2707	8616	6895	46	0,037	42	30	207	6,7	0,0149	1,1	12,2	24	97	15415
média	5096	4196	8261	6575	46	0,030	64	47	383	12,7	0,0438	1,5911	12,338	32	125	13080

Anexo VI – Dados 2011

Tabela A VI.1 – Dados obtidos durante o ano 2011

2011																	
afluente									efluente								
mês	CBO ₅ (mg/L)	CQO (mg/L)	SST (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	pH (escala Sorensen)	Caudal (m ³ /dia)	Razão CBO ₅ /CQO	CBO ₅ efluente (mg/L)	CQO efluente (mg/L)	SST efluente (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	pH (escala Sorensen)	% remoção CBO ₅	% remoção CQO	% remoção SST
Janeiro	450	648	270	92	11,2	7,72	390	0,69	13	53	32	16	3,0	6,87	97	92	88
Fevereiro	335	546	252	97	10,0	8,24	354	0,61	17	64	45	15	3,2	7,03	95	88	82
Março	392	623	268	100	10,0	8,27	270	0,63	16	47	23	10	3,6	7,10	96	92	92
Abril	808	976	515	141	17,8	8,19	255	0,83	7	32	8	6	2,8	7,24	99	97	98
Mai	512	865	368	101	9,9	8,37	224	0,59	5	25	5	9	1,8	7,32	99	97	99
Junho	600	942	397	97	11,5	7,96	190	0,64	6	29	5	5	4,0	7,24	99	97	99
Julho	715	1105	499	114	15,2	8,64	191	0,65	6	30	8	4	6,0	7,44	99	97	98
média	545	815	367	106	12,2	8,20	268	0,66	10	40	18	9	3,5	7,18	98	94	94

2011																
mês	SST R.biológico (mg/l)	SSV R.biológico (mg/l)	SST Recirculação (mg/l)	SSV Recirculação (mg/l)	Idade da lama (dias)	Carga mássica (mg CBO/mgSST.dia)	Tempo de retenção no biológico (hora)	Tempo de retenção decantador (h)	Caudal de purga (m3/mês)	Caudal de purga (m3/dia)	Caudal de L. espess /m3 de afluente tratado m3/m3	MS L. espess. (%)	MS lama desidratada (%)	LAMA DES. (ton)	Tempo funcionamento centrífuga (horas/mês)	Consumo energia da ETAR /mês (kWh)
Janeiro	2819	2386	9517	7784	37	0,071	48	34	198	6,4	0,0164	1,2	11,7	12	77	11071
Fevereiro	3646	3034	5627	4637	68	0,032	53	38	234	7,5	0,0213	1,1	11,7	12	53	14109
Março	3678	3075	6433	5270	40	0,041	69	51	357	11,5	0,0426	0,9	11,7	30	127	11668
Abril	3909	3226	9823	7903	29	0,054	73	54	338	10,9	0,0427	1,1	12,7	29	130	12852
Mai	3734	3060	14123	11243	16	0,033	84	62	408	13,2	0,0587	1,7	13,8	35	95	12609
Junho	3704	3111	12224	9908	21	0,035	98	73	367	11,8	0,0622	1,5	12,6	30	120	13485
Julho	3211	2694	12354	9995	19	0,052	98	73	352	11,4	0,0593	1,3	12,2	30	133	13799
média	3529	2941	10015	8106	33	0,046	75	55	322	10,4	0,0433	1,2545	12,3	25	105	12799