



Maguidaberta Many Ferreira dos Ramos
Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS
DE DESIDRATAÇÃO PARA ETAR
CASO DE ESTUDO: CENTRÍFUGAS
VERSUS FILTROS BANDA**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária

Orientador: Professora Doutora Leonor Miranda Monteiro
do Amaral, Professora Auxiliar, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Rita Maurício Rodrigues Rosa
Arguente: Engenheiro José Manuel Leitão Sardinha
Vogal: Prof. Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral



Maguidaberta Many Ferreira dos Ramos
Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS
DE DESIDRATAÇÃO PARA ETAR
CASO DE ESTUDO: CENTRÍFUGAS
VERSUS FILTROS BANDA**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária

Orientador: Professora Doutora Leonor Miranda Monteiro
do Amaral, Professora Auxiliar, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Rita Maurício Rodrigues Rosa
Arguente: Engenheiro José Manuel Leitão Sardinha
Vogal: Prof. Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE DESIDRATAÇÃO PARA ETAR
CASO DE ESTUDO: CENTRÍFUGAS VERSUS FILTROS BANDA**

© Copyright em nome de Maguidaberta Many Ferreira dos Ramos, da FCT/UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

À Professora Doutora Leonor Amaral por ter aceitado orientar este trabalho e pela disponibilidade demonstrada.

À Águas de Portugal, e em especial ao Engenheiro Rui Simões, pela disponibilidade e fornecimento de informação.

Às Águas do Sado, Águas do Centro, SIMRIA e SIMLIS, pela disponibilização de informação para os casos de estudo.

À Engenheira Ana Quintão, à Engenheira Sónia Mexia, à Engenheira Margarida Esteves e à Engenheira Sandra Jorge por todo o apoio e esclarecimentos sobre os casos de estudo.

Ao Engenheiro Alberto Aguiar cujo incentivo para a frequência deste mestrado foi fundamental para voltar à vida académica, bem como pelas discussões e pelo conhecimento transmitido.

Aos meus amigos e colegas pelo apoio e incentivo ao longo de todo o mestrado.

Aos meus pais e aos meus irmãos, pelo apoio e pela paciência.

Sumário

Dadas as condições económicas difíceis que o País atravessa actualmente e que obrigam a uma redução das despesas dos serviços públicos considerou-se relevante compreender a influência que o desempenho dos sistemas de desidratação de lamas tem nos custos de tratamento de lamas nas ETAR e qual a contribuição que a escolha de uma determinada solução de desidratação pode ter na redução desses custos.

A escolha de um sistema de desidratação de lamas deve ser sempre antecedida por uma análise de soluções alternativas que permitam avaliar os custos de investimento e de exploração da solução a implementar e por um estudo relativo ao destino final adequado a dar as lamas. Este estudo insere-se neste contexto, na medida em que fará uma análise comparativa dos custos de exploração associados à desidratação por centrífuga ou por filtro banda.

O desenvolvimento deste trabalho assentou numa revisão bibliográfica sobre o tema em estudo e no trabalho de campo que incidiu sobre a caracterização dos tipos de desidratação de lamas existentes nas ETAR das empresas participadas do grupo Águas de Portugal, SGPS, S.A., e a caracterização dos quatro casos de estudo. Os critérios de escolha dos casos de estudo foram a capacidade de tratamento (habitantes equivalentes) das ETAR e a tecnologia aplicada na desidratação das lamas.

As principais conclusões do estudo permitem salientar o facto de que nas ETAR em Portugal a desidratação de lamas é feita maioritariamente por centrífugas, que os custos de exploração afectos à componente de desidratação indicam uma clara vantagem na utilização de filtros de banda em ETAR de médias dimensões, e que para ETAR de grandes dimensões atenuam-se as diferenças entre as centrífugas e os filtros banda.

Palavras-chave: Tratamento de águas residuais, Tratamento de lamas de depuração, Desidratação mecânica, Filtros banda, Centrífugas.

Abstract

Given the difficult economic conditions that the country is currently going through which force a reduction of public services expenditure, was considered relevant to understand the influence that the performance of sludge dewatering systems has in the costs of sludge treatment on the waste water treatment plant (WWTP) and which contribution that the choice of a particular dewatering solution can have on reducing these costs.

The choice of a sludge dewatering system must always be preceded by an analysis of alternative solutions that allow assessing the investment and operational costs of the solution to be implemented and by a study of the appropriate sludge final destination. This study fits into this context, as it will make a comparative analysis of operating costs associated with centrifuge or belt filter press dewatering.

The development of this work was based on a literature review on the subject under study and in fieldwork that focused on the characterization of the sludge dewatering types existing at WWTP, of the subsidiaries companies of Águas de Portugal, SGPS, S.A, and on the characterization of four case studies. The selection criteria for the study were the treatment capacity (equivalent inhabitants) of the WWTP and the technology applied in the sludge dewatering.

The main conclusions of the study allow to enhancing the fact that in Portugal in WWTP sludge dewatering is done mostly by centrifuges, the operating costs allocated to the dewatering component indicate a clear advantage in the use of belt filter presses in medium WWTP, and that the differences between the centrifuges and the belt filter presses for large WWTP are less marked.

Keywords: Waste water treatment, Sewage sludge treatment, Dewatering, Belt filter presses, Centrifuges.

Índice de Matérias

1.	Introdução.....	1
1.1.	Objectivo.....	1
1.2.	Pesquisa de informação.....	1
1.3.	Estrutura do documento.....	2
2.	Pesquisa bibliográfica.....	3
2.1.	Caracterização das lamas produzidas nas ETAR.....	3
2.1.1.	Definição de lamas.....	3
2.1.2.	Origem das lamas.....	3
2.1.3.	Tipos de lamas.....	5
2.2.	Processos de tratamento das lamas.....	6
2.2.1.	Condicionamento.....	7
2.2.2.	Espessamento.....	8
2.2.3.	Desidratação.....	10
2.2.3.1.	Leitos de secagem.....	12
2.2.3.2.	Filtros banda.....	12
2.2.3.3.	Centrífugas.....	14
2.2.3.4.	Filtros prensa.....	14
2.2.4.	Estabilização.....	17
2.2.5.	Secagem térmica.....	18
3.	Desidratação de lamas em Portugal.....	19
3.1.	Enquadramento.....	19
3.2.	Metodologia.....	21
3.3.	Caracterização dos casos de estudo.....	24
3.3.1.	ETAR de Pedrógão Grande.....	24
3.3.2.	ETAR Norte da SIMRIA.....	29
3.3.3.	ETAR de Fátima.....	33
3.3.4.	ETAR de Setúbal.....	37
3.4.	Recolha e análise de dados.....	42
4.	Análise e discussão de resultados.....	51
4.1.	Situação nacional.....	51

4.2.	Casos de estudo.....	55
4.2.1.	Teor de matéria seca nas lamas.....	55
4.2.2.	Consumo de polímero.....	56
4.2.3.	Consumo de energia.....	58
4.2.4.	Consumo de água.....	60
4.2.5.	Custos correntes.....	61
4.2.6.	Custos de exploração.....	63
4.2.7.	Custo de investimento.....	67
5.	Conclusão.....	69
6.	Bibliografia.....	71
	ANEXO I - Registo dos caudais de água residual tratada.....	73
	ANEXO II - Quantidade de lamas desidratadas nas ETAR.....	74
	ANEXO III - Consumos e custos de energia total das ETAR.....	75
	ANEXO IV - Consumos e custos de exploração de energia nas ETAR.....	76

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Fontes e tipos de sólidos gerados numa ETAR convencional	4
Figura 2.2 - Fontes e tipos de sólidos gerados numa ETAR por lagunagem	4
Figura 2.3 - Esquema de um filtro banda	13
Figura 2.4 - Esquema de uma centrífuga.....	14
Figura 2.5 - Fases do ciclo do filtro prensa	15
Figura 2.6 - MS obtida através de vários processos de desidratação	16
Figura 3.1 - Evolução da dependência energética em Portugal e na UE	21
Figura 3.2 - Planta da ETAR de Pedrógão Grande	25
Figura 3.3 - Esquema de tratamento da ETAR de Pedrógão Grande	25
Figura 3.4 - Filtro banda Andritz da ETAR de Pedrógão Grande	27
Figura 3.5 - Alimentação de lamas ao filtro banda.....	27
Figura 3.6 - Lamas desidratadas a cair no parafuso transportador	28
Figura 3.7 - Lamas desidratadas a serem espalhadas no contentor.....	28
Figura 3.8 - ETAR Norte.....	30
Figura 3.9 - Esquema de tratamento da ETAR Norte da SIMRIA	30
Figura 3.10 - Filtros banda Andritz instalados na ETAR Norte da SIMRIA	31
Figura 3.11 - Vista das telas com 2,5 m de largura de um dos filtros banda.....	32
Figura 3.12 - Unidade de preparação de polímero	32
Figura 3.13 - Vista aérea da ETAR de Fátima	34
Figura 3.14 - Diagrama de processo de tratamento da ETAR de Fátima	34
Figura 3.15 - Centrífuga Westfalia instalada na ETAR de Fátima	35
Figura 3.16 - Central de preparação de polímero da ETAR de Fátima	36
Figura 3.17 - Vista aérea da ETAR de Setúbal.....	38
Figura 3.18 - Esquema de tratamento da ETAR de Setúbal	38
Figura 3.19 - Centrífugas Alfa Laval da ETAR de Setúbal	40
Figura 3.20 - Unidade de preparação de polímero da ETAR de Setúbal	41
Figura 4.1 - Caracterização das ETAR em função da dimensão.....	51
Figura 4.2 - Tipos de desidratação de lamas nas ETAR	52
Figura 4.3 - Tipos de desidratação mecânica de lamas nas ETAR.....	53
Figura 4.4 - Número de equipamentos de desidratação de lamas móveis por entidades gestoras	53
Figura 4.5 - Número de unidades centrífugas e de filtros banda instalados nas ETAR	54
Figura 4.6 - Número de unidades centrífugas e de filtros banda instalados nas ETAR por entidades gestoras.....	54
Figura 4.7 - Quantidade de lamas desidratadas e o teor de MS em cada ETAR.....	55
Figura 4.8 - Consumo de polímero por tonelada de MS e teor de MS nas lamas desidratadas.....	56
Figura 4.9 - Consumo de energia por sistema de desidratação	58
Figura 4.10 - Energia consumida por tonelada de MS nas lamas	59
Figura 4.11 - Consumo de água para lavagem das telas dos filtros banda	60
Figura 4.12 - Custos de energia por sistema de desidratação instalado em cada ETAR	61

Figura 4.13 - Custos de água consumida na lavagem das telas	62
Figura 4.14 - Custos de polímero consumido e custos de manutenção de cada sistema de desidratação	63
Figura 4.15 - Custos da desidratação de lamas em cada ETAR	63
Figura 4.16 - Custos totais da desidratação das lamas por ETAR	64
Figura 4.17 - Custos de exploração dos sistemas de desidratação de lamas por tonelada de MS em cada ETAR	65
Figura 4.18 - Custo de tratamento das lamas por habitante servido	66
Figura 4.19 - Custo de investimento actual de cada solução de desidratação	67

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Etapas de tratamento das lamas	6
Tabela 3.1 - Número de instalações de tratamento de águas residuais	19
Tabela 3.2 - Número de instalações de tratamento de águas residuais	19
Tabela 3.3 - Informação solicitada à AdP relativa à desidratação de lamas	22
Tabela 3.4 - Informação solicitada relativa aos casos de estudo	23
Tabela 3.5 - Dados base de projecto da ETAR de Pedrógão Grande.....	24
Tabela 3.6 - Dados base de projecto da ETAR Norte da SIMRIA.....	29
Tabela 3.7 - Dados base de projecto da ETAR de Fátima	33
Tabela 3.8 - Dados base de projecto da ETAR de Setúbal	37
Tabela 3.9 - Dados sobre a dimensão das ETAR do grupo AdP	42
Tabela 3.10 - Dados sobre desidratação de lamas (AdP)	43
Tabela 3.11 - Caracterização técnica dos casos de estudo	44
Tabela 3.12 - Caracterização do sistema de desidratação nas ETAR	44
Tabela 3.13 - Informação recolhida sobre a operação dos sistemas de desidratação	45
Tabela 3.14 - Consumo e custos de reagentes em cada ETAR.....	45
Tabela 3.15 - Consumo de água para lavagem das telas dos filtros banda.....	46
Tabela 3.16 - Custos de aquisição de peças e serviços de manutenção.....	47
Tabela 3.17 - Custos do transporte e eliminação das lamas.....	47
Tabela 3.18 - Resumo dos custos de exploração dos sistemas de desidratação em 2009.....	47
Tabela 3.19 - Resumo dos custos de exploração dos sistemas de desidratação em 2010.....	48
Tabela 3.20 - Custo de investimento actual de cada solução de desidratação.....	48

Lista de abreviaturas

AdA	Águas do Algarve, S.A.
AdC	Águas do Centro, S.A.
AdCA	Águas do Centro Alentejo, S.A.
AdM	Águas do Mondego, S.A.
AdN	Águas do Noroeste
AdNA	Águas do Norte Alentejano, S.A.
AdO	Águas do Oeste, S.A.
AdP	Águas de Portugal, SGPS, S.A.
AdSA	Águas de Santo André, S.A.
AdTMAD	Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A.
AdZC	Águas do Zêzere e Côa, S.A.
AEA	Agência Europeia do Ambiente
AgdA	Águas Públicas do Alentejo, S.A.
ARH	Administrações de Região Hidrográfica
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
EPA	<i>US Environmental Protection Agency</i>
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
FSC	Fossa Séptica Colectiva
Hab.eq.	Habitantes equivalentes
IGAOT	Inspeção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território
INAG, I.P.	Instituto da Água, I.P.
INSAAR	Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais
MS	Matéria seca
RH	Região Hidrográfica
SD	Simdouro, S.A.
SST	Sólidos Suspensos Totais
SV	Sólidos voláteis
UE	União Europeia

1. Introdução

1.1. Objectivo

Dadas as condições económicas difíceis que o País atravessa actualmente e que determinam uma redução das despesas dos serviços públicos, considerou-se relevante compreender a influência que o desempenho dos sistemas de desidratação de lamas tem nos custos de tratamento nas estações de tratamento de águas residuais (ETAR) e qual a contribuição que a escolha de uma determinada solução de desidratação pode ter na redução desses custos.

A escolha de um sistema de desidratação de lamas e do destino final adequado a dar às lamas devem ser sempre antecedidas por uma análise de soluções alternativas que permitam avaliar os custos de investimento e de exploração da solução a implementar. Este estudo insere-se neste contexto, na medida em que contribuirá para se efectuar uma análise detalhada dos custos de exploração (operação e manutenção) associados à desidratação por centrífuga ou por filtro banda e determinar as vantagens e desvantagens de uma solução em relação à outra.

1.2. Pesquisa de informação

A elaboração deste documento teve como base duas fontes de informação: a pesquisa bibliográfica e o trabalho de campo.

A pesquisa bibliográfica teve como objectivo a síntese de conhecimentos sobre o estado actual dos conhecimentos em domínios relevantes para o tema em estudo, nomeadamente, o tratamento de águas residuais, a gestão e o tratamento das lamas provenientes das ETAR, a avaliação e desempenho de técnicas de desidratação de lamas, e incidiu principalmente em livros da especialidade, em artigos de revistas científicas e em material disponibilizado na *Internet*.

O trabalho de campo incidiu sobre a caracterização dos tipos de desidratação de lamas existentes nas ETAR das empresas participadas do grupo Águas de Portugal, SGPS, S.A., e a caracterização dos casos de estudo. Nesta componente foi fundamental a colaboração das empresas responsáveis pela exploração das ETAR disponibilizando os dados necessários e facultando as visitas às ETAR referentes aos casos de estudo. Estas visitas foram realizadas durante os meses de Maio e Junho de 2011.

1.3. Estrutura do documento

Este documento é composto por seis capítulos e quatro Anexos.

No primeiro capítulo faz-se uma introdução que serviu de base teórica a este estudo, que inclui os métodos de pesquisa, os objectivos desta tese bem como a sua estrutura.

No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica que inclui a caracterização das lamas provenientes das ETAR, os tipos de processos de tratamento de lamas existentes e a avaliação e desempenho de técnicas de desidratação de lamas.

No terceiro capítulo faz-se a apresentação do trabalho de campo desenvolvido, especifica-se a metodologia adoptada e sistematizam-se os resultados obtidos.

No quarto capítulo apresenta-se a análise e discussão dos resultados obtidos.

As principais conclusões do estudo são apresentadas no quinto capítulo.

Finalmente são apresentadas as referências bibliográficas consultadas e utilizadas na elaboração do presente documento.

São ainda apresentados quatro Anexos, que serviram de suporte de informação para os vários capítulos apresentados.

2. Pesquisa bibliográfica

2.1. Caracterização das lamas produzidas nas ETAR

2.1.1. Definição de lamas

Nos últimos anos, muitas têm sido as estações de tratamento de águas residuais (ETAR) que têm vindo a entrar em funcionamento em Portugal. Estas unidades foram criadas para tratar águas residuais urbanas ou industriais, de forma a que as mesmas possam ser posteriormente lançadas em meio hídrico, sem que venham a provocar impactos negativos no meio receptor. Do tratamento das águas residuais geram-se lamas de depuração, em quantidades e com características muito variáveis, consoante a dimensão da ETAR e o tipo do efluente tratado (IGAOT, 2008).

De acordo com o Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de Outubro de 2009, as lamas de depuração são lamas provenientes de estações de tratamento de águas residuais domésticas, urbanas, de actividades agro-pecuárias, de fossas sépticas ou outras de composição similar.

Segundo Metcalf & Eddy (1991), as lamas resultantes das operações e processos de tratamento de águas residuais encontram-se sob a forma de um líquido ou de um líquido semi-sólido que contém normalmente uma percentagem de sólidos na ordem dos 0,25% a 12%, valores estes que variam de acordo com os tipos de tratamento e de operações utilizados.

Estas lamas constituem um resíduo, à luz da legislação nacional e europeia em vigor, necessitando assim de ser devidamente eliminadas ou valorizadas (IGAOT, 2008).

Sendo assim, as lamas produzidas pelas estações de tratamento de águas residuais são normalmente processadas para reduzir o seu teor de humidade de forma a facilitar o seu manuseamento, transporte e armazenamento, o seu poder de fermentação, responsável pela produção de gases e odores desagradáveis, e a presença de patogénicos (European Commission, 2001).

2.1.2. Origem das lamas

Nas estações de tratamento convencionais, as lamas têm origem nos processos de tratamento primário, secundário e terciário (European Commission, 2001).

As fontes e os tipos de sólidos gerados numa ETAR convencional estão ilustrados na Figura 2.1.

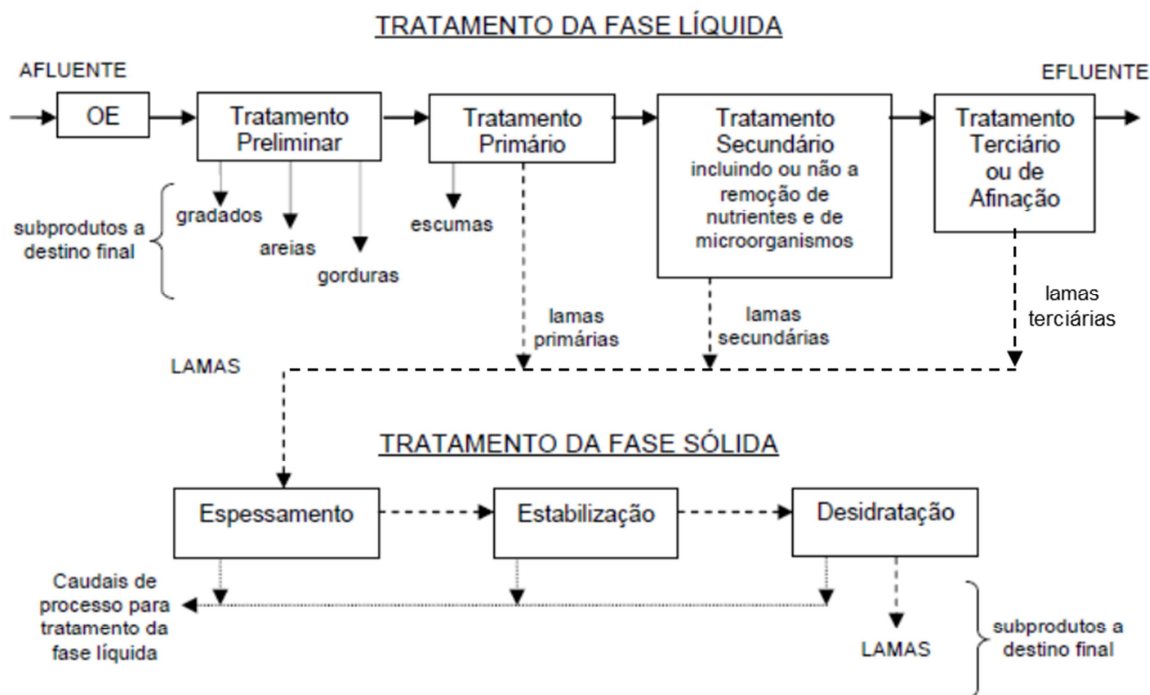


Figura 2.1 - Fontes e tipos de sólidos gerados numa ETAR convencional (Adaptado de Antunes, 2006)

Como alternativa ao tratamento convencional das águas residuais (processos intensivos) é comum recorrer-se a sistemas de lagunagem (Figura 2.2) ou lagoas de estabilização (processos extensivos) que garantem igualmente, e fundamentalmente, a redução de matéria orgânica (Antunes, 2006). As lagoas de estabilização normalmente são classificadas em anaeróbias, facultativas, aeróbias e de maturação, em função das suas condições de funcionamento e presença de oxigénio, e as lamas resultantes são, normalmente, removidas espaçadamente e encaminhadas para tratamento noutra ETAR.

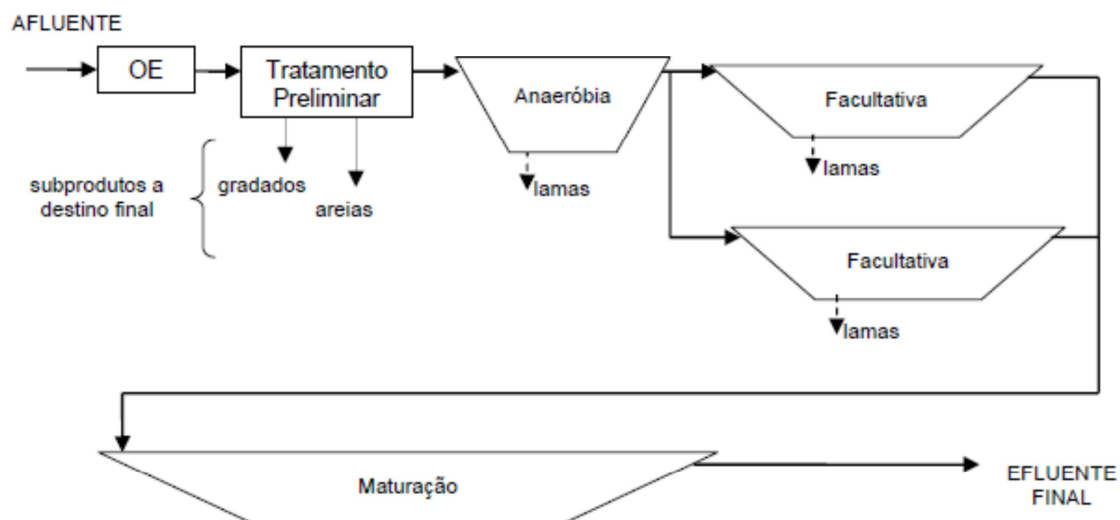


Figura 2.2 - Fontes e tipos de sólidos gerados numa ETAR por lagunagem (Antunes, 2006)

As lamas contêm sólidos sedimentáveis, tais como (dependendo da fonte) matéria fecal, fibras, silte, restos de comida, flocos biológicos, compostos químicos orgânicos, e inorgânicos, incluindo metais pesados e minerais. Uma lama é designada lama primária quando resulta da sedimentação primária a que as águas residuais são sujeitas de forma a retirar os sólidos mais facilmente sedimentáveis. Quando a lama é tratada, o biossólido resultante pode ser classificado de acordo com o tipo de tratamento, como aerobiamente digerido (mesófilo e termófilo), anaerobiamente digerido (mesófilo e termófilo), alcalino estabilizado, compostagem, e termicamente secas. A lama tratada pode ser primária, secundária (ou biológica), ou química, ou uma mistura de quaisquer dois ou três tipos de lamas (Turovskiy & Mathai, 2006).

2.1.3. Tipos de lamas

Os vários tipos de lamas existentes têm características específicas que irão influenciar a escolha do condicionador químico e do equipamento de desidratação a ser utilizado. Estas escolhas também dependerão do destino final das lamas.

As características variam de acordo com a origem dos sólidos e das lamas, a idade das lamas que foi considerada, e o tipo de processo a que foram sujeitas (Metcalf & Eddy, 1991).

As lamas primárias resultam da sedimentação primária a que as águas residuais são sujeitas de forma a retirar os sólidos mais facilmente sedimentáveis. A concentração de sólidos totais nas lamas primárias pode variar entre 2 e 7%. Em comparação com as lamas biológicas e químicas, as lamas primárias são desidratadas mais facilmente pois estas são compostas por partículas discretas e detritos, produzindo assim uma lama com menor teor de humidade e atingindo melhores taxas de captura de sólidos com requisitos de condicionamento inferiores. No entanto, as lamas primárias são altamente putrescíveis e geram um odor desagradável se forem armazenadas sem tratamento (Turovskiy & Mathai, 2006). Estas lamas normalmente recebem um tratamento secundário que pode ser por digestão aeróbia ou anaeróbia.

As lamas secundárias, também conhecidas como lamas biológicas, são produzidas nos processos de tratamento biológico, tais como lamas activadas, bioreactores de membrana, leitos percoladores e discos biológicos. Estas lamas, quando provenientes dos processos de lamas activadas e de leitos percoladores, geralmente contêm sólidos com concentração de 0,4 a 1,5% e 1 a 4% em matéria seca, respectivamente. Estas lamas são mais difíceis de desidratar do que as lamas primárias por causa do floco biológico pouco denso inerente às lamas biológicas (Turovskiy & Mathai, 2006).

As lamas primárias podem ser misturadas com as lamas secundárias, dando origem as lamas mistas.

Segundo Turovskiy & Mathai (2006) os produtos químicos são amplamente utilizados no tratamento de águas residuais, especialmente no tratamento de águas residuais industriais, para precipitar substâncias difíceis de remover (principalmente azoto e fósforo), e, em alguns casos, para melhorar a remoção de sólidos suspensos (para afinação da água residual tratada, de modo a ser sujeita ao processo de desinfecção). Em todos os casos atrás referidos são formadas lamas químicas. Alguns produtos químicos podem criar efeitos colaterais indesejáveis tais como o decréscimo do pH e da alcalinidade das águas residuais, que podem exigir a adição de produtos químicos alcalinos para ajustar esses parâmetros.

2.2. Processos de tratamento das lamas

As principais operações e processos de tratamento das lamas incluem a concentração dos sólidos (espessamento e desidratação) e a estabilização (biológica ou química). Na Tabela 2.1 apresenta-se um resumo das diferentes etapas no tratamento das lamas.

Tabela 2.1 - Etapas de tratamento das lamas (European Commission, 2001)

Etapas	Tipos de processos	Objectivos
Condicionamento	Condicionamento químico	Modificação da estrutura da lama
	Condicionamento térmico	Melhoria dos tratamentos complementares
Espessamento	Espessamento gravítico	Obtenção da densidade suficiente, estrutura e teor de sólidos tais que permitam o encaminhamento para os processos de tratamento complementares
	Mesa de espessamento	
	Flotação por ar dissolvido	
	Centrifugação	
Desidratação	Tambor rotativo	Redução do teor de humidade das lamas
	Leitos de secagem	Redução do teor de humidade das lamas
	Centrifugação	
	Filtro banda	
Estabilização e/ou desinfecção	Filtro prensa	
	Processos biológicos:	Redução do aparecimento de odores
	Digestão anaeróbia	Redução da presença de patogénicos nas lamas
	Digestão aeróbia	
	Compostagem	
Processos químicos:		
Estabilização alcalina		
Secagem térmica	Processos físicos:	
	Secagem térmica	Redução elevada do teor de humidade das lamas
	Pasteurização	
	Directa	
Indirecta		

2.2.1. Condicionamento

O condicionamento refere-se a um processo para melhorar a separação sólido líquido das lamas, melhorando assim as suas características de desidratação (Metcalf & Eddy, 1991).

O condicionamento químico resulta na coagulação dos sólidos e na libertação da água absorvida, e é realizado por meio de agentes minerais, tais como sais ou cal, ou compostos orgânicos (polímeros). Os compostos químicos utilizados normalmente são: o cloreto férrico, a cal, o sulfato de alumínio e os polímeros orgânicos. A adição destes compostos conduz a um aumento significativo do teor de sólidos secos nas lamas, sendo mais significativo no caso dos sais de ferro e da cal que poderão aumentar os sólidos secos em cerca de 20 a 30% (Metcalf & Eddy, 1991).

Têm sido utilizados outros métodos de condicionamento das lamas que incluem a adição de compostos não químicos (cinzas das centrais eléctricas ou das incineradoras de lamas, serradura, poeiras dos fornos das cimenteiras e terra diatomácea), o condicionamento térmico, condicionamento por congelamento- descongelamento, a elutriação (“sedimentação ao contrário”) e a ultrasonificação.

O condicionamento térmico é um processo que tem sido utilizado para condicionar e estabilizar as lamas, mas raramente é usado em novas instalações (Metcalf & Eddy, 1991). Este processo consiste no aquecimento das lamas a 170-220°C, a uma pressão de 1,2 a 2,5 MPa, por 15 a 30 minutos. O calor altera a estrutura física das lamas, ajudando ainda mais a desidratação. No entanto, como parte da matéria orgânica pode ser hidrolisada durante o processo, esta pode provocar odores ofensivos e altas concentrações de compostos orgânicos, azoto amoniacal e cor nas escorrências resultantes da filtração ou da centrifugação (Turovskiy & Mathai, 2006). Portanto, os efluentes deste processo poderão ter que ser tratados através da adição de produtos químicos para reduzir as cargas orgânicas.

Em comparação com a adição de químicos, o tratamento térmico apresenta algumas vantagens: excepto no caso das lamas activadas, pode-se obter concentrações de sólidos de 50 a 60% nas lamas desidratadas com equipamentos de desidratação mecânica após o condicionamento térmico; normalmente não é necessária a adição de químicos; estabilização das lamas e destruição de grande parte dos microrganismos patogénicos; o processo é insensível à variação da composição das lamas; e, o processo é adequado para diversos tipos de lamas que não podem ser estabilizadas biologicamente por causa da presença de materiais tóxicos (Turovskiy & Mathai, 2006).

As principais desvantagens apontadas a este processo são: o custo de capital elevado devido ao uso de materiais resistentes à corrosão e permutadores de calor em aço inoxidável; a necessidade de uma supervisão rigorosa, operadores especializados e um forte programa de manutenção preventiva; e a produção de um subproduto gasoso que precisa de ser tratado antes de ser

lançado na atmosfera. De acordo com Metcalf & Eddy (1991) estas desvantagens têm conduzido ao abandono da utilização deste processo, e poucas instalações têm sido construídas.

A ultrasonificação é um método de pré-tratamento mecânico emergente e muito eficaz para melhorar a biodegradabilidade das lamas, e que seria muito útil no tratamento e eliminação de lamas em todas as estações de tratamento de águas residuais. Esta técnica aumenta a digestibilidade das lamas ao destruir as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. O grau de desintegração depende dos parâmetros de sonificação e também das características das lamas, logo, a avaliação dos parâmetros óptimos varia com o tipo de sonificador e de lama a ser tratada. As instalações em grande escala de ultrasonificação demonstraram que há um aumento de 50% na geração de biogás, e além disso a avaliação do balanço energético mostrou que o rácio médio do ganho líquido de energia e de energia eléctrica consumida pelo dispositivo de ultrassom é 2.5 (Pilli et al., 2011).

Segundo Pilli et al. (2011) a ultrasonificação tem efeitos positivos e negativos sobre a capacidade de desidratação das lamas. Um nível mais baixo de energia com menos tempo de sonificação aumenta a capacidade de desidratação, mas diminui o grau de desintegração pois não há lise celular. Observou-se que a capacidade de desidratação das lamas diminui com o aumento da intensidade da ultrasonificação, mas a digestão anaeróbia das lamas tem um efeito positivo na capacidade de desidratação, isto é, a capacidade de desidratação das lamas digeridas aumentou com a sonificação.

Segundo Moonkhum (2007) a ultrasonificação é um processo físico que tem sido utilizado na ruptura das células das lamas de modo a libertar materiais intracelulares, que apresenta muitas vantagens, pois não gera compostos tóxicos secundários, desintegra muitos tóxicos e poluentes orgânicos recalcitrantes, e pode quebrar compostos complexos em formas mais simples. Em instalações de grande escala, a ultrasonificação é aplicada às lamas em excesso antes da etapa de digestão aeróbia. Quando as lamas são pré-tratadas através da ultrasonificação, a temperatura das lamas aumenta e essas temperaturas mais altas têm um impacto positivo pois afectam a desidratabilidade.

2.2.2. Espessamento

O espessamento é um processo utilizado para aumentar a concentração de sólidos nas lamas e reduzir o seu teor de humidade (Metcalf & Eddy, 1991).

Os processos de espessamento mais comuns são o espessamento gravítico, a flotação por ar dissolvido, a centrifugação, a mesa de espessamento e o tambor rotativo.

Segundo Metcalf & Eddy (1991) o espessamento gravítico é uma das técnicas mais utilizadas e é realizada em tanques similares aos tanques de sedimentação convencionais de forma circular e

com ponte raspadora. As forças gravitacionais trazem a lama espessada para a base do tanque de onde é extraída e a água é recolhida no topo. Este processo é capaz de espessar as lamas 2 a 8 vezes, aumentando a sua concentração de algumas gramas/litro para algumas dezenas de gramas/litro. Os custos de operação são relativamente baixos, uma vez que apenas é necessária uma fonte de electricidade para operar a ponte raspadora e as bombas.

A técnica de flotação por ar dissolvido pode ser usada quando as partículas sólidas têm uma baixa taxa de sedimentação. Este processo é usado para espessar as lamas activadas em excesso. É reduzido o peso específico dos sólidos suspensos finos, pela fixação de microbolhas, que são trazidos à superfície, onde as lamas são removidas por um raspador. A sua aplicação no tratamento de lamas envolve a dissolução de ar sob pressão e, posteriormente, a libertação da pressão no tanque de flotação. Por vezes é necessária a adição de um polímero para reduzir a matéria em suspensão, normalmente 2 a 5 g de matéria activa/kg de matéria seca. Este processo tem maior desempenho que o espessamento gravítico, mas os custos de energia também são mais elevados (European Commission, 2001).

O espessamento por centrifugação consiste na aceleração da sedimentação através da utilização da força centrífuga. Num espessador gravítico, os sólidos sedimentam através da força da gravidade. Numa centrífuga, é aplicada uma força 500 a 3000 vezes a força da gravidade, portanto, uma centrífuga age como um espessador gravítico altamente eficaz. A lama é alimentada por meio de um tubo de alimentação e um distribuidor num rotor constituído por um corpo e um parafuso transportador. O corpo e o parafuso giram a uma velocidade muito alta (o parafuso gira um pouco mais rápido que o corpo). O parafuso transporta os sólidos para a parte cónica do corpo. O filtrado é descarregado na outra extremidade. As centrífugas são utilizadas normalmente para espessar as lamas activadas. As lamas primárias raramente são espessadas por centrífugas, porque geralmente contém material abrasivo que é prejudicial para uma centrífuga. A utilização de polímeros pode melhorar a eficiência na captura de sólidos numa taxa de 90% a mais de 95%. Além de ser muito eficaz para o espessamento das lamas activadas, as centrífugas têm a vantagem adicional de exigir menos espaço, ter menor potencial de odor e requisitos de limpeza por causa do processo fechado. No entanto o custo de capital e de manutenção e custos de energia podem ser substanciais. Portanto, o processo é geralmente limitado a grandes estações de tratamento (Turovskiy & Mathai, 2006).

A mesa de espessamento consiste numa tela que se move sobre rolos impulsionada por uma unidade de accionamento de velocidade variável. A lama floculada é alimentada para a tela e, quando esta se move, a água vai passando através do tecido da tela. A lama concentrada é transportada até à extremidade de descarga da mesa. A mesa de espessamento pode ser usada para espessar lamas com concentrações iniciais tão baixas quanto 0,4% e podem ser alcançadas eficiências na captura de sólidos superiores a 95%. Outras vantagens da mesa de espessamento incluem o custo de capital relativamente moderado e consumo de energia relativamente baixo. No

entanto a mesa de espessamento também é dependente do polímero, pelo que é necessário a adição de 1,5 a 6 g de matéria activa/kg de matéria seca. As desvantagens incluem o potencial de odor e a exigência moderada da atenção do operador para otimizar a alimentação de polímero e as velocidades da tela. Normalmente também é necessário um edifício para proteger a mesa de espessamento das intempéries. Este equipamento tem sido utilizado para o espessamento de lamas activadas, lamas aerobiamente e anaerobiamente digeridas, e algumas lamas resultantes do tratamento de águas residuais industriais (Turovskiy & Mathai, 2006).

Segundo Turovskiy & Mathai (2006) um tambor rotativo é semelhante a uma mesa de espessamento, e realiza a separação sólido-líquido por coagulação e floculação dos sólidos e drenagem da água livre através de um meio poroso rotativo. O meio poroso pode ser um tambor com rede metálica, chapa perfurada, tela de aço inoxidável, tela em poliéster ou uma combinação de aço inoxidável e tela em poliéster. Neste equipamento o espessamento é dependente do condicionamento das lamas, normalmente com um polímero catiónico. O espessador é composto por um tambor de alimentação rotativo interno com um parafuso interno integrado que transporta as lamas espessadas para fora do tambor. O tambor gira sobre chumaceiras e é accionado por uma unidade de velocidade variável. A lama condicionada entra através de um tubo de entrada, onde é alimentado para o interior do tambor. A água livre passa através das perfurações do tambor até uma calha de colecta, deixando a lama espessada dentro do tambor. A barra de pulverização estende-se a todo o comprimento do tambor para limpá-lo e para evitar a colmatação das perfurações. Normalmente é fornecido uma tampa em aço inoxidável, para limpeza e contenção do odor. O tambor rotativo pode ser usado para espessar lamas de concentração inicial tão baixa quanto 0,5%, com eficiência elevada na captura de sólidos. As vantagens do tambor rotativo incluem o menor requisito de espaço, custo de capital relativamente baixo e o consumo de energia. Além de ser dependente de polímero, é também sensível ao tipo de polímero, por causa do potencial de corte dos flocos no tambor rotativo. Embora não haja potencial de odor, a unidade é regularmente fechada para controlar odores e é necessário um edifício para a instalação do tambor rotativo. Este equipamento pode ser usado para o espessamento de lamas activadas, lamas anaerobiamente e aerobiamente digeridas, e algumas lamas resultantes do tratamento de águas residuais industriais, tal como para o caso das mesas de espessamento. É normalmente utilizado em pequenas e médias estações de tratamento de águas residuais.

2.2.3. Desidratação

Um dos passos na etapa de eliminação e / ou valorização das lamas produzidas nas ETAR é a desidratação.

A desidratação é uma operação unitária física (mecânica) usada para reduzir o teor de humidade das lamas para que ela possa ser manipulada e / ou processada como um semi-sólido em vez de como um líquido (Metcalf & Eddy, 1991).

Segundo Metcalf & Eddy (1991), a escolha do sistema de desidratação é determinada pelo tipo de lamas a serem desidratadas, o espaço disponível e o destino final a dar-lhes. As lamas podem ser desidratadas através de processos naturais ou através de processos mecânicos. Os sistemas naturais baseiam-se na evaporação e na percolação para desidratar as lamas, enquanto que os sistemas mecânicos têm como base a utilização de meios físicos com a utilização de energia externa.

A selecção do sistema de desidratação, segundo os fornecedores deste tipo de equipamentos, é feita em função da origem das lamas ou tipo de lamas, da concentração inicial e concentração final de matéria seca pretendida.

Segundo SNF FLOERGER (2011) os parâmetros que influenciam a capacidade de desidratação das lamas são: a concentração da lama, a percentagem de matéria orgânica e a natureza coloidal da lama.

A concentração da lama vai influenciar a incorporação e o consumo de polímero pois quanto maior a concentração da lama, mais difícil é a sua mistura numa solução de polímero viscosa (mesmo a concentrações baixas de polímero). Por sua vez, quanto maior a concentração da lama menor é o consumo de polímero, se a incorporação for feita correctamente.

A percentagem de matéria orgânica é comparável ao conteúdo de sólidos voláteis (SV) e quanto maior o teor de SV mais difícil é a desidratação. A percentagem de matéria seca será reduzida, as propriedades mecânicas serão reduzidas e o consumo de polímero será elevado. Quando o teor de SV nas lamas for elevado é recomendável a adição de uma etapa de espessamento no processo de forma a alcançar uma melhor drenagem (SNF FLOERGER, 2011).

A natureza coloidal tem um efeito muito importante sobre o desempenho da desidratação pois quanto maior a natureza coloidal mais difícil será a desidratação. De acordo com SNF FLOERGER (2011) os quatro factores que influenciam a natureza coloidal das lamas são: a origem das lamas (as lamas primárias têm baixa natureza coloidal e as lamas biológicas têm elevada natureza coloidal), a frescura das lamas (a natureza coloidal da lama vai aumentar com o seu nível de fermentação - lama séptica), a origem das águas residuais (águas residuais provenientes de uma indústria de lacticínios ou de uma cervejaria vão aumentar a natureza coloidal da lamas) e a recirculação da lama (uma recirculação mal controlada vai aumentar a sua natureza coloidal).

2.2.3.1. Leitões de secagem

Segundo a European Commission (2001) uma das técnicas mais simples para a desidratação de lamas de depuração são os leitões de secagem ao ar livre. Esta técnica é usada principalmente em pequenas ETAR sempre que haja área suficiente disponível a custos acessíveis e o clima local seja favorável para a operação dos leitões durante todo o ano. Esta técnica pode ser menos eficiente em climas frios.

De acordo com Metcalf & Eddy (1991) os leitões de secagem são normalmente utilizados para desidratar lamas estabilizadas das estações que têm processos de tratamento por lamas activadas com arejamento prolongado, sem pré-espessamento.

Os leitões de secagem são constituídos por uma área de areia e cascalho com cerca de 0,3 m de espessura onde as lamas são espalhadas. A água é drenada e enviada para a cabeça da estação enquanto as lamas secam através da radiação solar. Este processo permite obter um teor de matéria seca de 40 a 50% em alguns países, dependendo da duração da secagem. Este nível é reduzido para 10% nos países nórdicos (European Commission, 2001).

As principais vantagens dos leitões de secagem são o reduzido custo de capital, o reduzido consumo de energia, o reduzido ou nulo consumo de produtos químicos, o nível de especialização reduzida do operador e a pouca atenção requerida, a sensibilidade reduzida à variação das lamas e um teor de sólidos mais elevado do que na maioria dos métodos mecânicos. As desvantagens incluem grandes requisitos de espaço, a necessidade das lamas estarem estabilizadas, a consideração dos efeitos climáticos, o potencial de odor, e o facto de que a remoção das lamas ser geralmente um trabalho intensivo. Os leitões de secagem de lamas podem ser classificados como: leitões de areia convencional, leitões pavimentados, leitões com meios de filtração artificial, e leitões assistidos por vácuo (Turovskiy & Mathai, 2006).

2.2.3.2. Filtros banda

Os filtros banda são máquinas de desidratação de alimentação contínua com duas telas porosas em movimento que têm uma zona de drenagem por gravidade e zonas de pressão aplicadas mecanicamente (Turovskiy & Mathai, 2006).

Existem diferentes tipos de máquinas disponíveis, dependendo do nível de pressão aplicada à lama (baixa pressão, média ou alta, respectivamente, cerca de 4, 5 e 7 bar). O processo pode ser combinado com uma mesa de espessamento por gravidade e é possível aumentar o nível de matéria seca de 10 a 20%, dependendo do tipo de lama e da pressão aplicada (European Commission, 2001).

As vantagens dos filtros banda incluem os baixos custos operacionais e de capital, baixo consumo de energia e facilidade de manutenção. No entanto, a desidratação com estes filtros é dependente do polímero. É necessária a adição de polímero na ordem de 1 a 10 g de matéria activa/kg de matéria seca. As desvantagens dos filtros banda são principalmente a sensibilidade às características das lamas na alimentação (nomeadamente a variação da sua concentração), limites na capacidade hidráulica e maior potencial de odor. Actualmente já estão disponíveis máquinas com coberturas para conter os odores e ventilação através de equipamentos de controlo de odor (Turovskiy & Mathai, 2006). Alguns fabricantes oferecem equipamentos totalmente fechados para minimizar o odor e reduzir o vapor no ar ambiente operacional (Shammas & Wang, 2007a). Na Figura 2.3 apresenta-se um esquema típico de um filtro banda.

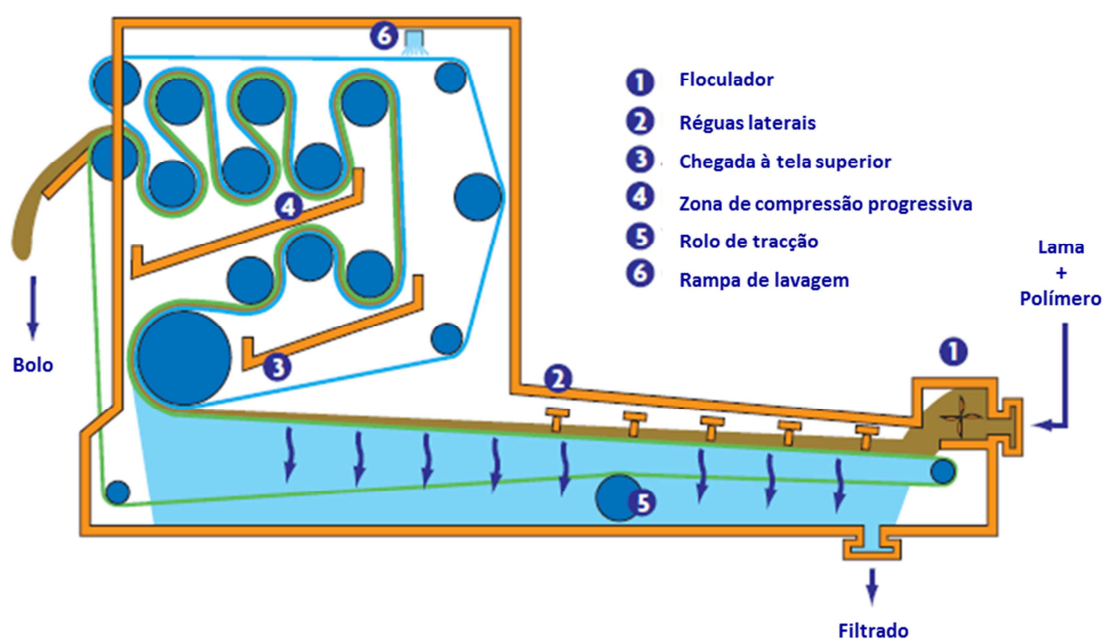


Figura 2.3 - Esquema de um filtro banda (Adaptado de SNF FLOERGER, 2011)

Estes filtros necessitam de mão-de-obra para a exploração, consomem água para lavagem das telas (6 a 10 m³/h por metro de largura de tela), embora se possa reutilizar a água tratada nas ETAR, e periodicamente necessitam da substituição da tela.

O operador do filtro banda é responsável pela mistura do polímero, da dosagem e monitorização da utilização, e deve observar a alimentação e o bolo vários vezes por dia, fazendo os ajustes necessários. Uma falha no processo de condicionamento químico para ajustar ou alterar as características dos bio-sólidos pode causar problemas operacionais (Shammas & Wang, 2007).

Segundo Turovskiy & Mathai (2006) estes filtros são actualmente um dos equipamentos de desidratação mais utilizados no mundo.

2.2.3.3. Centrífugas

A centrífuga (Figura 2.4) é essencialmente um dispositivo de sedimentação no qual a separação sólido-líquido é reforçada pelo uso da força centrífuga. Isto é conseguido através da rotação do líquido a altas velocidades de modo a submeter a lama a uma força centrífuga cuja resultante é superior à força gravitacional de um corpo em repouso.

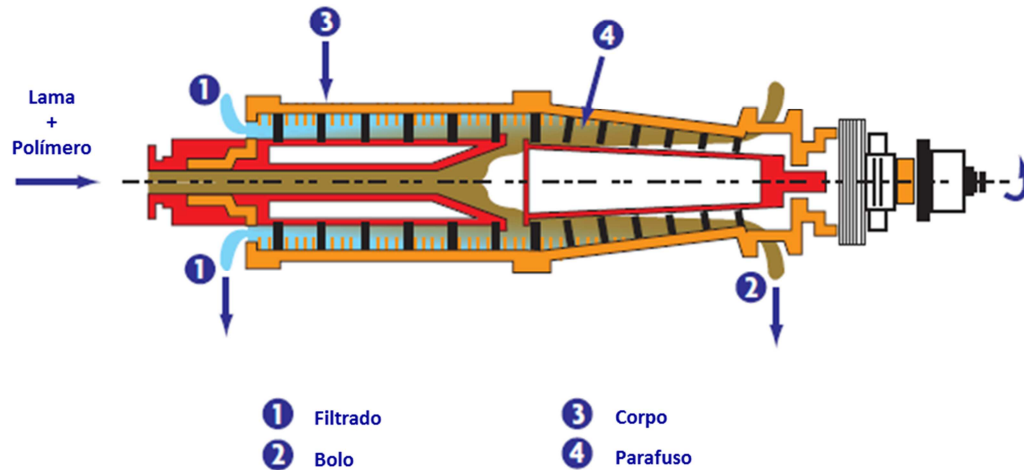


Figura 2.4 - Esquema de uma centrífuga (Adaptado de SNF FLOERGER, 2011)

É possível usar a centrifugação tanto como um processo de espessamento como um processo de desidratação. As centrífugas são usadas na desidratação de lamas porque são compactas, têm rendimento elevado, e são simples de operar. O processo pode produzir aumentos na matéria seca de até 15 a 25% e também é possível utilizar uma centrífuga de alto rendimento, ganhando assim um adicional de 5% em matéria seca. No entanto, as necessidades de energia deste processo são significativas além do facto de que também é necessário adicionar um polímero às lamas (European Commission, 2001).

As centrífugas podem desidratar com sucesso muitos tipos diferentes de lamas e embora seja o equipamento mais oneroso, não exige acompanhamento permanente do funcionamento do equipamento, é de funcionamento automático e não necessita de água nem de telas, ocupa menos espaço e produz menos odores. As principais desvantagens são os custos de manutenção elevados, desgaste rápido, níveis de ruído elevados, vibrações e consumos de energia elevados devido ao facto das máquinas trabalharem com altas velocidades rotativas (Metcalf & Eddy, 1991).

2.2.3.4. Filtros prensa

A desidratação por filtros prensa é um processo descontínuo em que a desidratação é alcançada forçando a água das lamas a altas pressões (Turovskiy & Mathai, 2006). Com os filtros prensa é possível alcançar um nível elevado de desidratação, entre 30 a 45% em geral. Os custos de investimento, porém, são bastante elevados, especialmente para altas capacidades.

É comum a utilização de filtros prensa de placas (volume fixo) e de membranas (volume variável) na desidratação de lamas. Os filtros prensa convencionais consistem em blocos de placas verticais revestidos por telas filtrantes entre as quais a lama é injectada sob pressão. O filtrado é recolhido antes de se separar as placas. Os bolos, em seguida, caem e são recolhidos. Em alguns casos, são colocadas membranas entre as placas, que podem ser enchidos com água, a fim de melhorar a taxa de desidratação. Neste caso, porém, os custos operacionais são significativamente mais elevados. O condicionamento preliminar é geralmente necessário, com sais ou cal (European Commission, 2001).

Os filtros prensa são instalados geralmente numa cota mais elevada para que os bolos possam cair para os transportadores ou contentores colocados por baixo dos filtros (Shammas & Wang, 2007b).

Estes filtros oferecem várias vantagens em comparação com outros métodos mecânicos de desidratação, tais como: bolo de alta concentração de sólidos associado com baixos custos de armazenamento, reboque, e eliminação de biossólidos; pouca ou nenhuma atenção do operador durante a fase de desidratação do ciclo (1-3 h); concentração de sólidos no bolo é relativamente independente da concentração de sólidos na alimentação e utilização de cal como um condicionador que estabiliza e desinfecta o produto final (Shammas & Wang, 2007b). Outra vantagem é o facto de produzir um filtrado com boa qualidade devido à taxa elevada de captura de sólidos.

Cada ciclo do filtro prensa é composto por três fases: a fase de enchimento, a fase de filtração e a fase de abertura. O grau de actividade do operador associado ao filtro prensa é semelhante ao do filtro banda. Embora o filtro prensa opere sem vigilância durante a filtração, o sistema usa um processo descontínuo que requer a atenção regular do operador para o enchimento e descarga do filtro (Figura 2.5).

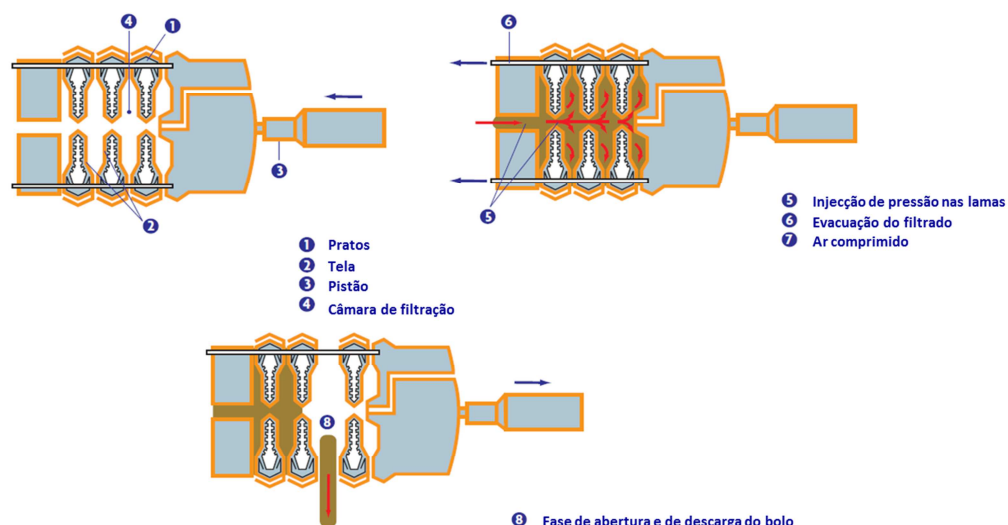


Figura 2.5 - Fases do ciclo do filtro prensa (Adaptado de SNF FLOERGER, 2011)

De acordo com Shammass & Wang (2007b) a utilização dos filtros prensa também tem várias desvantagens em comparação com outros métodos de desidratação mecânica. O processo é mecanicamente complexo, os custos de capital são relativamente elevados, exige estrutura de suporte especial e área relativamente grande, a preparação das telas, limpeza e remoção do bolo pode ser intensivo para o operador e o filtro não pode ser totalmente fechado, deixando os operadores expostos aos odores, gases e vapores dos compostos de enxofre e amônia durante a fase de libertação do bolo.

Quando o cloreto férrico e a cal são utilizados no condicionamento, contribuem numa percentagem significativa (15 a 40%) no total dos sólidos do bolo contrariando a redução de peso originada pela alta eficiência de remoção de água.

Segundo Novak (2006) os dados na Figura 2.6 mostram que a matéria seca (MS) obtida por filtros banda e centrífugas são semelhantes, enquanto os filtros prensa alcançam percentagens de MS superiores. Além disso, os filtros prensa de membranas permitem ganhar um adicional de 2 a 4% de sólidos em relação a um filtro prensa convencional.

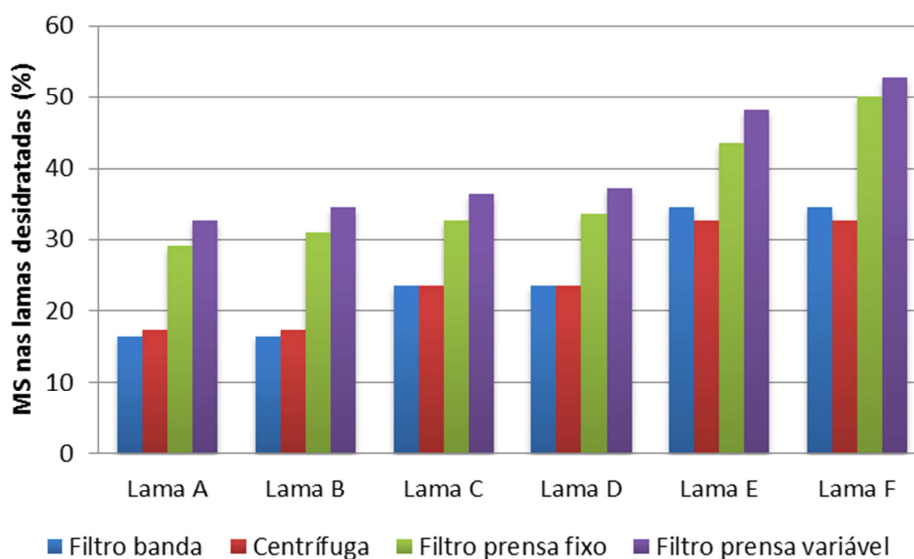


Figura 2.6 - MS obtida através de vários processos de desidratação (Adaptado de Novak, 2006)

Desde que estes dados foram obtidos pela *US Environmental Protection Agency* (EPA), foram desenvolvidas novas centrífugas de alto rendimento que podem produzir bolos com cerca de mais 5% de MS do que os indicados na Figura 2.6. No entanto, a maior parte dos bolos produzidos por centrífugas de alto rendimento apresentaram um aumento da dose de polímero para condicionamento quando comparadas com os filtros banda. A geração de odores nas lamas desidratadas também tem-se mostrado um problema para as centrífugas de alto rendimento (Novak, 2006).

Os dados da EPA são para uma variedade de lamas: lamas primárias e biológicas brutas, lamas primárias e biológicas digeridas e lamas mistas. Estes dados servem apenas como indicação das capacidades relativas de cada processo de desidratação e dos efeitos dos vários tipos de lamas na MS dos bolos (USEPA, 1987).

2.2.4. Estabilização

A estabilização visa reduzir a fermentação da matéria putrescível contida na lama e a geração de odores desagradáveis enquanto a desinfecção consiste em eliminar os patogénicos (European Commission, 2001).

Os principais métodos de estabilização das lamas são: a estabilização alcalina, a digestão aeróbia ou anaeróbia, a compostagem e a secagem térmica.

A estabilização química consiste na adição de cal às lamas, a fim de elevar o seu pH, destruindo ou inibindo assim a biomassa responsável pela degradação dos compostos orgânicos. O tratamento ajuda também a desinfecção das lamas, aumentando o seu conteúdo de matéria seca e tornando mais fácil o manuseamento. O aumento de massa seca depende do teor de matéria seca inicial e da quantidade de cal fornecida. É geralmente recomendado a adição de 30% de cal à massa seca das lamas, caso contrário, o tratamento não iria evitar a fermentação a longo prazo. Contudo esta adição implica um acréscimo de 30% no peso das lamas, o que implica custos elevados de transporte e eliminação, e as lamas desidratadas podem endurecer durante o armazenamento (Turovskiy & Mathai, 2006). Segundo os mesmos autores os processos de estabilização alcalina têm várias vantagens sobre os outros processos de estabilização das lamas, nomeadamente o baixo custo de capital, o facto dos processos serem confiáveis e fáceis de operar e das lamas estabilizadas poderem substituir parcial ou totalmente os agentes de calagem utilizado nos solos ácidos para aumentar a alcalinidade.

Na digestão aeróbia as lamas são colocadas num tanque com microrganismos aeróbios. O calor é gerado quando estas bactérias degradam a matéria orgânica. Em condições adequadas, a temperatura pode subir para mais de 70°C. Os organismos mais nocivos são destruídos sujeitando as lamas a estas altas temperaturas por um determinado período de tempo. É comum submeter-se as lamas a uma temperatura de 50 a 65°C durante 5 a 6 dias. Nessas condições, a matéria volátil é reduzida em cerca de 40%. O processo é simples na sua concepção mas tem um elevado custo energético, 5 a 10 vezes mais do que a digestão anaeróbia (European Commission, 2001).

Aplicada à lama espessada, a digestão anaeróbia (também referida como metanização) visa a redução, estabilização, desinfecção parcial do volume de lamas tratado. Este processo consiste em confinar as lamas num tanque a uma temperatura de cerca de 35°C. O biogás produzido é muitas vezes reutilizado nas caldeiras, para manter a temperatura nos 35°C e também pode ser usado para produzir electricidade na estação. É normalmente recomendado ter as lamas restantes

no digestor por mais de 20 dias, para garantir uma boa estabilização e desinfecção. Existem outras técnicas com base no mesmo processo e as diferenças consistem na temperatura utilizada para a operação (European Commission, 2001).

A compostagem é um processo aeróbio que decompõe a matéria orgânica. Este processo produz excesso de calor, que pode ser usado para elevar a temperatura da massa de compostagem. O processo de compostagem é usado para diversas finalidades pois as lamas compostadas apresentam maior valor agrícola, alcançam um bom nível de desinfecção, e são estabilizadas, reduzindo o aparecimento de odores. Estas têm um aspecto semelhante ao húmus, que, juntamente com a redução de odores torna mais fácil a aceitação da sua utilização. Por último, a compostagem é usada para reduzir o teor de humidade do produto, pois pode chegar a mais de 60% de matéria seca, facilitando o seu manuseamento.

Para além dos processos atrás descritos, ainda se pode considerar a pasteurização. A pasteurização consiste em aquecer as lamas a uma temperatura de 70 a 80°C por um curto período (cerca de 30 minutos). Este tratamento permite a redução da quantidade de patogéneos nas lamas, mas não pode ser considerado como um processo de estabilização em si mesmo.

2.2.5. Secagem térmica

A secagem é um tratamento térmico onde o calor pode ser transferido directa ou indirectamente para as lamas. O primeiro caso exige um contacto directo entre os gases quentes e as lamas. Os tipos de secadores mais importantes são o secador de tambor rotativo e o secador de leito fluidizado. No segundo caso, o calor é transferido para o material a ser secado através da condução de calor por uma superfície de transferência de calor, logo o meio de aquecimento não está em contacto com as lamas. A secagem ocorre a temperaturas diferentes, no entanto, a altas temperaturas (superiores a 300°C), esta deve ser cuidadosamente controlada para garantir que não há formação de dioxinas e compostos furanos. O nível de MS alcançado está entre 35 e 90%. As necessidades de energia para a secagem são muito superiores às da desidratação quando se compara o volume de água extraída e, portanto, na maioria dos casos, a secagem ocorre após uma fase de desidratação. Deve-se salientar que os requisitos de energia são importantes, mas podem ser fortemente reduzidos se uma fonte de energia (biogás ou vapor) estiver disponível na estação (European Commission, 2001).

A secagem das lamas permite a eliminação da água intersticial, para reduzir o volume das lamas, a estabilização e desinfecção quando a MS for superior a 90%. Este processo também é feito no sentido de aumentar o poder calorífico das lamas, antes da oxidação térmica, permitir o espalhamento usando técnicas semelhantes às utilizadas para fertilizantes minerais, e reduzir os custos de transporte.

3. Desidratação de lamas em Portugal

3.1. Enquadramento

As estações de tratamento de águas residuais (ETAR) são fontes consumidoras intensivas de energia e os custos causados pela operação dessas estações constituem um problema importante para os orçamentos urbanos (Antakyali & Rölle, 2010). Por isso aumentar a eficiência energética e poupar são hoje grandes desafios para quem trabalha no sector das águas.

Actualmente existe em Portugal um elevado número de ETAR. A Tabela 3.1 e a Tabela 3.2 apresentam o número de instalações de tratamento de águas residuais cadastradas para o Continente e por Região Hidrográfica (RH) durante a campanha de 2008 (dados de 2007) e a campanha de 2009 (dados de 2008) do INSAAR, respectivamente.

Tabela 3.1 - Número de instalações de tratamento de águas residuais (Adaptado de INSAAR, 2008)

Regiões Hidrográficas	ETAR		FSC		Total (nº)
	(nº)	(%)	(nº)	(%)	
Continente	1 475	36	2 668	64	4 143
Minho e Lima (RH 1)	36	67	18	33	54
Cávado, Ave e Leça (RH 2)	115	43	154	57	269
Douro (RH 3)	378	24	1 192	76	1 570
Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste (RH 4)	347	34	681	66	1 028
Tejo (RH 5)	332	46	397	54	729
Sado e Mira (RH 6)	101	48	113	52	214
Guadiana (RH 7)	107	51	102	49	209
Ribeiras do Algarve (RH 8)	59	81	11	19	70
Açores (RH 9)	11	6	164	94	175
Madeira (RH 10)	12	92	1	8	13
Nacional	1 498	35	2 833	65	4 331

Tabela 3.2 - Número de instalações de tratamento de águas residuais (Adaptado de INSAAR, 2009)

Regiões Hidrográficas	ETAR		FSC		Total (nº)
	(nº)	(%)	(nº)	(%)	
Continente	1 617	44	2 095	56	3 712
Minho e Lima (RH 1)	40	77	12	23	52
Cávado, Ave e Leça (RH 2)	107	58	77	42	184
Douro (RH 3)	433	35	822	65	1 255
Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste (RH 4)	369	37	641	63	1 010
Tejo (RH 5)	351	52	329	48	680
Sado e Mira (RH 6)	118	52	107	48	225
Guadiana (RH 7)	140	59	99	41	239
Ribeiras do Algarve (RH 8)	59	88	8	10	67
Açores (RH 9)	16	9	162	91	178
Madeira (RH 10)	13	100	0	0	13
Nacional	1 646	42	2 257	58	3 903

Como está patente nos dados da Tabela 3.2, verifica-se uma tendência para o aumento do número de ETAR em detrimento das tradicionais Fossas Sépticas Colectivas (FSC) quando comparados com os dados de 2007 (INSAAR, 2009).

No Continente houve um aumento de 8% de ETAR em relação a 2007 e registou-se uma diminuição de 8% em relação às FSC quando comparados com o ano de 2007 (INSAAR, 2009).

O aumento do número de ETAR e o acréscimo das exigências de tratamento das águas residuais impostas pela legislação em vigor resultam num aumento significativo da produção de lamas em Portugal. Estes aumentos são reflectidos nos custos de exploração das estações de tratamento de águas residuais.

Em 2009, os custos com a operação e manutenção das infra-estruturas associadas aos serviços de drenagem e tratamento de águas residuais totalizaram 400 milhões de euros. Em termos regionais, os custos de exploração e gestão constituem a parcela mais significativa em todas as regiões do País (INE, 2010).

O exemplo mundial e, em particular, o exemplo europeu mostra-nos que a gestão de lamas (tratamento e destino final) representa mais de 50% dos custos operacionais totais de uma ETAR (Kroiss e Zessner, 2005).

Por outro lado, a forte dependência energética (relação entre a quantidade de energia primária importada e a quantidade de energia primária total consumida) do País, considerando que a energia é cada vez mais cara, é outro dos problemas que Portugal enfrenta actualmente, constituindo também uma das causas da crise geral que abala a economia e a sociedade portuguesa.

A dependência dos 27 países actuais da União Europeia (UE) face às importações de energia praticamente não sofreu alterações durante a década de 1990, fixando-se nos 45%. Desde 2000, o nível de dependência energética registou uma subida acentuada, ultrapassando os 50% em 2004 e atingindo cerca de 55% em 2008 (Eurostat, 2009). Em 2008, de acordo com o Eurostat, a taxa de dependência energética em Portugal (82.8%) era superior à média europeia (Figura 3.1).

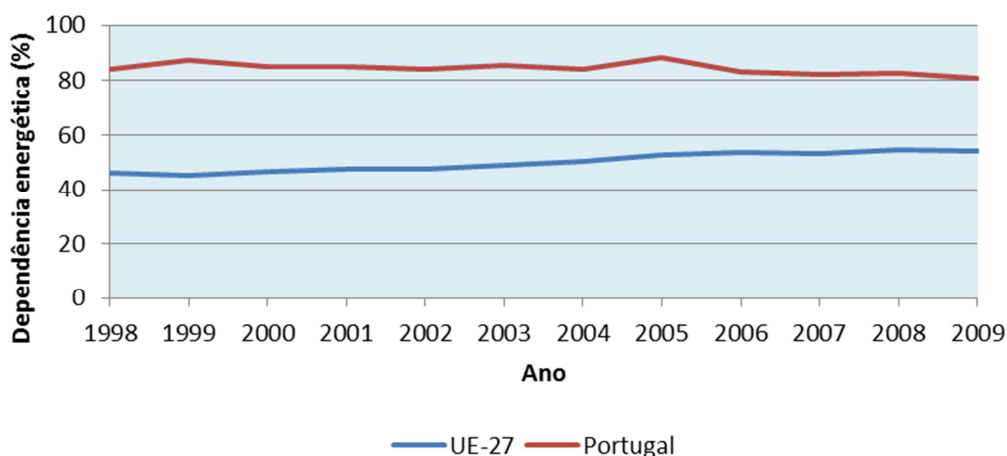


Figura 3.1 - Evolução da dependência energética em Portugal e na UE (Eurostat, 2011)

Uma das possíveis causas desta dependência energética é a elevada ineficiência no uso da energia em Portugal.

De modo a reduzir a ineficiência energética e os custos de tratamento nas estações de tratamento de águas residuais (ETAR), a escolha de um sistema de desidratação de lamas e do destino final adequado a dar as lamas devem ser sempre antecedidas por uma análise de soluções alternativas que permitam avaliar os custos de investimento e de exploração da solução a implementar.

Neste trabalho pretende-se perceber a influência que o desempenho dos sistemas de desidratação de lamas tem nos custos de tratamento nas ETAR e qual a contribuição que a escolha de uma determinada solução de desidratação pode ter na redução dos custos de exploração.

3.2. Metodologia

Na recolha de informação para a caracterização da situação nacional em termos de tecnologias de desidratação de lamas existentes nas ETAR, utilizaram-se inicialmente os resultados do Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais (INSAAR) levado a cabo pelo Instituto da Água, I.P. (INAG, I.P.) em 2008, tendo como ano de referência o ano 2007 (últimos dados disponibilizados na página de Internet do INSAAR).

Dos resultados do INSAAR constatou-se que existiam em Portugal, em 2007, 1 498 ETAR. Verificou-se também que no INSAAR existe pouca informação relativa ao tratamento da fase sólida nas ETAR e que o tipo de desidratação realizado nas ETAR em Portugal não é mencionado. Do INSAAR só consta a quantidade anual de lamas produzida, a qual é indicada em apenas 31% das ETAR (INSAAR, 2008).

Devido ao elevado número de estações de tratamento e devido à escassez de tempo, decidiu-se utilizar como universo de estudo as empresas participadas do grupo AdP, que têm a seu cargo a exploração e gestão de sistemas de saneamento de águas residuais, pois estas têm uma maior representatividade a nível de tratamento de águas residuais (INSAAR, 2009), em termos de população equivalente.

Deste modo, solicitou-se à AdP informação relativa ao tipo de desidratação efectuado nas suas ETAR (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Informação solicitada à AdP relativa à desidratação de lamas

Tipo	Parâmetro
Gestão	Nome da entidade gestora
Identificação e Localização	Designação da ETAR
	Concelho
	Situação de funcionamento
Desidratação de lamas	Tecnologia de desidratação de lamas
	Número de unidades instaladas

Os dados do INSAAR foram complementados com informação cedida pela AdP e informação relativa as ETAR disponível nos *sites* das respectivas entidades gestoras.

As empresas participadas do grupo AdP contactadas em 2011 foram: a Águas do Noroeste, S.A. (AdN), a Simdouro, S.A. (SD), a SIMRIA, S.A., a Águas do Mondego, S.A. (AdM), a SIMLIS, S.A. , a Águas do Oeste, S.A. (AdO), a SIMTEJO, S.A., a SANEST, S.A., a SIMARSUL, S.A., a Águas de Santo André, S.A. (AdSA), a Águas do Algarve, S.A. (AdA), a Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. (AdTMAD), a Águas do Zêzere e Côa, S.A. (AdZC), a Águas do Centro, S.A. (AdC), a Águas do Norte Alentejano, S.A. (AdNA), a Águas do Centro Alentejo, S.A. (AdCA) e a Águas Públicas do Alentejo, S.A. (AgdA). Todas as entidades gestoras contactadas preencheram ou remeteram os dados relativos ao tipo de desidratação de lamas realizado nas suas ETAR.

Face ao problema em estudo e à pouca informação disponível optou-se por exemplificar a aplicação de dois sistemas de desidratação mecânica, por centrífuga e por filtro banda, e proceder à análise comparativa detalhada dos custos de exploração, seleccionando como casos de estudo quatro ETAR de quatro entidades gestoras diferentes: AdC, SIMRIA, SIMLIS e Águas do Sado. Para se perceber melhor os contrastes optou-se por usar como casos de estudo duas ETAR de média dimensão (25 000 a 35 000 habitantes equivalentes) e duas de grande dimensão (que servem mais de 100 000 habitantes equivalentes).

Desse modo, na selecção dos casos de estudo foi feita uma pesquisa de informação sobre a dimensão das ETAR existentes em Portugal, através dos dados disponíveis na página de *Internet* da Agência Europeia do Ambiente (AEA), de modo a tentar compatibilizar o número de habitantes servidos com o tipo de efluente e de lamas tratados nas ETAR.

Foi efectuado um pedido de dados às entidades gestoras com o objectivo de identificar as ETAR, resumir as características qualitativas e quantitativas da água residual afluente prevista em projecto, caracterizar as linhas de tratamento das fases líquida e sólida e identificar e caracterizar o sistema de desidratação de lamas utilizado em cada ETAR. Na Tabela 3.4 está apresentada o tipo de informação solicitada.

Tabela 3.4 - Informação solicitada relativa aos casos de estudo

Tipo	Parâmetro
Gestão	Nome da entidade gestora
Identificação e Localização	Designação da ETAR
	Concelho
	Situação de funcionamento
Capacidade de tratamento	População
	Caudal médio diário
	Caudal de ponta
	Volume afluente
Linha de tratamento	Sequência de tratamento - fase líquida
	Sequência de tratamento - fase sólida
Produção de lamas	Concentração das lamas afluente à desidratação
	Quantidade de lamas afluente à desidratação
Desidratação de lamas	Tecnologia de desidratação de lamas
	Número de unidades instaladas
	Período de funcionamento
	Dias de funcionamento
	Tipo de polímero
	Consumo de polímero
	Quantidade de lamas desidratadas
	Matéria seca nas lamas desidratadas
	Consumo de água
	Análise das escorrências
	Qualificação do operador
	Peças sobressalentes
	Custos de polímero
	Custo de água
	Custo de energia
Custo de pessoal	
Custo de aquisição de peças / serviços	
Custo de transporte e eliminação das lamas	

A análise comparativa dos custos de exploração foi baseada nos dados sobre o tratamento da fase sólida solicitados às entidades gestoras das ETAR seleccionadas, na informação obtida a partir dos elementos recolhidos durante as visitas às ETAR e contactos telefónicos posteriores.

Foram solicitados dados relativos aos anos de 2009 e 2010, tendo-se procurado igualmente obter informações sobre os custos actuais de investimento, junto dos fornecedores de equipamentos.

Os dados disponibilizados foram tratados de modo a permitir o cálculo de indicadores de desempenho associados à exploração dos sistemas de desidratação mecânica de lamas nas quatro ETAR, duas de média dimensão e duas de grande dimensão, cada par utilizando uma centrífuga e um filtro banda.

3.3. Caracterização dos casos de estudo

3.3.1. ETAR de Pedrógão Grande

A ETAR de Pedrógão Grande, localizada em Pedrógão Grande, foi construída pela Câmara Municipal de Pedrógão Grande e em 2001 passou a ser explorada pelas Águas do Centro, S.A. (AdC), concessionária do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais de Raia, Zêzere e Nabão.

Esta ETAR, reabilitada em 1999, foi projectada para proceder à recolha e tratamento dos efluentes das localidades de Pedrógão Grande, tendo sido dimensionada para servir uma população de 26 686 habitantes equivalentes. A ETAR recebe, para além do efluente doméstico, efluente industrial, efluente de matadouro e conteúdo das fossas sépticas.

O caudal médio para o ano horizonte de projecto é de 600 m³/dia, embora, conforme informação transmitida pelas Águas do Centro, a ETAR esteja a funcionar abaixo do caudal previsto.

A ETAR voltou a ser reabilitada em 2004 de forma a incluir o tratamento terciário (filtração e desinfecção).

As características médias do afluente à ETAR, previstas em projecto são as apresentadas na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Dados base de projecto da ETAR de Pedrógão Grande (www.aguasdocentro.pt e C.M. de Pedrógão Grande, 1998)

	Ano HP
População (hab. eq.)	26 686
Caudal médio diário (m ³ /d)	600
Caudal de ponta (m ³ /h)	40
Carga CBO ₅ (kg/d)	1 583
Carga SST (kg/d)	2 450

Na Figura 3.2 apresenta-se a planta da ETAR que foi visitada no dia 15/06/11.

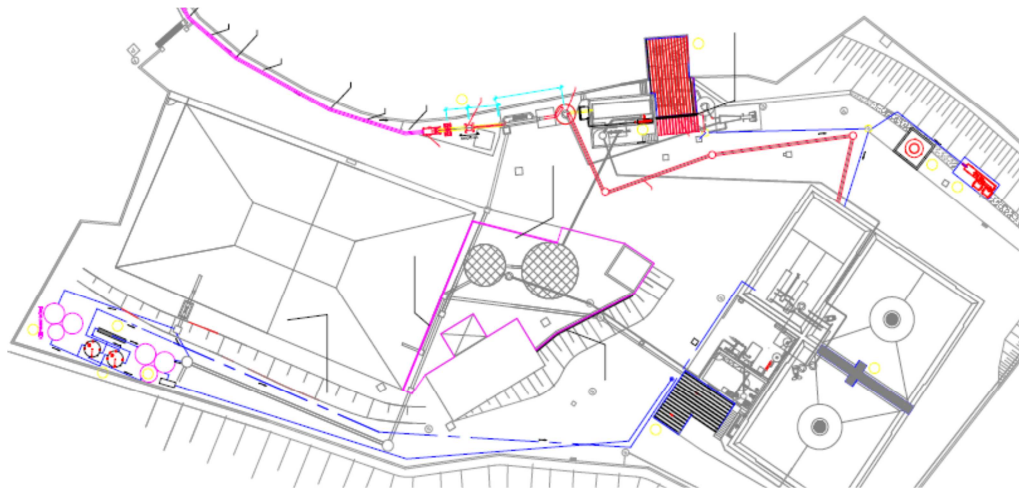


Figura 3.2 - Planta da ETAR de Pedrógão Grande (Águas do Centro, 2004)

Na Figura 3.3 é apresentado o esquema de tratamento preconizado para a ETAR de Pedrógão Grande.

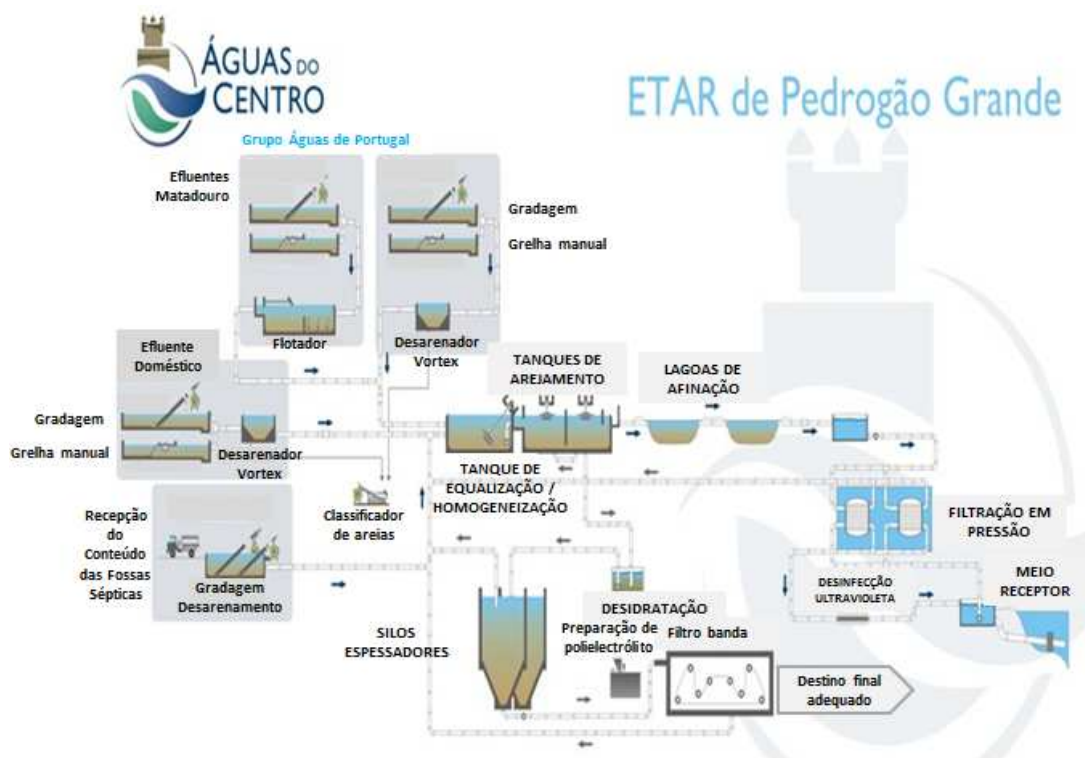


Figura 3.3 - Esquema de tratamento da ETAR de Pedrógão Grande (www.aguasdocentro.pt)

A linha de tratamento da fase líquida é constituída por pré-tratamento das águas residuais mistas (gradagem, desarenamento/ desengorduramento e flotação), equalização/homogeneização, tratamento biológico, lagoas de afinação, filtração e desinfecção.

O pré-tratamento está dividido em três zonas, a zona de recepção do efluente doméstico e industrial, a zona de recepção do efluente do matadouro e a zona de recepção do conteúdo das fossas sépticas. Na zona de recepção do efluente doméstico e industrial, a água residual passa pela etapa de gradagem, efectuada em dois estágios, inicialmente com uma gradagem grosseira e depois com gradagem fina constituída por um tamisador com malha de 7 mm, e desarenamento. A zona de recepção do efluente do matadouro é constituída pela gradagem, gradagem grosseira e e gradagem fina por tamisadores com malha de 7 mm, desarenamento e desengorduramento por flotação, que poderá ser realizado com ou sem a adição de coagulante. Na zona de recepção do conteúdo das fossas sépticas está instalada uma estação compacta de recepção e pré-tratamento do conteúdo das fossas sépticas com gradagem fina e desarenamento.

As areias removidas são encaminhadas para um classificador de areias e posteriormente para destino final adequado, que está a cargo do matadouro.

Após o pré-tratamento, o efluente misto segue para o tanque de equalização/homogeneização de forma rectangular com sistema de agitação por arejadores auto-aspirantes.

O tratamento biológico é realizado em tanque dividido (reactor rectangular dividido em dois compartimentos, hidraulicamente ligados) com arejamento por dois arejadores de superfície com flutuador e dois agitadores submersíveis. O tanque dividido é caracterizado por uma operação contínua, como o processo de lamas activadas de baixa carga, onde a alimentação e a função dos compartimentos é continuamente alternada (C.M. de Pedrógão Grande, 1998). O efluente tratado, após a sequência de arejamento e sedimentação, é encaminhado para duas lagoas de afinação, em paralelo.

O tratamento de afinação para remoção de sólidos suspensos é realizado em dois filtros rápidos de pressão, com areia.

Após a filtração segue-se a desinfecção por radiação UV num sistema vertical com 15 lâmpadas.

A descarga final do efluente tratado é feita na albufeira da Bouçã e uma parte do efluente tratado é reutilizada na ETAR.

A linha de tratamento da fase sólida é constituída por espessamento gravítico, em dois órgãos, das lamas biológicas em excesso, já que não existe produção de lamas primárias, seguida de uma etapa de desidratação mecânica através de filtro banda.

Na Figura 3.4 apresenta-se o filtro banda com 1 m de largura de tela instalado na ETAR de Pedrógão Grande.



Figura 3.4 - Filtro banda *Andritz* da ETAR de Pedrógão Grande

Antes da desidratação é adicionado um polímero (polielectrólito catiónico) às lamas espessadas para o condicionamento químico das mesmas. Na Figura 3.5 consegue-se observar a tubagem de alimentação de polímero e de lamas ao filtro banda. A preparação de polímero é feita numa unidade de preparação de polímero manual.



Figura 3.5 - Alimentação de lamas ao filtro banda

As lamas desidratadas são encaminhadas do filtro banda para um parafuso transportador e depois são descarregadas num contentor, conforme se pode ver nas Figura 3.6 e Figura 3.7.



Figura 3.6 - Lamas desidratadas a cair no parafuso transportador



Figura 3.7 - Lamas desidratadas a serem espalhadas no contentor

O filtro banda foi dimensionado para funcionar 5 dias por semana, durante 8 horas por dia. A concentração das lamas prevista à saída do filtro banda, em termos de matéria seca, é de 12 a 14% (C.M. de Pedrógão Grande, 1998).

As lamas desidratadas são, por vezes, acondicionadas com cal hidratada (hidróxido de cálcio) antes de serem encaminhadas para destino final adequado (solo inculcto ou compostagem).

As escorrências e sobrenadantes são encaminhados para o tanque de equalização/homogeneização e os gradados e as gorduras são encaminhados para destino final adequado, que está a cargo do matadouro.

A ETAR de Pedrógão Grande tem só um operador em permanência na estação de tratamento. O operador permanece 8 horas por dia na ETAR durante a semana e durante o fim-de-semana só se deslocará à ETAR se houver alguma emergência, pois todos os equipamentos da ETAR são geridos por um quadro de comando que enviará um alerta, por telemóvel, ao operador na eventualidade de alguma ocorrência. O operador tem formação específica para operador de ETAR ministrada pelas Águas do Centro.

3.3.2. ETAR Norte da SIMRIA

A ETAR Norte faz parte do Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro e está sob a exploração do Saneamento Integrado dos Municípios da Ria, S.A. (SIMRIA). Está localizada na freguesia de Cacia, concelho de Aveiro. Foi construída em 1999 e entrou em funcionamento em Junho de 2003.

Esta ETAR foi projectada para satisfazer as necessidades de tratamento de efluentes provenientes dos concelhos de Águeda, Aveiro (parte), Albergaria-a-Velha, Estarreja, Murtosa, Oliveira do Bairro e Ovar.

A ETAR foi dimensionada para servir uma população de 272 000 habitantes equivalentes e tratará, no ano horizonte do projecto, um caudal médio diário de cerca de 48 705 m³.

As características médias do afluente à ETAR, previstas em projecto são as apresentadas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Dados base de projecto da ETAR Norte da SIMRIA (SIMRIA, 1999)

	Ano 0 (2000)	Ano HP (2018)
População (hab. eq.)		272 000
Caudal médio diário (m³/d)	8 617	48 705
Caudal de ponta (m³/h)	760	3 665
Carga CBO₅ (kg/d)	823	17 057
Carga SST (kg/d)	1 735	26 054

A visita à ETAR foi efectuada no dia 31/05/11. Na Figura 3.8 apresenta-se uma vista aérea da estação de tratamento.



Figura 3.8 - ETAR Norte (www.simria.pt)

O esquema de tratamento preconizado para a ETAR Norte da SIMRIA é apresentado na Figura 3.9.

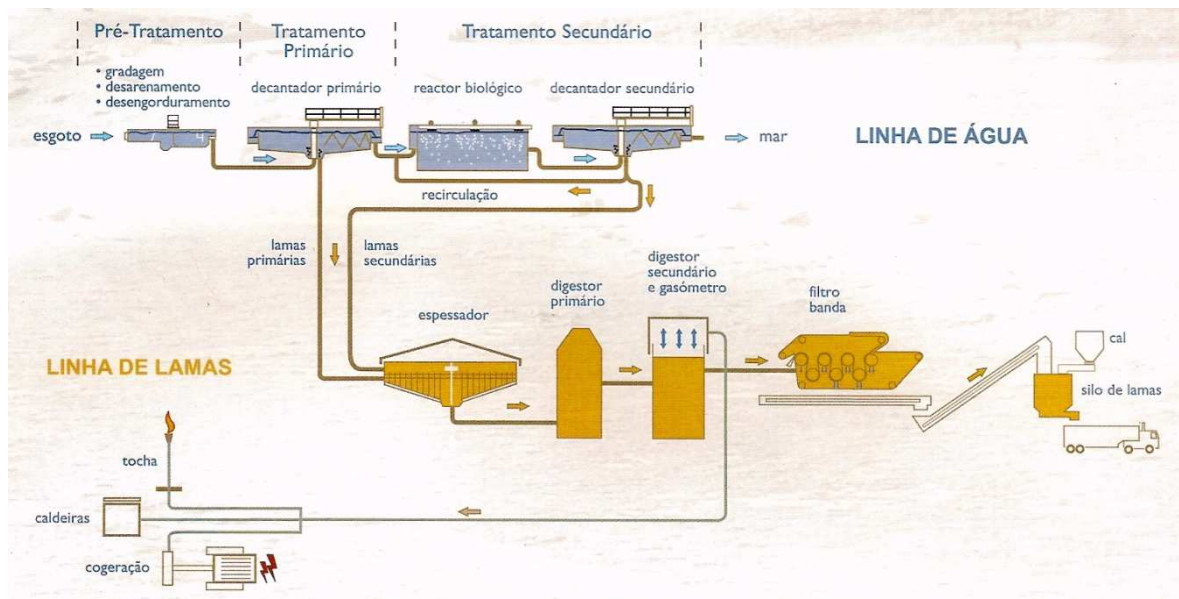


Figura 3.9 - Esquema de tratamento da ETAR Norte da SIMRIA (folheto SIMRIA)

Ao nível da fase líquida, esta ETAR realiza tratamento secundário aos efluentes domésticos e industriais, composto pelas seguintes etapas: pré-tratamento, desarenamento/desengorduramento, decantação primária, tratamento biológico e decantação secundária.

A etapa de pré-tratamento é realizada em dois tamisadores (gradagem fina) e numa grelha manual seguida de dois desarenadores/desengorduradores arejados com extracção mecânica de areias. Após a etapa de pré-tratamento é feita a medição do caudal afluente através de um canal tipo "Parshall".

A decantação primária é realizada em dois decantadores circulares com pontes raspadoras.

O tratamento biológico é realizado segundo um sistema de lamas activadas de média carga em três tanques de arejamento, em paralelo, com quatro turbinas de arejamento superficial em cada tanque. A decantação secundária é assegurada por três órgãos de planta circular.

O destino final do efluente tratado é o Oceano Atlântico, após descarga através do Exutor Submarino de S. Jacinto.

As lamas resultantes do processo sofrem um tratamento em três fases distintas: espessamento, digestão e desidratação.

As lamas primárias e secundárias (lamas mistas) afluem a uma câmara de mistura antes de serem encaminhadas para dois espessadores gravíticos.

A estabilização das lamas é feita através da digestão anaeróbia realizada em dois digestores primários, um digestor secundário e um gasómetro. O aquecimento das lamas é feito com recurso a duas caldeiras com potência unitária de 550 000 kcal/h, alimentadas a biogás ou gás natural e dois permutadores de calor e a agitação é por recirculação das lamas. Do tratamento da fase sólida resulta a produção de biogás que é aproveitado na produção de energia.

A operação de desidratação é efectuada por intermédio de três filtros banda com 2,5 m de largura de tela (Figura 3.10 e Figura 3.11), que funcionam de modo alternado.



Figura 3.10 - Filtros banda *Andritz* instalados na ETAR Norte da SIMRIA

Os filtros banda foram dimensionados para funcionarem 6 dias por semana, durante 10 horas por dia. A concentração das lamas à saída dos filtros banda, em termos de matéria seca, deverá situar-se nos 22+-2% (SIMRIA,1999).



Figura 3.11 - Vista das telas com 2,5 m de largura de um dos filtros banda

Associado aos filtros banda existe uma unidade de preparação de polímero (polielectrólito catiónico) automática, no sentido de melhorar a eficiência do processo de desidratação (Figura 3.12).



Figura 3.12 - Unidade de preparação de polímero

Após a desidratação poderá ser adicionado cal para estabilizar biologicamente as lamas a um pH superior a 12, se for necessário. As lamas desidratadas e estabilizadas são armazenadas num silo de lamas com 125 m³ de capacidade e são encaminhadas posteriormente para destino final adequado (valorização energética ou compostagem).

A água de lavagem necessária para os filtros banda é fornecida a partir de captação própria de água da SIMRIA, pois o efluente tratado, que apresenta um elevado teor de cloretos provenientes dos efluentes das indústrias locais, não é reutilizado como água de serviço na ETAR.

As escorrências da desidratação, as águas das lavagens feitas aos filtros banda, e os sobrenadantes são encaminhados para a obra de entrada da ETAR.

As areias recolhidas, o material gradado e o material flotado são conduzidos para aterro sanitário.

Para o tratamento do ar contaminado está instalado um sistema de desodorização por via química, por acidificação, no edifício de pré-tratamento, na sala de desidratação de lamas e nos espessadores.

A ETAR Norte tem dois operadores em regime de laboração contínua com turnos de 8 horas por dia, 7 dias por semana. As habilitações dos operadores variam entre o ensino primário e o ensino secundário.

3.3.3. ETAR de Fátima

A ETAR de Fátima, sob a exploração do Saneamento Integrado dos Municípios do Lis, S.A. (SIMLIS), concessionária do Sistema Multimunicipal de Saneamento da Bacia do Rio Lis, está localizada em Fátima, na localidade de Vale de Cavalos e entrou em funcionamento em 2005.

Esta infra-estrutura faz parte do subsistema de Fátima e serve parte do concelho de Ourém (a freguesia de Fátima e parte da freguesia de Nossa Senhora das Misericórdias). Está dimensionado para servir uma população de 33 120 habitantes equivalentes e tem capacidade de tratamento diário de 5 193 m³/dia.

As características médias do afluente à ETAR, previstas em projecto são as apresentadas na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Dados base de projecto da ETAR de Fátima (SIMLIS, 2002)

	Ano 0 (2001)	Ano HP (2021)
População (hab. eq.)	25 763	33 120
Caudal médio diário (m³/d)	3 479	5 193
Caudal de ponta (m³/h)	482	655
Carga CBO5 (kg/d)	1 546	1 987
Carga SST (kg/d)	1 803	2 318

A visita à ETAR foi efectuada no dia 03/06/11. Na Figura 3.13 apresenta-se uma vista aérea da estação de tratamento.



Figura 3.13 - Vista aérea da ETAR de Fátima (www.simlis.pt)

Na Figura 3.14 é apresentado o diagrama de processo de tratamento preconizado para a ETAR de Fátima.

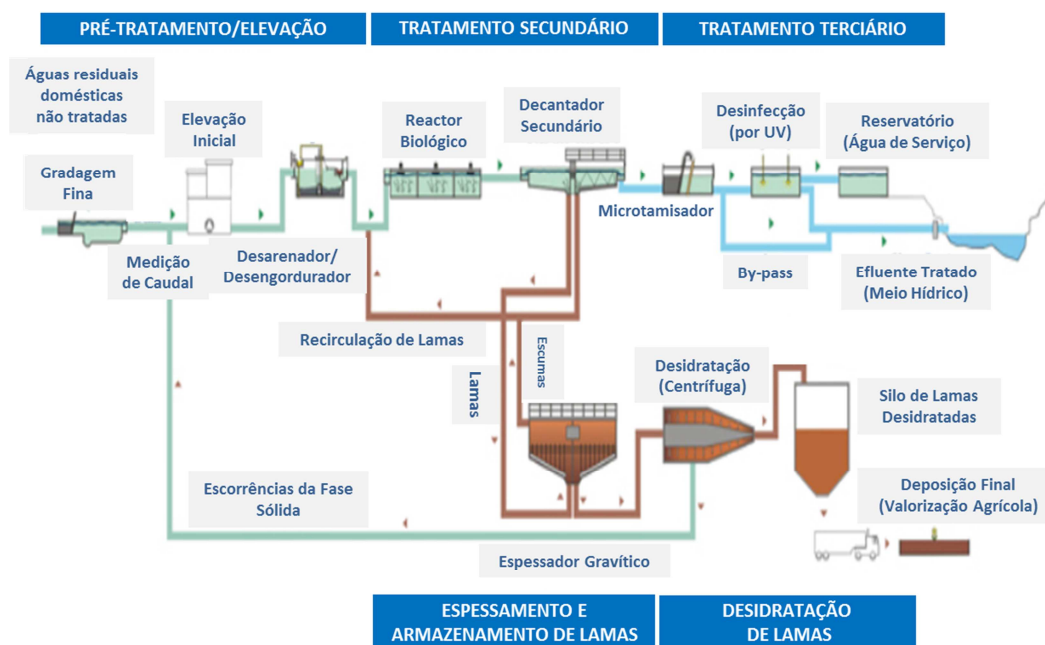


Figura 3.14 - Diagrama de processo de tratamento da ETAR de Fátima (www.simlis.pt)

A linha de tratamento da fase líquida desenvolve-se segundo duas linhas de tratamento biológico, iniciando-se com a recepção das águas residuais brutas, provenientes do sistema de drenagem afluente à ETAR. Estas começam por sofrer uma gradagem fina num tamisador/compactador tipo “rotamat” antes da elevação inicial para o esquema de tratamento. A medição do caudal afluente é realizada num canal tipo “Parshall” a montante do poço de bombagem (SIMLIS, 2002).

Após a elevação inicial, segue-se o tratamento preliminar composto por uma etapa de remoção simultânea de areias, óleos e gorduras, realizado num órgão de desenvolvimento longitudinal.

Segue-se o tratamento biológico num sistema de lamas activadas, realizado em duas linhas de tratamento, correspondentes a duas valas de oxidação (com comunicação entre elas) de quatro canais, cada uma das quais com dois arejadores de superfície de eixo vertical. O tratamento biológico é operado em regime de arejamento prolongado, logo as lamas biológicas produzidas são estabilizadas aerobicamente no próprio circuito de arejamento. A decantação secundária é assegurada por dois órgãos de planta circular (SIMLIS, 2002).

A descarga da ETAR é feita no ribeiro das Matas (cabeceira da ribeira da Bezelga), afluente do rio Nabão, por sua vez afluente do rio Zêzere, cujas águas são utilizadas para rega com fins agrícolas, pelo que após a decantação secundária e antes da descarga final, o efluente tratado sofre uma afinação final através de um sistema de filtração (microtamisação) por discos filtrantes e desinfecção por radiação UV num sistema em canal com 96 lâmpadas. Como alternativa o efluente tratado também pode ser descarregado na lagoa que armazena água para combate aos incêndios.

A jusante da desinfecção existe uma estação de bombagem para reutilização do efluente final como água de serviço na instalação.

Na obra de entrada da ETAR está instalada uma estação compacta para a recepção do conteúdo das fossas sépticas e a fase líquida do pré-tratamento do conteúdo das fossas sépticas também é conduzida à elevação inicial (SIMLIS, 2002).

A linha de tratamento da fase sólida resume-se unicamente ao tratamento das lamas biológicas estabilizadas aerobiamente, já que não existe produção de lamas primárias. É constituída por uma primeira etapa de espessamento gravítico em dois órgãos em betão devidamente cobertos, seguida de uma etapa de desidratação mecânica através de uma centrífuga. A concentração das lamas desidratadas em termos de matéria seca deverá situar-se nos 22+-2% (SIMLIS, 2002).

A centrífuga instalada na ETAR de Fátima tem uma capacidade mínima e máxima de 8 m³/h e 15 m³/h, respectivamente (Figura 3.15).



Figura 3.15 - Centrífuga *Westfalia* instalada na ETAR de Fátima

A dosagem do polímero necessário ao condicionamento das lamas espessadas é feita automaticamente e proporcionalmente ao caudal de lamas a desidratar, mas o arranque da centrífuga só ocorre após o operador confirmar a existência de lamas suficientes para o ciclo de operação que pretende realizar, o que vai depender da quantidade de lamas que está contida no espessador.

Para garantir a necessária eficiência de desidratação, é feita a adição de um polímero (polielectrólito cationico) às lamas a desidratar, o qual é preparado numa unidade de preparação automática (Figura 3.16).



Figura 3.16 - Central de preparação de polímero da ETAR de Fátima

Essa adição e mistura são realizadas em linha antes da admissão à centrífuga.

As lamas desidratadas são armazenadas num silo de lamas com uma autonomia de sete dias e são encaminhadas posteriormente para destino final adequado (valorização agrícola ou compostagem).

Quer o filtrado da desidratação, quer as águas das lavagens feitas à centrífuga, são encaminhadas graviticamente para o poço de elevação inicial da obra de entrada da ETAR.

Os sobrenadantes que saem do espessador gravítico, as escorrências das operações de concentração de gorduras, e águas de lavagem do microtamizador são encaminhados para as valas de oxidação.

As escumas dos decantadores secundários e as escorrências resultantes da desinfecção também são encaminhadas para o poço de elevação inicial.

As areias recolhidas, que contêm muita matéria orgânica, são conduzidas a destino próprio com vista à sua utilização em fins compatíveis, nomeadamente o encaminhamento para a ETAR Norte

da SIMLIS onde são incorporadas nas lamas. O material gradado é encaminhado para aterro sanitário e o material flotado pode ser enviado para aterro sanitário, para incineração ou para digestão anaeróbia noutra ETAR gerida pela SIMLIS (ETAR de Olhalvas).

A ETAR de Fátima tem um operador em permanência na estação de tratamento durante a semana e outro operador durante o fim-de-semana. Cada um deles permanece 8 horas por dia na ETAR. Relativamente às habilitações, ambos os operadores frequentaram o ensino superior.

3.3.4. ETAR de Setúbal

A ETAR de Setúbal, órgão integrante do Sistema de Drenagem, Intercepção, Tratamento e Destino Final das Águas Residuais de Setúbal, foi construída em 2002 pela Câmara Municipal de Setúbal e entrou em funcionamento em Maio de 2003. Actualmente a ETAR está sob a exploração das Águas do Sado, S.A., concessionária dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Saneamento de Setúbal.

A ETAR de Setúbal, localizada na Quinta da Cachofarra, junto da estação ferroviária de Praias do Sado, tem uma capacidade de tratamento equivalente a 253 107 habitantes, dos quais 56% correspondem à componente industrial.

As características médias do afluente à ETAR, previstas em projecto são as apresentadas na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Dados base de projecto da ETAR de Setúbal (C. M. de Setúbal, 2002)

	Ano 0 (2000)	Ano HP (2010)
População (hab. eq.)	228 634	253 107
Caudal médio diário (m³/d)	22 130	27 922
Caudal de ponta (m³/h)	1 901	2 401
Carga CBO5 (kg/d)	12 167	13 984
Carga SST (kg/d)	20 577	22 780

A visita à ETAR foi efectuada no dia 16/06/11. Na Figura 3.17 apresenta-se uma vista aérea da estação de tratamento.



Figura 3.17 - Vista aérea da ETAR de Setúbal (www.skyscrapercity.com)

Em termos processuais a ETAR é constituída por três fases de tratamento, linha líquida, linha de lamas e linha de biogás, as quais se encontram descritas na Figura 3.18.

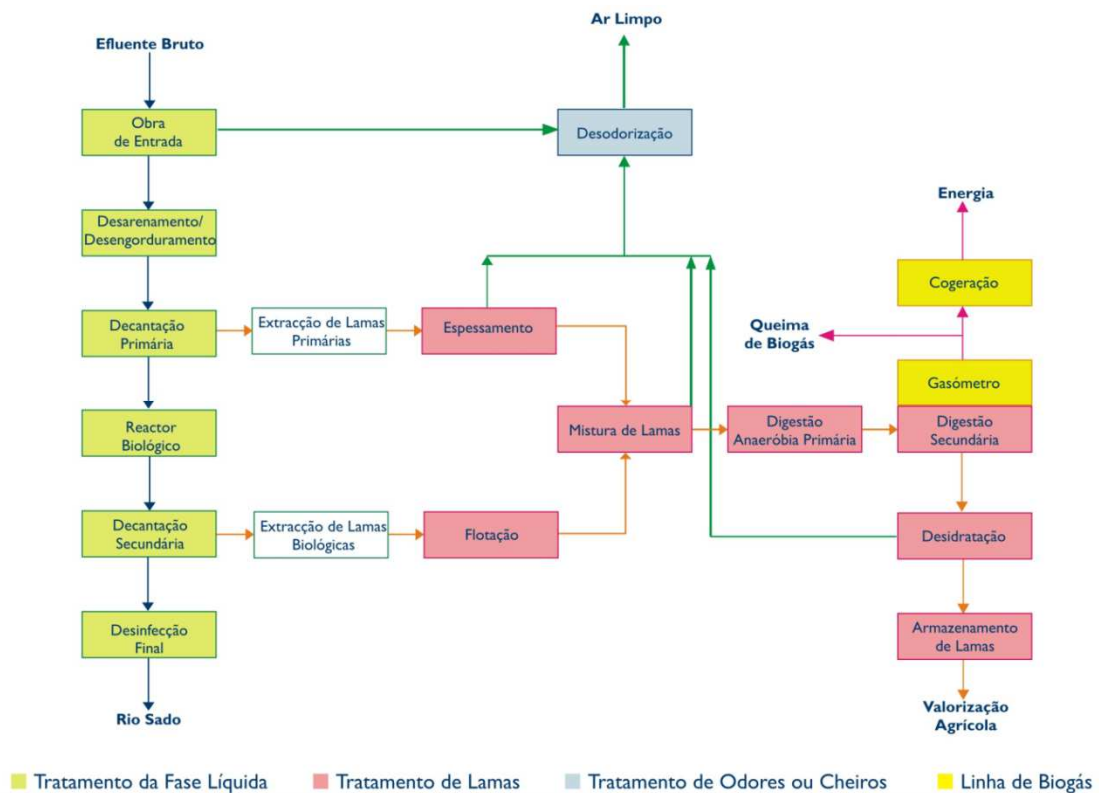


Figura 3.18 - Esquema de tratamento da ETAR de Setúbal (www.aguasdosado.pt)

A linha de tratamento da fase líquida é constituída pelas seguintes etapas: pré-tratamento, desarenamento/desengorduramento, decantação primária, tratamento biológico com remoção de nutrientes (azoto e fósforo), decantação secundária e desinfecção final.

Na fase de pré-tratamento a água residual passa pela gradagem grossa e pela gradagem fina através de um tamisador rotativo (6 mm). De seguida a água é encaminhada para um desarenador/desengordurador rectangular arejado com extracção mecânica de areias e introdução de ar, incluindo um concentrador para o material flotado.

Todos os subprodutos removidos nesta fase do tratamento são encaminhados para destino final adequado. As areias e os gradados são enviados para aterro sanitário e as gorduras submetidas a processo de tratamento específico.

Após esta fase, a água residual é encaminhada para dois decantadores primários de forma circular, onde são removidos os sólidos de menor dimensão por sedimentação, constituindo as lamas primárias, cujo tratamento se encontra descrito na linha de lamas.

O tratamento biológico desenvolve-se segundo duas linhas de tratamento biológico em dois tanques de arejamento com 3 compartimentos (anaeróbio, anóxico e aeróbio) cada um, oxidação de compostos de carbono e a remoção de nutrientes (azoto e fósforo). A solução de tratamento implementada tem por base o sistema de lamas activadas de média carga e o arejamento é por ar difuso através de membranas de bolha fina.

As lamas biológicas que se desenvolvem nos reactores são separadas do efluente tratado através de um segundo processo de sedimentação, que ocorre nos três decantadores secundários com pontes raspadoras com aspiração hidrostática de lamas. O efluente já tratado é então encaminhado para a última fase de tratamento.

O tratamento final é constituído pela desinfecção do efluente através de radiação de ultravioletas, em dois canais em série com 128 lâmpadas, a qual visa inactivar os restantes microrganismos e após o qual o efluente tratado é descarregado no Rio Sado.

A linha de tratamento da fase sólida é constituída pelo espessamento gravítico, flotação, digestão anaeróbia primária, digestão secundária e desidratação mecânica.

O espessamento das lamas primárias é efectuado graviticamente em dois espessadores circulares, enquanto o das lamas biológicas é efectuado por flotação, numa unidade circular, através da introdução de ar para pressurização total do afluente. Da mistura das lamas primárias espessadas e das lamas biológicas flotadas, surgem as denominadas lamas mistas.

As lamas mistas são enviadas para os três digestores primários, onde sofrem um processo de digestão na ausência de oxigénio, que consiste na degradação da matéria volátil, durante 22 dias aproximadamente, sendo esta transformada em biogás. Os digestores primários funcionam a temperatura constante de 35°C, sendo o seu aquecimento efectuado através de água quente, a qual é produzida na caldeira, podendo também ser aproveitada a água do circuito de água de arrefecimento dos grupos de cogeração. A agitação dos digestores é feita por recirculação das lamas e por agitação mecânica através de agitador vertical.

No digester secundário ocorre a sedimentação das lamas e a fase final da produção de biogás, sendo este armazenado numa campânula móvel.

As lamas digeridas são posteriormente submetidas a um processo de desidratação mecânica através de três centrífugas (Figura 3.19), que funcionam de forma alternada.



Figura 3.19 - Centrífugas *Alfa Laval* da ETAR de Setúbal

O processo de desidratação é otimizado pela injeção de um polímero (polielectrólito catiónico), com vista a diminuir o teor de humidade contido nas lamas (Figura 3.20).



Figura 3.20 - Unidade de preparação de polímero da ETAR de Setúbal

As centrífugas foram dimensionadas para desidratar lamas afluentes com uma concentração de 4%, 5 dias por semana, durante 12 horas por dia (duas centrífugas em funcionamento) e 8 horas por dia (três centrífugas em funcionamento) no ano horizonte de projecto. A concentração das lamas desidratadas, em termos de matéria seca, deverá situar-se nos 25% (C. M. de Setúbal, 2002).

A água necessária para a lavagem das centrífugas é fornecida a partir da rede de abastecimento (Águas do Sado), pois nesta ETAR ainda não é feita a reutilização do efluente tratado.

Após a desidratação as lamas são acondicionadas com cal para eliminar os microorganismos que ainda possam existir.

As escorrências quer dos espessadores, quer da desidratação de lamas são enviadas para a cabeça da ETAR e submetidas novamente a tratamento. As lamas desidratadas são armazenadas nos silos de lamas e posteriormente enviadas para valorização agrícola.

O biogás produzido no processo de digestão anaeróbia das lamas serve para alimentar dois grupos de cogeração os quais têm capacidade para produzir energia eléctrica que é consumida na ETAR, reduzindo desta forma o consumo energético da rede e respectiva facturação. O biogás também é utilizado para aquecer as lamas através de uma caldeira.

O ar recolhido dos edifícios (obra de entrada e sala de desidratação) e órgãos de tratamento da ETAR (espessadores e flotador) é encaminhado através de ventilação forçada para as torres de lavagem química de ar, onde são eliminados os odores.

A ETAR de Setúbal tem três operadores, que fazem turnos de 8 horas por dia durante a semana e outro operador durante o fim-de-semana. Todos os operadores têm formação específica para operar na ETAR.

3.4. Recolha e análise de dados

A recolha e análise de dados para a caracterização nacional e para a análise comparativa dos sistemas de desidratação mecânica dos casos de estudo foi dada como terminada em Agosto de 2011, mas algumas entidades gestoras só disponibilizaram a informação solicitada em Setembro de 2011.

Relativamente à caracterização das ETAR do grupo AdP em termos de dimensão, estas foram expressas em habitantes equivalentes, conforme apresentado na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Dados sobre a dimensão das ETAR do grupo AdP

Entidade gestora	Dimensão das ETAR (Hab. eq.)						
	C	FB	SF	PR	DesMec	LS	S/Des
AdN	1 427 685	110 740	0	0	1 538 425	58 729	17 521
SD	433 512	31 000	0	0	464 512	0	4 586
SIMRIA	360 200	272 000	0	0	632 200	0	9 377
AdM	348 066	49 250	2 322	0	399 638	4 668	19 345
SIMLIS	319 488	0	0	0	319 488	9 587	47 537
AdO	299 500	204 130	13 400	52 900	569 930	13 770	40 969
SIMTEJO	2 265 260	103 258	18 076	0	2 386 594	3 317	98
SANEST	900 000	0	0	0	900 000	0	0
SIMARSUL	382 870	53 800	0	0	436 670	0	500
AdSA	400 000	0	0	0	400 000	0	0
AdA	667 610	284 846	0	0	952 456	22 377	321 842
AdTMAD	189 106	179 544	11 833	0	380 483	4 697	20 883
AdZC	126 918	21 750	0	0	148 668	30 536	14 182
AdC	104 901	100 817	0	0	205 718	60 701	10 356
AdNA	82 600	2 800	0	0	85 400	51 927	35 667
AdCA	92 500	9 398	373	0	102 271	8 341	11 414
AgdA	0	25 870	2 077	0	27 947	64 666	64 917
Total	8 400 206	1 449 203	48 081	52 900	9 970 400	333 316	619 194
População Total	10 902 900						

Nota: C: centrífuga; FB: filtro banda; FP: filtro prensa; LS: leitos de secagem; SF: sacos filtrantes; PR: prensa rotativa; S/Des: sem desidratação; DesMec: desidratação mecânica

É importante salientar que os dados disponíveis na página de *Internet* da Agência Europeia do Ambiente (AEA) relativos às dimensões das ETAR existentes em Portugal não incluem informação

sobre instalações de tratamento de águas residuais com capacidade inferior a 2 000 habitantes equivalentes, salvo em 2 ou 3 casos. Nessas situações tentou-se colmatar a falta de dados com a informação disponível nos *sites* das entidades gestoras, mas mesmo assim nalguns casos não foi possível.

Os dados disponibilizados pela AdP para a caracterização nacional relativa ao tipo de desidratação de lamas efectuado nas ETAR a seu cargo e o número de unidades centrífugas ou de filtros de banda instalados estão resumidos na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Dados sobre desidratação de lamas (AdP)

Entidade gestora	Nº. de ETAR por tipo de desidratação de lamas						Nº. ETAR	Nº. C	Nº. FB	Nº. C móvel	Nº. FB móvel	
	C	FB	SF	PR	LS	S/Des						
AdN	18	14	0	0	8	55	94	25	14	0	2	
SD	6	1	0	0	0	4	11	8	2	0	0	
SIMRIA	3	1	0	0	0	1	5	5	3	0	0	
AdM	19	10	2	0	6	40	75	12	4	1	0	
SIMLIS	4	0	0	0	1	4	9	6	0	0	0	
AdO	9	21	3	2	10	26	70	14	22	0	16	
SIMTEJO	9	5	9	0	6	1	29	19	5	0	0	
SANEST	1	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	
SIMARSUL	9	4	0	0	0	1	14	17	6	0	1	
AdSA	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	
AdA	9	7	0	0	7	35	58	15	9	0	0	
AdTMAD	23	10	8	0	5	61	106	22	10	1	0	
AdZC	31	4	0	0	32	88	155	19	4	1	0	
AdC	6	7	0	0	32	18	62	6	7	0	0	
AdNA	3	1	0	0	29	20	51	4	1	0	1	
AdCA	4	3	1	0	9	30	47	4	2	0	2	
AgdA	0	4	2	0	25	44	75	0	4	0	0	
Total	155	92	25	2	170	428	863	182	93	3	22	
Nº. Total ETAR							863					
Nº. Total ETAR c/ DesMec							274					

Nota: C: centrífuga; FB: filtro banda; FP: filtro prensa; LS: leitos de secagem; SF: sacos filtrantes; PR: prensa rotativa; S/Des: sem desidratação; DesMec: desidratação mecânica

Relativamente à análise comparativa dos casos de estudo, a informação recolhida durante as visitas e através dos dados solicitados apresenta-se sistematizada nas tabelas seguintes.

A informação relativa ao tipo de esquema de tratamento, tipo de efluente e dimensão das ETAR estudadas são apresentadas na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 - Caracterização técnica dos casos de estudo

Caso de estudo	Esquema de tratamento	Tipo de efluente	Dimensão da ETAR			
			População (Hab. eq.)	Caudal médio (m ³ /d)	Carga CBO ₅ (kg/d)	Carga SST (kg/d)
ETAR de Fátima	Lamas activadas em valas de oxidação de baixa carga	doméstico + industrial	33 120	5 193	1 987	2 318
ETAR de Pedrógão Grande	lamas activadas em tanque duplo de baixa carga	doméstico + industrial	26 686	600	1 583	2 450
ETAR Norte da SIMRIA	lamas activadas de média carga e digestão anaeróbia	doméstico + industrial	272 000	48 705	17 057	26 054
ETAR de Setúbal	lamas activadas de média carga e digestão anaeróbia	doméstico + industrial	253 107	27 922	13 984	22 780

Na Tabela 3.12 apresenta-se as características do tipo de sistema de desidratação instalado em cada ETAR e na Tabela 3.13 a informação recolhida sobre a operação desses sistemas.

Tabela 3.12 - Caracterização do sistema de desidratação nas ETAR

Casos de estudo	Tipo de sistema	Nº. de unidades	Quantidade de lamas (kg/dia)		Caudal de lamas (m ³ /dia)		Concentração de lamas (%)		Tipo de polímero	MS nas lamas desidratadas (%)	
			2009	2010	2009	2010	2009	2010		2009	2010
ETAR de Fátima	Centrífuga	1	6 733	8 711	336	435	2,0		Polieletrólito catiónico	18,0	
ETAR de Pedrógão Grande	Filtro banda	1	2 800	3 164			Não há dados		Polieletrólito catiónico	25,0	
ETAR Norte da SIMRIA	Filtro banda	3	19 021	25 315	704	903	2,7	2,8	Polieletrólito catiónico	20,0	
ETAR de Setúbal	Centrífuga	3	27 394	32 471	1 367	1 410	2,0	2,3	Polieletrólito catiónico	19,6	16,9

A concentração das lamas afluentes ao filtro banda da ETAR de Pedrógão Grande não foi disponibilizada pela entidade gestora, pois esta não possui dados de medição deste parâmetro e o operador é que decide, mediante a sua experiência, se as lamas estão suficientemente espessadas para serem enviadas para a etapa de desidratação. Em todo o caso a concentração das lamas afluentes deve ser elevada uma vez que as lamas estão a ser espessadas nos digestores de lamas que pertenciam à ETAR do Matadouro Regional de Pedrógão Grande, os

quais para efeitos de espessamento estão muito sobredimensionados, admitindo-se por isso que esta seja a razão pela qual a concentração das lamas desidratadas seja bastante elevada.

Tabela 3.13 - Informação recolhida sobre a operação dos sistemas de desidratação

Casos de estudo	Dias de funcionamento (dias/semana)		Período de funcionamento (h/dia)		Quantidade de polímero (kg/ano)		Quantidade de lamas desidratadas (ton/ano)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
	ETAR de Fátima	1	2	6	8	1 164	2 258	808
ETAR de Pedrógão Grande	1	1	7	6	275	375	193	345
ETAR Norte da SIMRIA	5	5	24	24	4 155	6 750	4 945	6 582
ETAR de Setúbal	4	4	12	12	11 725	9 550	5 698	6 754

Segundo a informação disponibilizada sobre a ETAR de Setúbal, o período de funcionamento semanal do equipamento de desidratação não é contabilizado. As centrífugas normalmente funcionam 12h/d, mas não todos os dias do ano, pelo que considerou-se que as mesmas funcionam 4 dias/semana.

Os consumos de reagentes e os custos associados com a sua aquisição estão apresentados na Tabela 3.14.

Tabela 3.14 - Consumo e custos de reagentes em cada ETAR

Casos de estudo	Quantidade de polímero (kg/ano)		Custo de polímero (€)	
	2009	2010	2009	2010
	ETAR de Fátima	1 164	2 258	9 000
ETAR de Pedrógão Grande	275	375	859	1 196
ETAR Norte da SIMRIA	4 155	6 750	14 335	21 398
ETAR de Setúbal	11 725	9 550	35 058	28 554

No Anexo I apresentam-se os caudais de água residual tratada nas ETAR. A quantidade de lamas desidratadas, os consumos de energia total de cada ETAR e os custos associados, e os consumos e custos de exploração de energia nas ETAR estão apresentados nos Anexos II, III e IV, respectivamente.

O consumo de água, para lavagem das telas e para lavagem dos equipamentos de desidratação, não foi disponibilizado pelas entidades gestoras, uma vez que estes consumos não são contabilizados. Os consumos de água associados à lavagem dos equipamentos foram

desprezados e no caso dos consumos de água afectos à lavagem das telas dos filtros banda, consideraram-se os valores indicados pelos fabricantes destes equipamentos (Tabela 3.15). No caso do consumo de água para lavagem das telas, isto só se aplica aos filtros banda.

Tabela 3.15 - Consumo de água para lavagem das telas dos filtros banda

Casos de estudo	Largura da tela (m)	Tempo de funcionamento (h/d)		Água consumida (m ³ /ano)		Custo unitário/m ³ (€)		Custo da água da rede (€)	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
		ETAR de Pedrógão Grande	1	7	6	1 947,50	2 751,10	1,05 €	0,74 €
ETAR Norte da SIMRIA	2,5	24	24	63 648,00	63 648,00	0,003 €	0,003 €	190,94 €	190,94 €

No caso da ETAR de Pedrógão Grande, os custos da água da rede pública apresentados na Tabela 3.15 referem-se à 10% da água necessária para a lavagem das telas, pois a outra parte corresponde à reutilização da água residual tratada.

Relativamente aos custos de pessoal, só uma entidade gestora disponibilizou esta informação, mas esta refere-se aos custos totais com o pessoal. As outras entidades gestoras não puderam disponibilizar esta informação porque o sistema de contabilidade não o permitia. De qualquer das maneiras, os operadores das ETAR não estão afectos só à etapa desidratação de lamas, pelo que não foi possível contabilizar o número de horas gastas na operação dos equipamentos de desidratação. De acordo com a informação transmitida pelas entidades gestoras os operadores limitam-se a verificar se o filtro banda está a funcionar correctamente, e se for o caso continuam a cumprir com as suas outras funções na ETAR. No caso da centrífuga, esta não precisa da presença do operador.

Relativamente à aquisição de peças e serviços para a manutenção dos equipamentos de desidratação e os custos associados (Tabela 3.16), só duas entidades gestoras disponibilizaram essa informação. No caso da ETAR de Pedrógão Grande, de acordo com a informação disponibilizada, foram substituídas as duas telas com 1 m de largura do filtro banda nos dois anos do período de estudo, mas não existem dados relativos ao preço de custo das mesmas. Deste modo considerou-se os valores indicados pelos fabricantes destes equipamentos. Na ETAR de Fátima não foi disponibilizada informação sobre o tipo de peças substituídas ou o tipo de serviço efectuado, apenas há indicação do custo associado. Na ETAR Norte da SIMRIA a primeira mudança de telas dos filtros banda foi efectuada no ano de 2010. No caso da ETAR de Setúbal esta informação não foi disponibilizada.

Tabela 3.16 - Custos de aquisição de peças e serviços de manutenção

Casos de estudo	Equipamento desidratação	Número de unidades instaladas	Custo aquisição peças / serviços	
			2009	2010
ETAR de Fátima	Centrífuga	1	22 857,29 €	20 242,82 €
ETAR de Pedrógão Grande	Filtro banda	1	1 370,56 €	1 370,56 €
ETAR Norte da SIMRIA	Filtro banda	3	0,00 €	16 909,05 €
ETAR de Setúbal	Centrífuga	3	n.d.	n.d.

A entidade que explora a ETAR de Pedrógão Grande não disponibilizou os dados relativos aos custos do transporte e eliminação das lamas durante o ano de 2009 pois durante esse período o encaminhamento das lamas desidratadas, areias, gradados e gorduras, ao destino final estava a cargo do Matadouro Regional de Pedrógão Grande, pelo que se considerou os valores actuais cedidos pela entidade gestora para o ano de 2010 (Tabela 3.17).

Tabela 3.17 - Custos do transporte e eliminação das lamas

Casos de estudo	Quantidade de lamas desidratadas (ton/ano)		Custo de transporte e eliminação das lamas (€)	
	2009	2010	2009	2010
ETAR de Fátima	808	1 568	17 292 €	34 660 €
ETAR de Pedrógão Grande	193	345	6 264 €	10 239 €
ETAR Norte da SIMRIA	4 945	6 582	82 194 €	109 393 €
ETAR de Setúbal	5 698	6 754	98 579 €	117 857 €

Nas Tabela 3.18 e Tabela 3.19 apresentam-se os resumos dos custos anuais de exploração (operação e manutenção) dos sistemas de desidratação para os dois períodos em estudo.

Tabela 3.18 - Resumo dos custos de exploração dos sistemas de desidratação em 2009

	SIMLIS	Águas do Centro	SIMRIA	Águas do Sado
	ETAR de Fátima	ETAR de Pedrogão Grande	ETAR Norte da SIMRIA	ETAR de Setúbal
Custos anuais de Operação e Manutenção	33 120 Hab.eq.	26 686 Hab.eq.	272 000 Hab.eq.	253 107 Hab.eq.
	1 x Centrífuga	1 x Filtro banda	3 x Filtro banda	3 x Centrífuga
	1 dia/semana - 6 h/dia	1 dia/semana - 7 h/dia	5 dia/semana - 24 h/dia	4 dia/semana - 12 h/dia
Custos de polímero (€)	9 000	859	14 335	35 058
Custos de consumo de água (€)	0	20	191	0
Custos de consumo de energia (€)	2 105	249	8 786	11 885
Custos de manutenção (€)	22 857	1 371	0	n.d.
Custo de transporte e eliminação das lamas (€)	17 292	6 264	82 194	98 579
Custo total (€)	51 255	8 763	105 506	145 522
Custo total (€/ton MS)	352	181	107	130

Tabela 3.19 - Resumo dos custos de exploração dos sistemas de desidratação em 2010

	SIMLIS	Águas do Centro	SIMRIA	Águas do Sado
	ETAR de Fátima	ETAR de Pedrogão Grande	ETAR Norte da SIMRIA	ETAR de Setúbal
Custos anuais de Operação e Manutenção	33 120 Hab.eq.	26 686 Hab.eq.	272 000 Hab.eq.	253 107 Hab.eq.
	1 x Centrífuga	1 x Filtro banda	3 x Filtro banda	3 x Centrífuga
	2 dia/semana - 8 h/dia	1 dia/semana - 6 h/dia	5 dia/semana - 24 h/dia	4 dia/semana - 12 h/dia
Custos de polímero (€)	9 551	1 196	21 398	28 554
Custos de consumo de água (€)	0	20	191	0
Custos de consumo de energia (€)	4 337	352	8 786	11 885
Custos de manutenção (€)	20 243	1 371	16 909	n.d.
Custo de transporte e eliminação das lamas (€)	34 660	10 239	109 393	117 857
Custo total (€)	68 791	13 177	156 677	158 296
Custo total (€/ton MS)	244	153	119	139

Relativamente ao custo de investimento actual, nomeadamente o custo do equipamento de desidratação, foi consultada uma empresa fornecedora destes tipos de equipamentos, pelo que o custo de investimento para cada solução de desidratação é apresentado na Tabela 3.20.

Tabela 3.20 - Custo de investimento actual de cada solução de desidratação

Casos de estudo	Equipamento desidratação	Número de unidades instaladas	Acessórios	Custo de investimento actual (€)
ETAR de Fátima	Centrífuga	1	1 x Bomba de alimentação de lamas + 1 x Unidade de preparação de polímero automática + 1 x Bomba doseadora de polímero + 1 x Quadro eléctrico	115 583 €
ETAR de Pedrogão Grande	Filtro banda	1	1 x Bomba de alimentação de lamas + 1 x Unidade de preparação de polímero manual + 1 x Bomba de lavagem das telas + 1 x Quadro eléctrico	49 470 €
ETAR Norte da SIMRIA	Filtro banda	3	3 x Bomba de alimentação de lamas + 1 x Unidade de preparação de polímero automática + 3 x Bomba doseadora de polímero + 3 x Bomba de lavagem das telas + 3 x Compressor p/ alinhamento das telas + 1 x Quadro eléctrico	298 349 €
ETAR de Setúbal	Centrífuga	3	3 x Bomba de alimentação de lamas + 1 x Unidade de preparação de polímero automática + 3 x Bomba doseadora de polímero + 1 x Quadro eléctrico	514 650 €

A participação das entidades gestoras no presente estudo foi, no geral, positiva, tendo-se obtido respostas ao pedido de dados. Contudo a disponibilização dos dados foi bastante demorada devido ao facto de que em algumas entidades gestoras a informação solicitada se encontrar dispersa.

4. Análise e discussão de resultados

4.1. Situação nacional

Os dados cedidos pela AdP permitiram analisar mais em detalhe os tipos de equipamentos de desidratação utilizados nas ETAR sob a responsabilidade das suas empresas participadas. Nesta análise não foram consideradas as ETAR que estavam desactivadas, em reabilitação e/ou ampliação, nem em construção.

Na Figura 4.1 apresenta-se o número total de ETAR distribuídas por escalões de dimensão crescente. Considerou-se três grupos como representativos do panorama nacional: ETAR pequenas (capacidade inferior a 2 000 habitantes equivalentes), médias (capacidade compreendida entre 2 000 e 50 000 habitantes equivalentes) e grandes (capacidade superior a 50 000 habitantes equivalentes).

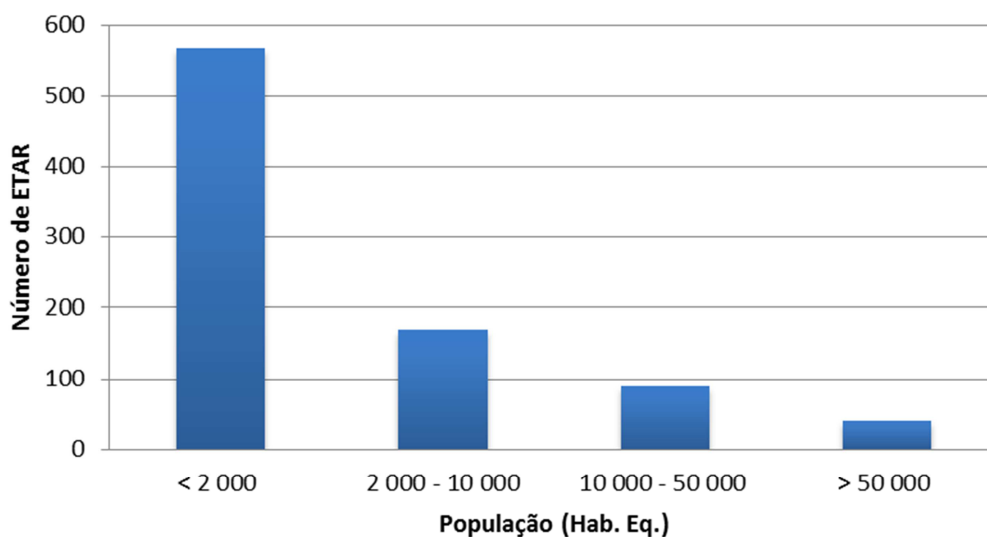


Figura 4.1 - Caracterização das ETAR em função da dimensão

Verifica-se que em Portugal predominam as ETAR de pequena dimensão que servem um menor número de habitantes equivalentes.

Os resultados apresentados na Figura 4.2 referem-se a um universo de 863 estações, que servem aproximadamente onze milhões de habitantes equivalentes, para as quais foi disponibilizada informação sobre a desidratação de lamas.

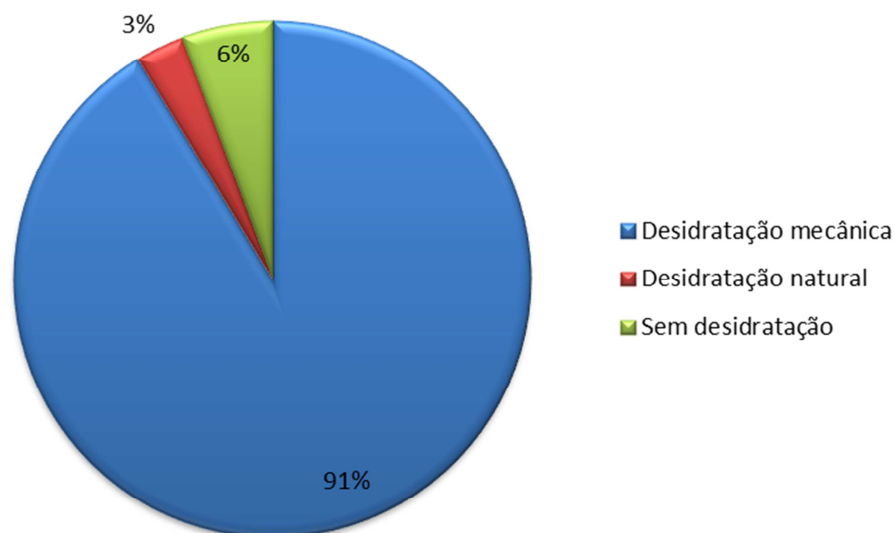


Figura 4.2 - Tipos de desidratação de lamas nas ETAR

Pela análise desta figura pode-se constatar que 91% dos habitantes equivalentes são servidos por ETAR com desidratação mecânica e 3% por ETAR com desidratação natural através de leitos de secagem.

Os restantes 6% dos habitantes equivalentes são servidos por ETAR que não têm sistema de desidratação de lamas. Estas instalações são normalmente ETAR de pequena dimensão, dimensão que está directamente relacionado com o número de habitantes que a mesma ETAR serve. Nessas estações as lamas líquidas são transportadas para outras estações de tratamento, são desidratadas no local (através de equipamentos de desidratação de lamas móveis) ou encaminhadas para um destino final adequado. Porém o transporte das lamas para outras estações de tratamento implica custos exorbitantes não só pelo transporte em si, mas especialmente pelas coimas a que as entidades que fazem transportes de lamas de depuração podem estar sujeitos se não cumprirem com a legislação em vigor (Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de Outubro de 2009).

Conforme se pode ver na Figura 4.3, das entidades gestoras que optaram pela desidratação mecânica nas suas ETAR, 84% têm centrífugas instaladas, 15% têm filtros banda, 1% optaram pelo uso de prensas rotativas e o uso de sacos filtrantes não é representativo, pois estas duas últimas soluções parecem estar em desuso.

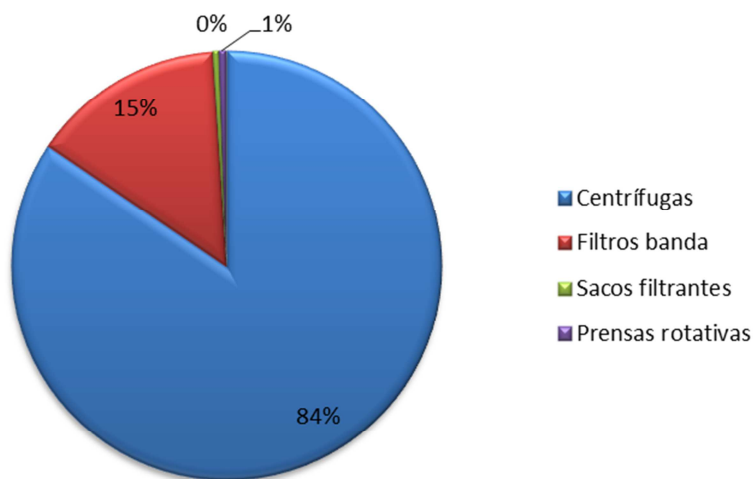


Figura 4.3 - Tipos de desidratação mecânica de lamas nas ETAR

As entidades gestoras que possuem ETAR de pequena dimensão nas quais é economicamente inviável a instalação de um sistema de desidratação de lamas optam por adquirir equipamentos de desidratação móveis (que podem integrar tanto uma centrífuga como um filtro banda), os quais se deslocam às ETAR de acordo com as necessidades. Esta parece ser uma solução de futuro para a desidratação das lamas das ETAR de pequena dimensão, que representam a maioria das instalações existentes.

De acordo com a Figura 4.4, das 17 entidades gestoras contactadas 8 possuem equipamentos de desidratação de lamas móveis.

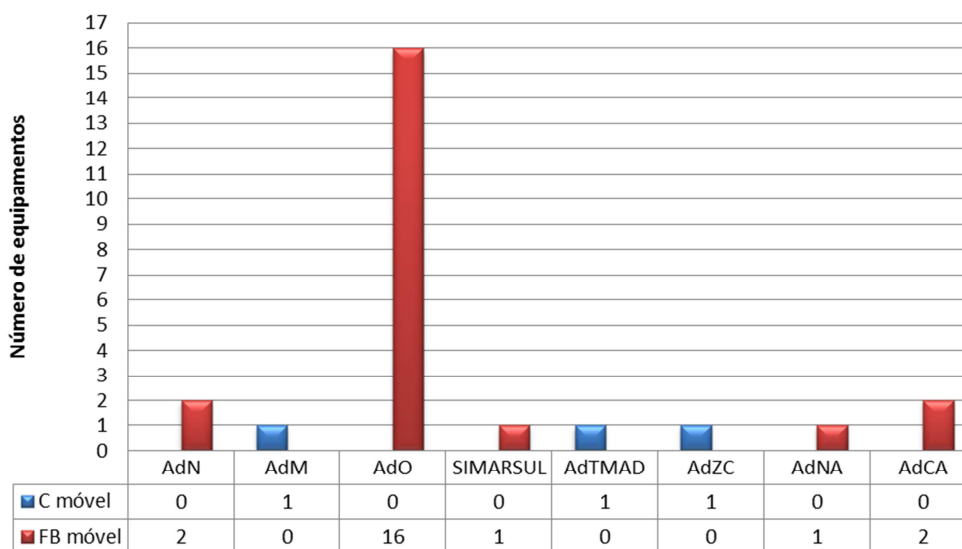


Figura 4.4 - Número de equipamentos de desidratação de lamas móveis por entidades gestoras

A AdN e a AdCA têm 2 unidades de desidratação de lamas móveis com filtros banda integrados. A AdM, a SIMARSUL, S.A., a AdTMAD, a AdZC e a AdNA possuem, cada uma delas, 1 unidade de desidratação de lamas móvel. A SIMARSUL, S.A. e a AdNA têm um filtro banda integrado, enquanto a AdM, AdTMAD e a AdZC têm uma centrífuga. A AdO é a entidade gestora que tem mais unidades de desidratação de lamas móveis, todas elas com filtros banda integrados.

Na Figura 4.5 são apresentados o número de unidades centrífugas e de filtros banda instalados nas estações de tratamento com desidratação mecânica (274 instalações).

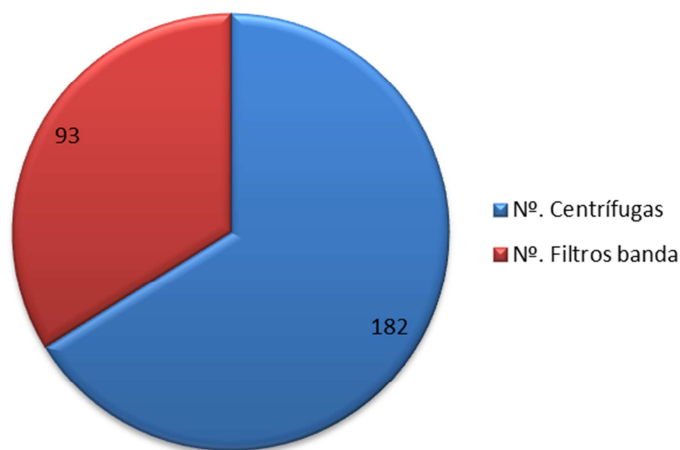


Figura 4.5 - Número de unidades centrífugas e de filtros banda instalados nas ETAR

Da análise da Figura 4.5 conclui-se que nas ETAR com desidratação mecânica de lamas estão maioritariamente instaladas centrífugas (182 unidades).

Na Figura 4.6 apresenta-se a distribuição do número de centrífugas e de filtros bandas pelas entidades gestoras que exploram ETAR com desidratação mecânica.

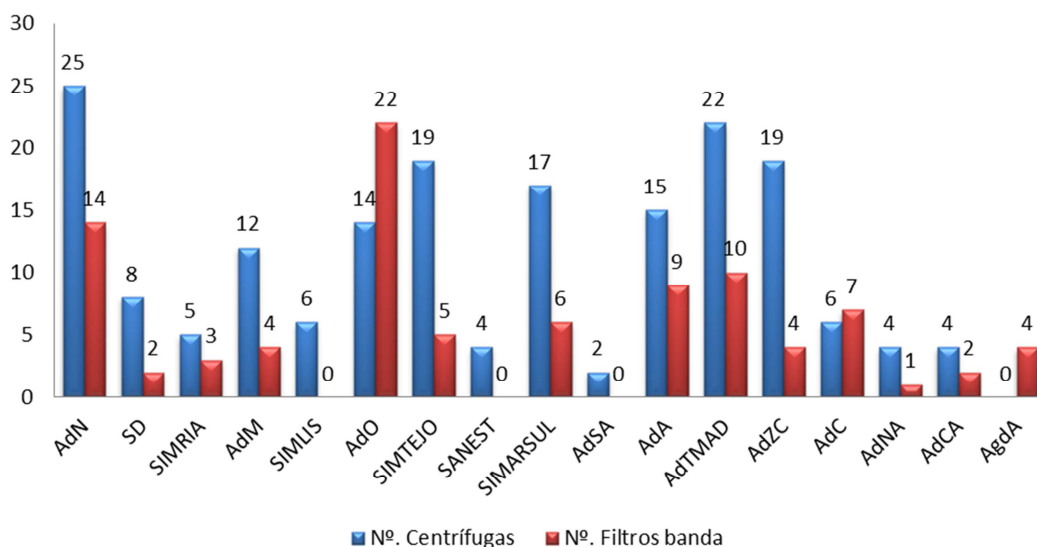


Figura 4.6 - Número de unidades centrífugas e de filtros banda instalados nas ETAR por entidades gestoras

Verifica-se então que na altura de escolher um sistema de desidratação de lamas a maior parte das entidades gestoras optam pela instalação de centrífugas face aos filtros banda, sendo a AdN, a AdO, a SIMTEJO, a SIMARSUL, a AdTMAD e a AdZC as que têm maior número de unidades instaladas.

4.2. Casos de estudo

Os dados disponibilizados pelas quatro entidades referidas anteriormente permitiram apurar alguns indicadores de desempenho associados à exploração dos sistemas de desidratação mecânica de lamas instalados nas quatro ETAR em estudo, que são apresentados nas páginas seguintes.

4.2.1. Teor de matéria seca nas lamas

A quantidade de lamas desidratadas nas quatro ETAR em estudo e o teor de MS presente nessas lamas são apresentadas na Figura 4.7.

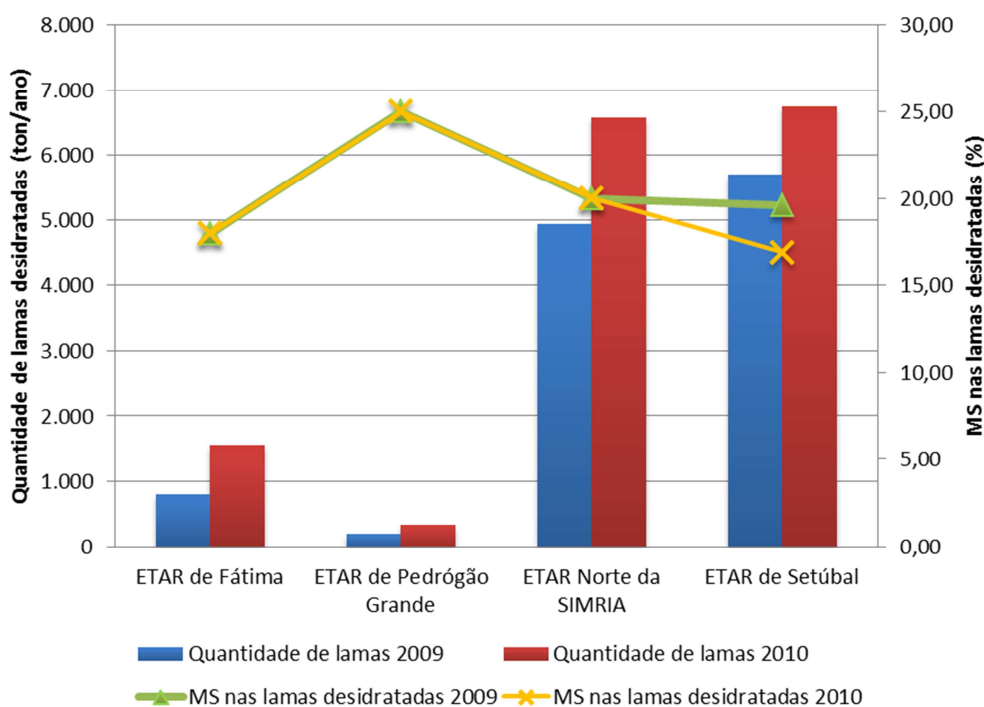


Figura 4.7 - Quantidade de lamas desidratadas e o teor de MS em cada ETAR

Da análise da Figura 4.7 observa-se que, para os períodos em estudo, a quantidade de lamas desidratadas na ETAR de Pedrógão Grande corresponde a aproximadamente 23% das lamas desidratadas na ETAR de Fátima, e que o teor de MS nas lamas desidratadas na ETAR de Pedrógão Grande é 28% superior ao que é obtido na ETAR de Fátima.

Relativamente às ETAR de grande dimensão, a quantidade de lamas desidratadas na ETAR de Setúbal em 2009 é 13% superior à da ETAR Norte da SIMRIA e o teor de MS nas lamas desidratadas na ETAR de Setúbal é 2% inferior ao da ETAR Norte da SIMRIA. Em 2010 a ETAR de Setúbal desidrata mais 3% de lamas do que a ETAR Norte da SIMRIA mas esta última apresenta um teor de MS mais elevado em cerca de 16% do que a primeira.

4.2.2. Consumo de polímero

Para se obter uma lama final tratada com maior peso seco (maior percentagem de sólidos) é necessário otimizar o doseamento de reagentes, pelo que a relação óptima destas variáveis consiste em utilizar menos reagente para o máximo de peso seco nas lamas finais tratadas.

O consumo de polímero por tonelada de MS e o teor de MS obtido nas quatro estações de tratamento são apresentados na Figura 4.8.

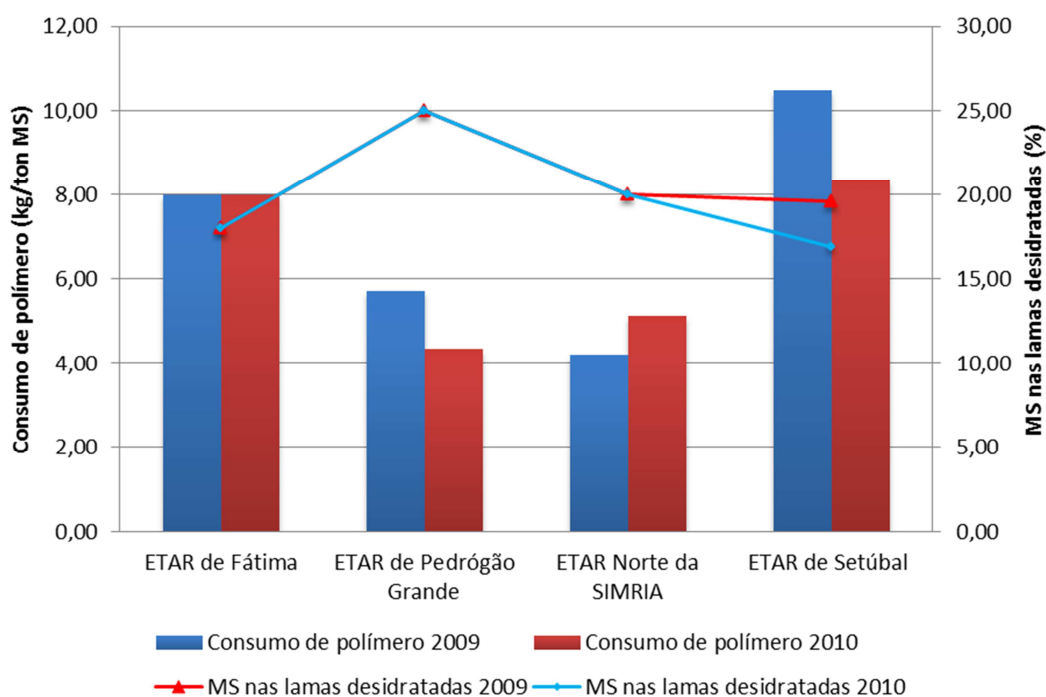


Figura 4.8 - Consumo de polímero por tonelada de MS e teor de MS nas lamas desidratadas

Da análise da figura atrás indicada pode-se observar que o filtro de banda da ETAR de Pedrógão Grande consome menos polímero por tonelada de MS que a centrífuga da ETAR de Fátima e que o teor de MS que se obteve com o filtro banda (25%) é superior ao valor obtido (18%) com a centrífuga.

No caso das duas ETAR de grande dimensão, as centrífugas da ETAR de Setúbal consomem mais polímero por tonelada de MS e o teor de MS que se conseguiu obter (19,6% em 2009 e

16,9% em 2010) foi inferior ao que é obtido na ETAR Norte da SIMRIA (20% nos dois anos considerados).

O valor do teor de MS que se obteve com o filtro banda da ETAR de Pedrógão Grande é bastante elevado. Como foi referido anteriormente, as lamas estão a ser espessadas nos digestores de lamas que pertenciam à ETAR do Matadouro Regional de Pedrógão Grande (esta ETAR incluía inicialmente a etapa de digestão das lamas no tratamento da fase sólida) que foram posteriormente transformados em espessadores gravíticos. Estes espessadores, que agora estão sobredimensionados, servem para espessar e armazenar as lamas antes da desidratação. O facto das lamas permanecerem mais tempo dentro dos espessadores, uma vez que o operador só retira as lamas quando o espessador está cheio, aumenta a concentração das lamas afluentes ao filtro banda reduzindo o seu consumo de polímero, pelo que se admite que será essa a razão pela qual as lamas desidratadas apresentem maior percentagem de sólidos.

A ETAR Norte da SIMRIA apresenta uma concentração de lamas afluentes aos filtros banda aceitável, perto dos 3%, o que reduz o consumo de polímero por tonelada de MS e afecta positivamente o teor de MS nas lamas desidratadas (20%).

Tanto na ETAR de Fátima como na ETAR de Setúbal a concentração de lamas afluentes às centrífugas é de aproximadamente 2% e o teor de MS não atinge os 20%. No caso da ETAR de Fátima o arranque da centrífuga só ocorre após o operador confirmar a existência de lamas suficientes para o ciclo de operação que pretende realizar, logo as lamas por vezes são enviadas para a desidratação sem terem a concentração adequada. Na ETAR de Setúbal existem problemas relacionados com a sedimentação das lamas no digestor secundário o que faz com que em vez da recolha de lamas para a desidratação ser feita no fundo do digestor, esta aconteça na camada superior onde as lamas estão menos concentradas. Deste modo nas duas ETAR existe uma variação na concentração das lamas afluentes que prejudica o desempenho dos equipamentos de desidratação instalados.

Os filtros banda e as centrífugas devem funcionar com um caudal e uma concentração de lamas constantes de forma a obter-se a percentagem de MS pretendida. Uma possível solução para o problema de variação da concentração das lamas afluentes às centrífugas instaladas nas ETAR de Fátima e de Setúbal seria a instalação de mesas de espessamento ou outra solução de espessamento equivalente. A adição de polímero seria feita antes destes equipamentos mecânicos que podem regularizar a concentração e portanto entregar um caudal e uma concentração de lamas constantes aos dois tipos de equipamentos de desidratação, ou seja, a regularização da concentração e de caudal passaria a ocorrer nas mesas de espessamento, otimizando desta forma a etapa de desidratação.

O consumo de polímero por tonelada de MS para os dois tipos de equipamentos em estudo e para os tipos de lamas, 3 a 4 kg no caso dos filtros banda e 8 a 10 kg no caso das centrífugas, vai ao encontro do indicado pelos fornecedores.

Tendo em conta o consumo de polímero por tonelada de MS e o teor de MS nas lamas desidratadas para cada sistema de desidratação considerado pode-se concluir que os filtros banda apresentam melhor desempenho em relação às centrífugas pois os primeiros consomem menos polímero por tonelada de MS e as lamas desidratadas apresentam maior percentagem de matéria seca.

4.2.3. Consumo de energia

Os consumos energéticos anuais de cada sistema de desidratação dos casos de estudo são apresentados na Figura 4.9.

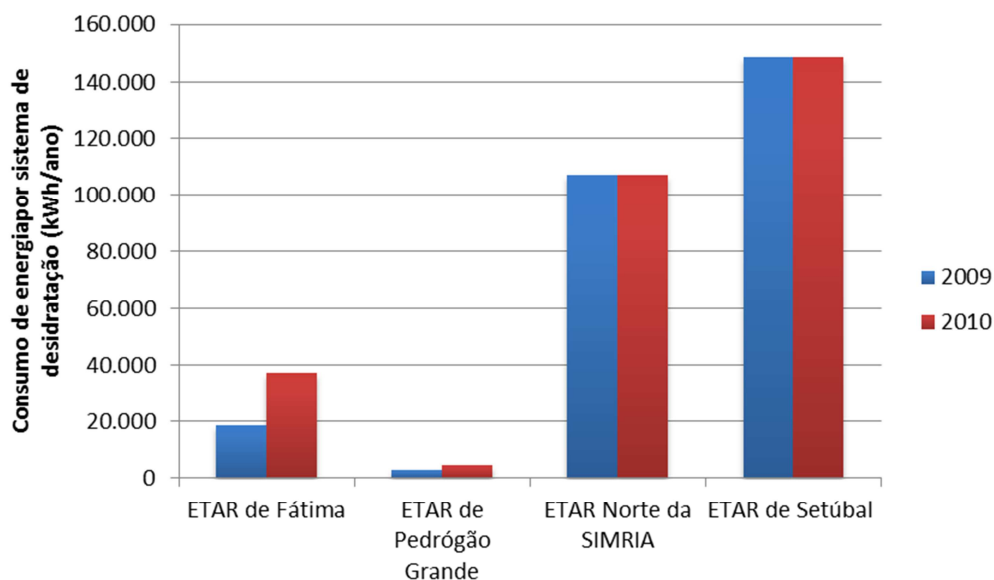


Figura 4.9 - Consumo de energia por sistema de desidratação

Como era de esperar o consumo energético do filtro banda na ETAR de Pedrógão Grande é muito mais baixo que o da centrífuga da ETAR de Fátima, pois embora ambas as ETAR tenham períodos de funcionamento semelhantes (1 a 2 dias por semana, 6 a 8 h/dia), a potência instalada na ETAR de Pedrógão Grande (0,37 kW) é bastante inferior à da ETAR de Fátima (22 kW).

Apesar do período de funcionamento dos filtros banda na ETAR Norte da SIMRIA ser 24h/dia, 5 dias por semana, o consumo energético destes filtros banda é inferior (28%) ao das centrífugas instaladas na ETAR de Setúbal, cujo período de funcionamento é 12h/dia, 4 dias por semana. Esta diferença é explicada pela potência instalada dos filtros banda da ETAR Norte da SIMRIA que é muito inferior (2,2 kW) à potência instalada das centrífugas da ETAR de Setúbal (55 kW).

É importante também referir que tanto na ETAR de Setúbal como na ETAR Norte da SIMRIA existe produção de energia internamente através do biogás, ou seja, estas estações também consomem energia produzida nas suas instalações, o que faz com que o consumo energético da rede diminua.

O consumo de energia de cada sistema de desidratação também pode ser avaliado pelo quociente entre a energia consumida no sistema de desidratação da ETAR e o caudal de lamas a desidratar, que é o factor base no dimensionamento destes sistemas de desidratação. Quanto menor for este valor, “mais limpa” energeticamente será a tecnologia instalada na ETAR.

Os critérios de escolha dos casos de estudo foram a capacidade de tratamento (em habitantes equivalentes) das ETAR e a tecnologia aplicada na desidratação das lamas. No caso da ETAR de Pedrógão Grande a capacidade de tratamento, em termos do caudal de água residual a tratar, é bastante inferior (aproximadamente 88%) à da ETAR de Fátima, o que não reflecte a população equivalente considerada no dimensionamento da primeira ETAR. A população servida na localidade de Pedrógão Grande é muito baixa mas a ETAR também recebe efluente do matadouro local, o que aumenta consideravelmente a carga orgânica afluente à ETAR. A entidade gestora responsável pela exploração da ETAR de Pedrógão Grande não tem dados relativos à concentração das lamas afluentes ao filtro banda, o que impossibilita o cálculo do caudal de lamas a desidratar nesta instalação.

Sendo assim optou-se por utilizar como indicador a energia consumida no sistema de desidratação por tonelada de MS nas lamas em vez da energia consumida no sistema de desidratação por metro cúbico de lamas a desidratar.

Na Figura 4.10 apresenta-se a energia consumida por tonelada de MS nas lamas em cada ETAR.

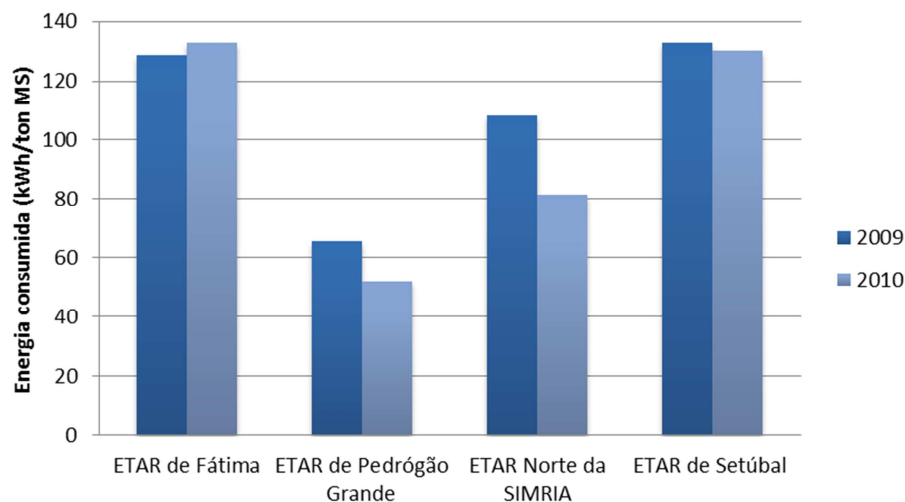


Figura 4.10 - Energia consumida por tonelada de MS nas lamas

Da análise da Figura 4.10 observa-se que quer nas estações de média dimensão quer nas estações de grande dimensão os sistemas de desidratação que traduzem maior eficiência de utilização de energia são os filtros banda pois apresentam menor consumo de energia por tonelada de MS nas lamas.

4.2.4. Consumo de água

Conforme foi referido anteriormente os consumos de água associados à lavagem dos equipamentos foram desprezados.

O consumo de água para lavagem das telas só se aplica aos filtros banda e é apresentado na Figura 4.11. No cálculo dos consumos de água foram considerados os valores indicados pelos fabricantes destes tipos de equipamentos, uma vez que as entidades gestoras das respectivas ETAR não têm estes consumos contabilizados.

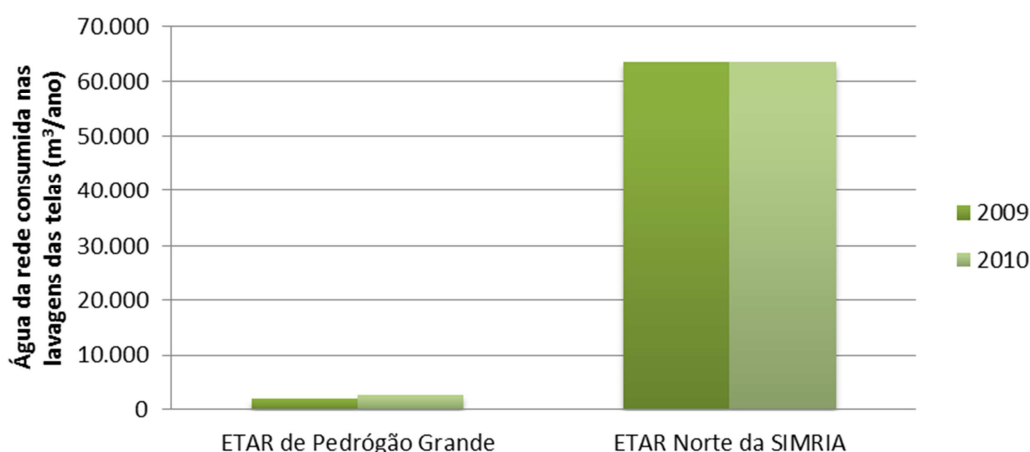


Figura 4.11 - Consumo de água para lavagem das telas dos filtros banda

Da água consumida nas lavagens das telas na ETAR de Pedrógão Grande uma parte (90%) corresponde à reutilização da água residual tratada e a outra parte (10%) corresponde à água da rede pública.

Na ETAR Norte da SIMRIA não é efectuada a reutilização da água residual tratada pois o efluente tratado apresenta um elevado teor de cloretos provenientes dos efluentes das indústrias locais, pelo que a água de lavagem necessária para os filtros banda é fornecida a partir de captação própria de água da SIMRIA.

Como as centrífugas não consomem água para lavagem das telas pois não as possuem, estas são mais vantajosas que os filtros banda, pois evitam o consumo de um recurso já por si escasso.

4.2.5. Custos correntes

Os dados relativos aos custos correntes não foram fáceis de obter, uma vez que as entidades gestoras gerem mais do que uma ETAR e a contabilidade não permite individualizar esses custos para cada uma. Os custos de aquisição de reagentes e de eliminação/deposição de lamas foram mais difíceis de identificar e os custos de pessoal não foram disponibilizados.

A avaliação do nível de qualificação do pessoal afecto ao funcionamento da ETAR também é importante, pois de acordo com o PEASAAR (2007-2013) devem ser promovidas acções de formação profissional avançada de recursos humanos de forma a otimizar a operação de ETAR com elevado nível tecnológico. Inclusive é previsível que após 2013 a formação mínima exigida para operador de ETAR não seja a escolaridade obrigatória, mas sim a especialização certificada em operação de ETAR. Sendo assim tentou-se obter informação sobre a qualificação dos operadores afectos a etapa de desidratação de lamas, o que não foi possível. A informação disponibilizada é relativa à qualificação dos operadores de cada ETAR em estudo, e nesse caso, em duas entidades gestoras os operadores têm formação específica para operador de ETAR, numa delas o operador tem formação superior e na outra a formação varia entre o ensino primário e o secundário.

A identificação dos custos energéticos (Figura 4.12) relativos a cada ETAR foi realizada através da potência instalada dos equipamentos associados à desidratação de lamas.

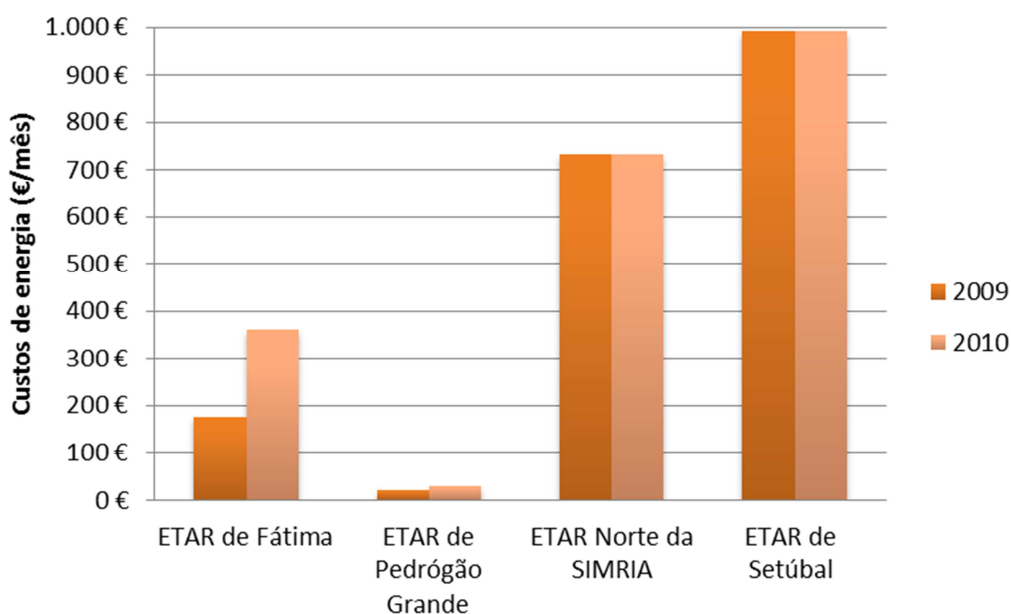


Figura 4.12 - Custos de energia por sistema de desidratação instalado em cada ETAR

Da análise da Figura 4.12 constata-se que os custos de energia das centrífugas foram superiores aos custos de energia dos filtros banda, embora essa diferença tenha sido mais acentuada no caso das ETAR de média dimensão, pois o custo de energia na ETAR de Pedrógão Grande correspondeu a 12% e 8% do custo de energia na ETAR de Fátima, em 2009 e em 2010,

respectivamente. No caso das ETAR de grande dimensão, os custos de energia dos filtros banda da ETAR Norte da SIMRIA são 26% inferiores aos das centrífugas da ETAR de Setúbal.

Conforme referido anteriormente, os consumos de água para lavagem dos equipamentos de desidratação foram desprezados pelo que os custos associados não foram calculados para as ETAR em estudo.

Os custos de água afectos à lavagem das telas dos filtros banda das ETAR de Pedrógão Grande e Norte da SIMRIA são apresentados na Figura 4.13.

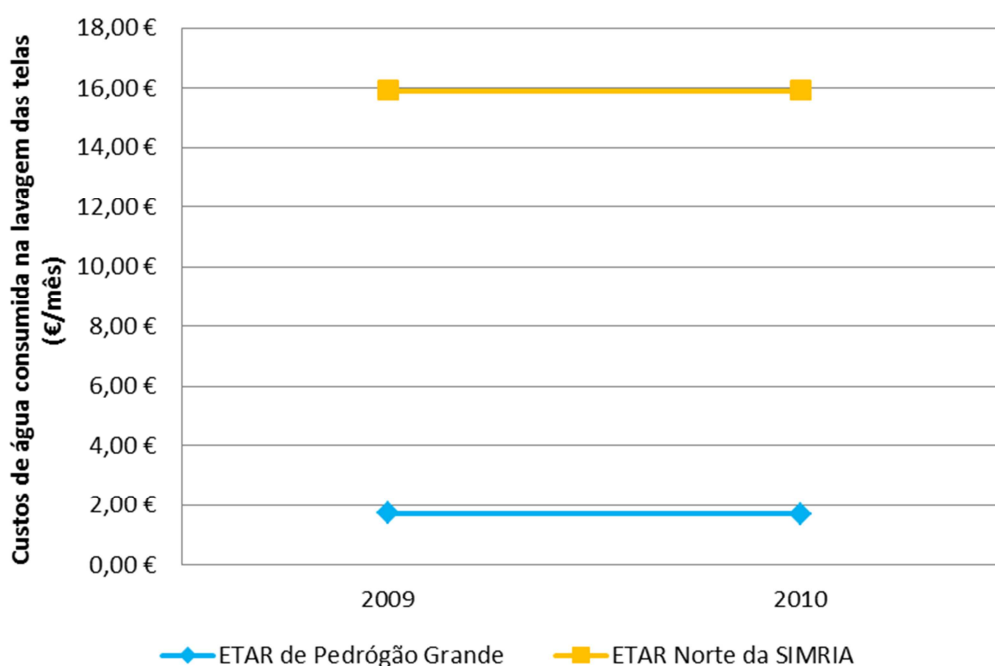


Figura 4.13 - Custos de água consumida na lavagem das telas

Os custos da água consumida nas lavagens das telas na ETAR de Pedrógão Grande apresentados na Figura 4.13, aproximadamente 1,70 € por mês em cada ano, são referentes aos consumos da água da rede pública pois a água residual tratada que é reutilizada não tem custos associados.

No caso da ETAR Norte da SIMRIA os custos da água consumida nas lavagens das telas, 15,91 € por mês em cada ano, correspondem à quantidade de água captada no Rio Vouga afectada pela Taxa de Recursos Hídricos.

Como as centrífugas não têm telas, e por isso não consomem água para lavagem das mesmas, estas são mais vantajosas que os filtros banda, pois representam menos um custo associado à desidratação das lamas.

Na Figura 4.14 são apresentados os custos associados com a aquisição de polímeros e com a manutenção dos equipamentos.

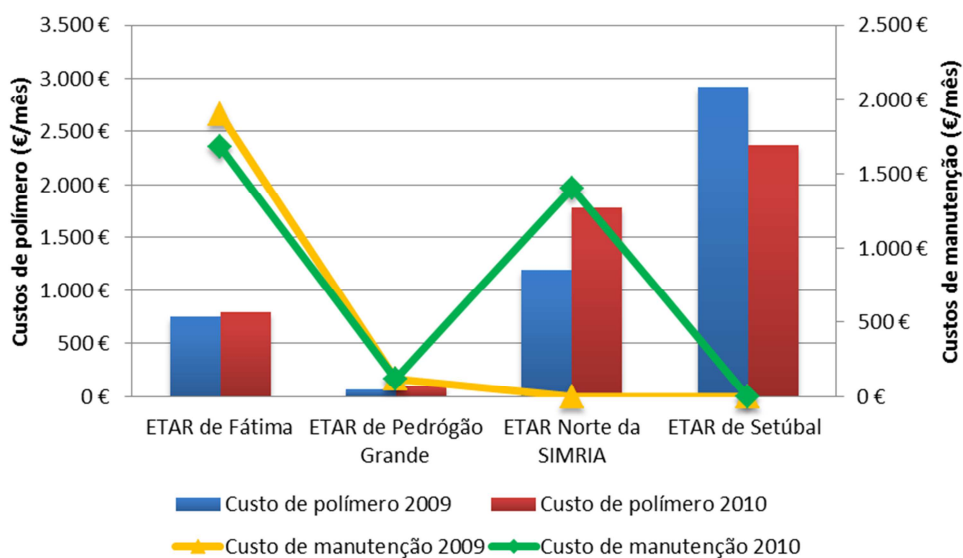


Figura 4.14 - Custos de polímero consumido e custos de manutenção de cada sistema de desidratação

Os custos de polímero e de manutenção do filtro banda instalado na ETAR de Pedrógão Grande são mais baixos do que os da centrífuga da ETAR de Fátima. Relativamente às ETAR Norte da SIMRIA e de Setúbal os custos de polímero da ETAR Norte da SIMRIA também são mais baixos que os da ETAR de Setúbal. Os custos de manutenção da ETAR de Setúbal não foram disponibilizados pelo que não foi possível compará-los com os da ETAR Norte da SIMRIA.

4.2.6. Custos de exploração

Na Figura 4.15 apresenta-se os custos da desidratação propriamente dita associados a cada sistema de desidratação de lamas instalado em cada ETAR.

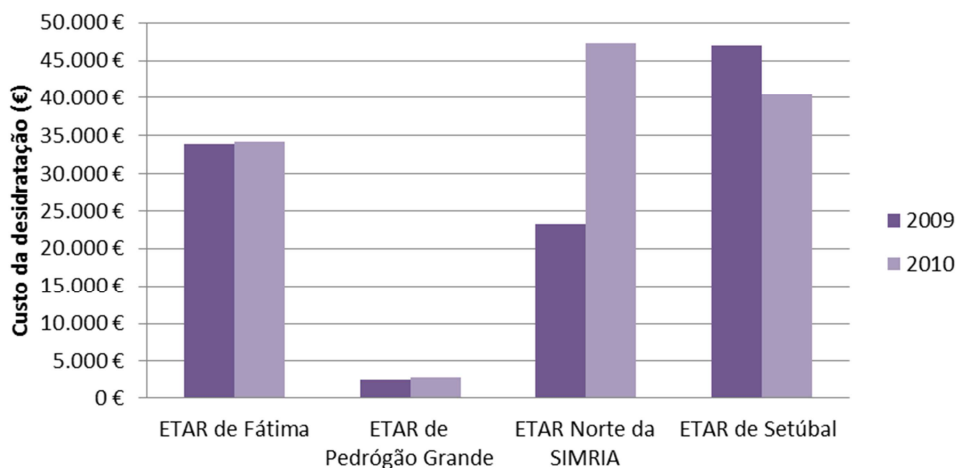


Figura 4.15 - Custos da desidratação de lamas em cada ETAR

Nos custos acima apresentados, nas soluções de desidratação de lamas que incluem filtros banda, nas ETAR de Pedrógão Grande e Norte da SIMRIA, estão incluídos os custos energéticos, os custos dos reagentes, os custos de manutenção e da água consumida para a lavagem das telas. Nas ETAR de Fátima e de Setúbal, que utilizam centrífugas na desidratação de lamas, os custos da desidratação de lamas incluem os custos energéticos, os custos dos reagentes e os custos da manutenção. No caso da ETAR de Setúbal esses custos além de não incluírem os custos de pessoal, também não incluem os custos de manutenção pois estes não foram disponibilizados, e ainda assim são superiores aos dos filtros banda da ETAR Norte da SIMRIA. Os custos da desidratação de lamas da ETAR Norte da SIMRIA são mais elevados em 2010 devido à primeira mudança de telas que ocorreu nesse ano.

Se aos custos da desidratação se adicionarem os custos de transporte e eliminação das lamas, obtêm-se os custos totais da desidratação que são apresentados na Figura 4.16.

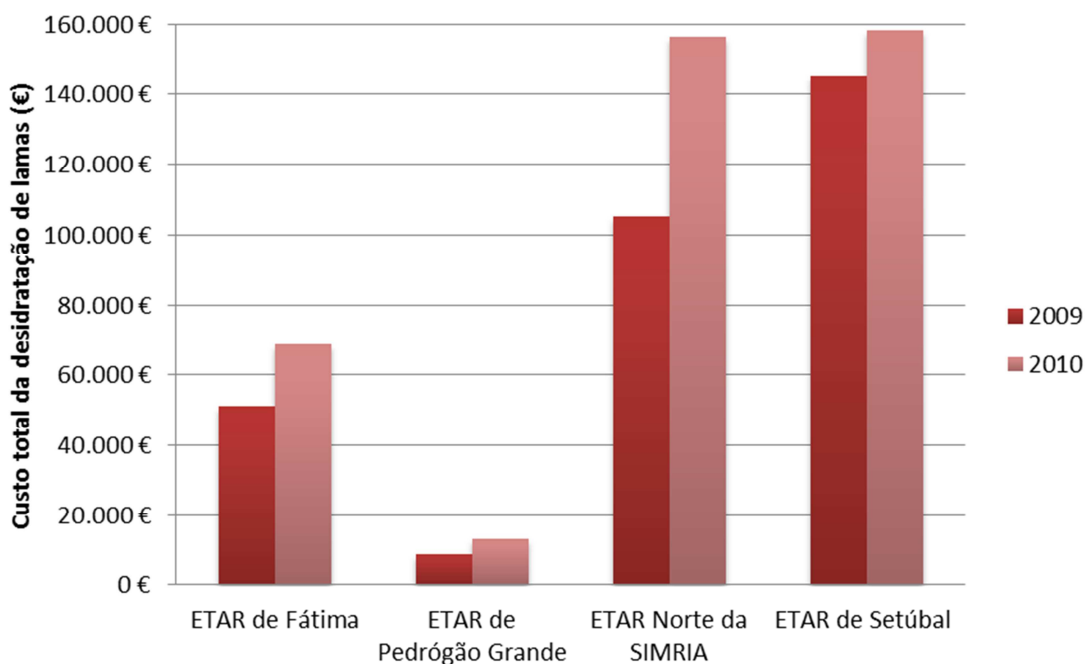


Figura 4.16 - Custos totais da desidratação das lamas por ETAR

Da análise da Figura 4.16 conclui-se que nas ETAR cuja desidratação mecânica é feita por filtros banda os custos totais de tratamento das lamas são mais baixos quando comparados com a desidratação mecânica por centrífugas, embora nas ETAR de grandes dimensões as diferenças nestes custos tenham sido menos acentuadas por causa das razões atrás referidas.

Na Figura 4.17 apresenta-se os custos de exploração (operação e manutenção) por tonelada de MS nas lamas de cada sistema de desidratação em cada ETAR.

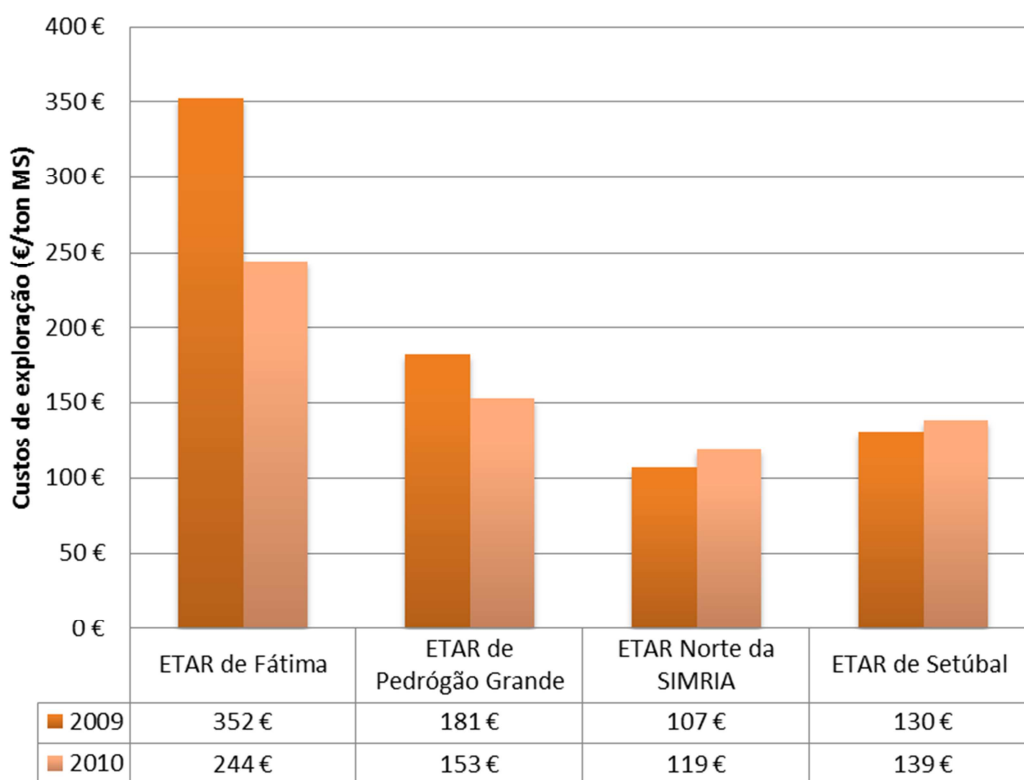


Figura 4.17 - Custos de exploração dos sistemas de desidratação de lamas por tonelada de MS em cada ETAR

Da análise da Figura 4.17 pode-se concluir que em cada par de ETAR de média e grande dimensão, as que têm filtros banda instalados, ETAR de Pedrógão Grande e ETAR Norte da SIMRIA, apresentam menor custos de tratamento por tonelada de MS nas lamas quando comparados com as que utilizam centrífugas, a ETAR de Fátima e a ETAR de Setúbal. E também se pode observar que há uma grande diferença entre os custos totais por tonelada de MS nas ETAR de média dimensão (os custos de tratamento por tonelada de MS nas lamas da ETAR de Pedrógão Grande correspondem a 51% e 63% dos da ETAR de Fátima, em 2009 e 2010, respectivamente) e que nas ETAR de grande dimensão estas diferenças são muito mais atenuadas (os custos de tratamento por tonelada de MS nas lamas na ETAR de Setúbal são aproximadamente 16% superiores aos da ETAR Norte da SIMRIA).

Na Figura 4.18 apresenta-se os custos de exploração (operação e manutenção) por habitante servido.

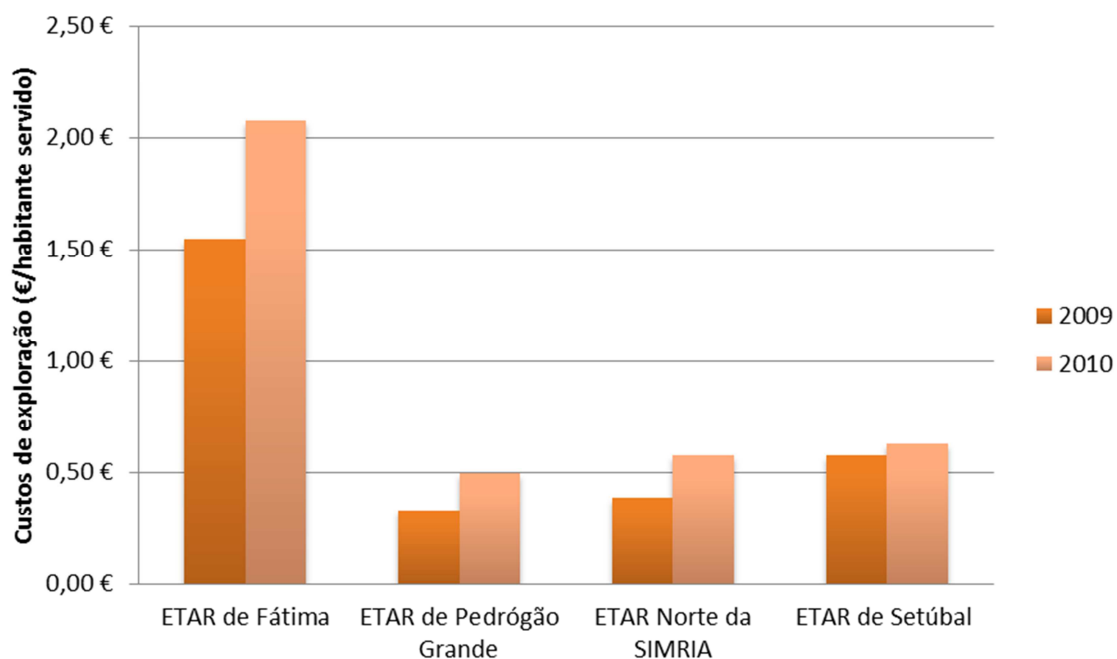


Figura 4.18 - Custo de tratamento das lamas por habitante servido

Da análise da figura acima indicada pode-se concluir que nas ETAR cuja desidratação mecânica é feita através de filtros banda os custos de exploração por habitante servido são mais baixos. No caso das ETAR de média dimensão existe uma grande diferença entre esses custos nos dois anos (aproximadamente 78%). Nas de grande dimensão a diferença é menos acentuada em 2010 pois os custos de exploração por habitante servido na ETAR de Setúbal são 8% mais caros que na ETAR Norte, o que não acontece em 2009 onde esta percentagem sobe para 33%.

4.2.7. Custo de investimento

Na Figura 4.19 apresenta-se o custo de investimento actual para as soluções de desidratação de lamas por centrífugas e por filtros banda nas ETAR de Fátima, Pedrógão Grande, Setúbal e Norte da SIMRIA. Estes custos não incluem os custos de transporte, de instalação, nem de arranque dos equipamentos.

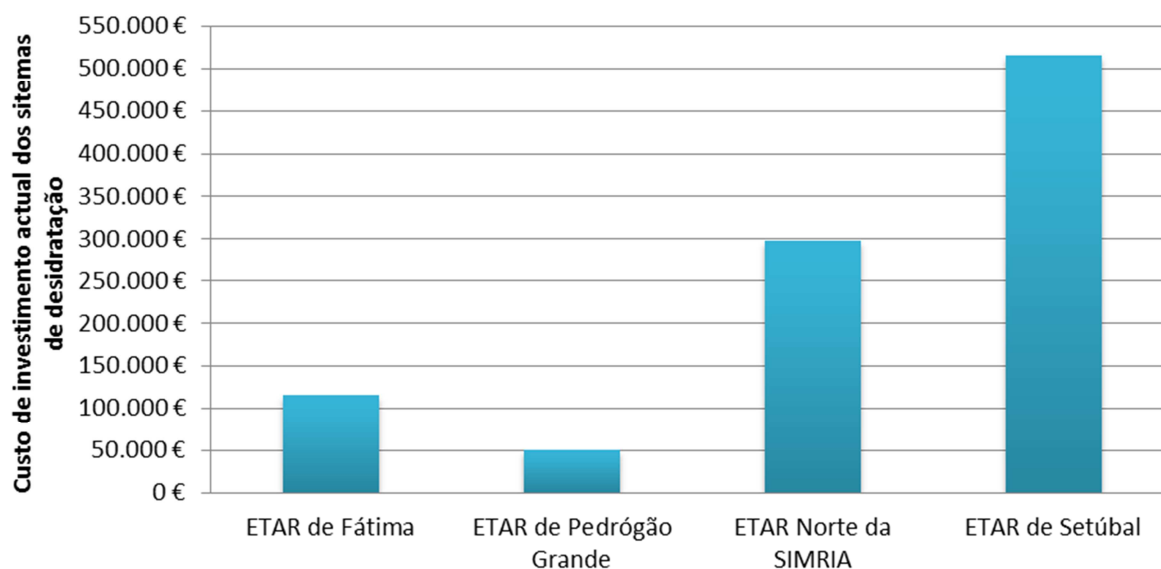


Figura 4.19 - Custo de investimento actual de cada solução de desidratação

Da análise da Figura 4.19 observa-se que o custo do sistema de desidratação instalado na ETAR de Fátima é 57% mais caro que a solução instalada na ETAR de Pedrógão Grande. A solução da ETAR de Fátima inclui uma centrífuga, uma bomba de alimentação de lamas, uma unidade de preparação de polímero automática, uma bomba doseadora de polímero e um quadro eléctrico para controlo de todos os equipamentos associados à linha de desidratação. Na ETAR de Pedrógão Grande a solução compreende um filtro banda, uma bomba de alimentação de lamas, uma unidade de preparação de polímero manual, uma bomba de lavagem das telas e um quadro eléctrico para controlo dos equipamentos.

A solução da ETAR de Setúbal é 42% mais cara do que a da ETAR Norte da SIMRIA e inclui três centrífugas, três bombas de alimentação de lamas, uma unidade de preparação de polímero automática, três bombas doseadoras de polímero e um quadro eléctrico, enquanto a solução da ETAR Norte da Simria inclui três filtros banda, três bombas de alimentação de lamas, uma unidade de preparação de polímero automática, três bombas doseadoras de polímero, três bombas de lavagem das telas, três compressores para alinhamento das telas e um quadro eléctrico para controlo dos equipamentos.

Sendo assim pode-se concluir que os custos de investimento actual dos filtros banda são mais baixos que os das centrífugas.

5. Conclusão

Este trabalho teve como objectivo efectuar uma análise detalhada dos custos de exploração (operação e manutenção) associados à desidratação mecânica por centrífuga ou por filtro banda e determinar as vantagens e desvantagens de uma solução em relação à outra.

Nesse sentido foi efectuada uma caracterização dos tipos de desidratação de lamas existentes nas ETAR das empresas participadas do grupo Águas de Portugal, SGPS, S.A. (AdP). Das 863 ETAR, que servem aproximadamente onze milhões de habitantes equivalentes, para as quais foi disponibilizada informação, 6% desses habitantes equivalentes são servidos por ETAR que não têm sistema de desidratação de lamas, e das que os têm 84% utilizam centrífugas (182 unidades instaladas) e 15% filtros banda (93 unidades instaladas), ou seja, actualmente a desidratação de lamas nas ETAR em Portugal é feita maioritariamente por centrífugas. Dos processos em fase de concurso consultados cujo cliente final era a AdP, e mesmo nalgumas ETAR que estão em fase de arranque ou em fase de construção, na maior parte estão especificadas soluções de desidratação mecânica de lamas através de centrífugas. Para as estações de tratamento de pequenas dimensões, verifica-se, actualmente, uma aposta crescente nas soluções de desidratação móvel.

Relativamente à análise comparativa efectuada aos casos de estudo, cujas soluções de desidratação mecânica de lamas são centrífugas e filtros banda, é possível apresentar, em síntese, as seguintes conclusões.

Os filtros banda apresentam melhor eficiência de utilização de energia que as centrífugas pois aqueles consomem menos energia por tonelada de matéria seca nas lamas. Relativamente aos custos de exploração afectos à componente de desidratação numa ETAR, as que utilizam centrífugas apresentam custos superiores aos dos filtros banda. Os custos atrás referidos demonstram que para ETAR de grandes dimensões atenuam-se as diferenças entre as centrífugas e os filtros banda. Para ETAR de média dimensão esses custos indicam uma clara vantagem na utilização dos filtros banda. É importante referir que apesar dos filtros banda apresentarem um alto consumo de água da rede, os custos associados a esse consumo podem ser significativamente diminuídos se a água tratada na ETAR for reutilizada na lavagem das telas dos filtros banda, o que já acontece em muitas instalações, como é o caso da ETAR de Pedrógão Grande. A água reutilizada depois de ser usada volta a ser água residual, e portanto volta à cabeça da estação para ser tratada novamente.

Normalmente justifica-se a utilização de uma centrífuga para se obter maior percentagem de matéria seca nas lamas desidratadas, pois quanto mais desidratadas estiverem as lamas, menos peso e volume terão, reduzindo os custos de transporte. Da análise comparativa constatou-se que, por exemplo, no caso das ETAR de Setúbal e ETAR Norte da SIMRIA, o custo total da desidratação através de centrífugas é superior ao dos filtros banda e as percentagens de matéria seca conseguidas não é muito díspar, ou seja, fica mais caro utilizar uma centrífuga para obter

praticamente os mesmos resultados a nível de matéria seca nas lamas desidratadas do que utilizando um filtro banda.

Os custos correntes, e mesmo alguns dados de operação das ETAR, não foram fáceis de obter pois as entidades gestoras gerem mais do que uma estação de tratamento e a contabilidade não permite individualizar os custos de cada uma. Constatou-se que as formas de gestão continuam, em alguns casos, a evidenciar grande fragilidade organizativa e operacional. Na ETAR de Setúbal em particular, constatou-se ainda que existe uma capacidade de desidratação instalada que não corresponde às necessidades reais. As centrífugas foram dimensionadas, para o ano horizonte de projecto (2010), para desidratar lamas afluentes com uma concentração de 4%, no seguinte regime de funcionamento: duas centrífugas a operar 12 horas por dia, 5 dias por semana ou três centrífugas a operar 8 horas por dia, 5 dias por semana. Actualmente, ultrapassado que está o ano horizonte de projecto, as centrífugas trabalham de modo alternado durante 12 horas por dia, 4 dias por semana, pois este é o tempo necessário para desidratar as lamas que são produzidas pela ETAR, ou seja, a capacidade de desidratação instalada funciona muito abaixo do previsto. Esta situação permite inferir que as entidades envolvidas nas fases de projecto desta instalação se basearam em pressupostos que não se verificaram, o que não invalida o facto de que a mesma possa ser considerada como um desperdício de recursos e meios.

O objectivo principal do tratamento das lamas é reduzir o incómodo que as lamas causam no meio ambiente. Este objectivo deve ser alcançado com o menor custo possível, o que significa redução do peso e do volume das lamas a serem tratadas. Por outro lado, a escolha do destino final das lamas é complexa pois esta depende de numerosos constrangimentos, nomeadamente do tipo de água residual, das restrições locais, das características e volume das lamas, do nível de tratamento e do tipo de processo de tratamento da água residual e da legislação.

Sendo assim, a escolha da solução de tratamento das lamas depende fortemente da opção de eliminação e tem que ser decidido com base na minimização de custos e confiabilidade a longo prazo. Na escolha da solução também se deverá ter em conta que a gestão da energia deve começar logo na fase de projecto das instalações e na escolha dos equipamentos.

Face ao exposto e atendendo à particular situação económica do país, seria importante que os projectistas reavaliassem as opções possíveis na selecção das soluções a implementar e repensassem as razões que determinam a escolha dos equipamentos de desidratação mecânica das lamas de forma a diminuir não só os custos de investimento como também os custos de exploração das infra-estruturas associadas aos serviços de drenagem e tratamento de águas residuais, os quais acabam por ser reflectidos nos impostos e nas tarifas pagas pelos contribuintes.

6. Bibliografia

- AdC - Águas do Centro, S.A. (2004). Remodelação da ETAR de Pedrogão Grande
- Antakyali, D., & Rölle, R. (2010). Energetic aspects regarding the sewage and sludge treatment process of WWTPS. *International Sustainable Water and Wastewater Management Symposium*. Acedido em 24 de Junho de 2011, em: <http://www.goetzelmann-partner.de>
- Antunes, R. M. V. (2006). *Contribuição para o estudo de odores em estações de tratamento de águas residuais urbanas* (Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Sanitária). Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. 299pp.
- C. M. de Pedrogão Grande (1998). Memória Descritiva do Projecto de Reabilitação do Sistema de Tratamento de Águas Residuais de Pedrogão Grande - Volume I / Tomo I
- C. M. de Setúbal (2002). Concepção/Construção do Sistema de Tratamento e Destino Final das Águas Residuais de Setúbal
- Decreto-lei nº 152/97, de 19 de Junho - DR 139/97 SÉRIE I-A de 1997-06-19. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional de Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto - Estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos (Rectificação: Declaração de rectificação n.º 22-C/98, de 30 de Novembro Nota: Este diploma foi parcialmente revogado pelo Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro, com efeitos a partir de 25/12/2003)
- Decreto-Lei n.º149/2004, de 22 de Junho - Altera o Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, que transpõe para o direito interno a Directiva 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio, relativa ao tratamento das águas residuais urbanas, e aprovou uma lista de identificação de zonas sensíveis e de zonas menos sensíveis, bem como respectivo mapa, constantes do anexo II ao referido diploma legal.
- Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de Outubro de 2009, altera o Decreto-Lei n.º 118/2006, de 21 de Junho, que transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de Junho, relativa à valorização agrícola de lamas de depuração, de modo a evitar efeitos nocivos para o homem, para a água, para os solos, para a vegetação, para os animais e o ambiente em geral, promovendo a sua correcta utilização
- European Commission. (2001). *Disposal and recycling routes for sewage sludge, Part 3 – Scientific and technical report*. Acedido em 6 de Agosto de 2011, em: http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/sludge_disposal3.pdf
- Eurostat. (2009). *Sustainable development in the European Union - 2009 monitoring report on the EU sustainable development strategy* (Statistical books). Acedido em 26 de Junho de 2011, em: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- Eurostat. (2011). Eurostat - Tables, Graphs and Maps Interface (TGM) table., Acedido em 26 de Junho de 2011, em: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=tsdc_c310
- IGAOT. (2008). *Gestão de Lamas de Depuração – Urbanas e de composição similar*. Acedido em 20 de Abril de 2011, em: <http://www.igaot.pt/wp-content/uploads/2010/02/Lamas.pdf>
- INE. (2010). *Estatísticas do Ambiente 2009*. Lisboa-Portugal. Acedido em 12 de Abril de 2011, em: <http://www.ine.pt>

- INSAAR. (2008). *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e da Drenagem e Tratamento de Águas Residuais*. Acedido em 22 de Junho de 2011, em: <http://insaar.inag.pt/bo/contents/resultadosrelatorios/12698825052227.pdf>
- INSAAR. (2009). *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e da Drenagem e Tratamento de Águas Residuais*. Acedido em 12 de Junho de 2011, em: <http://insaar.inag.pt/bo/contents/resultadosrelatorios/12766336755026.pdf>
- Kroiss, H., & Zessner, M. (2005). Sustainable sludge management. *European Water Association, (Wastewater treatment and WFD implementation in CEE Danube countries)*, 58-66. Acedido em 8 de Junho de 2011, em: http://www.ewaonline.de/downloads/Bratislava_4_Zessner.pdf
- Metcalf & Eddy (1991). *Wastewater engineering: Treatment, Disposal and Reuse* (3th Ed.). Revista por Tchobanoglous, G. and Burton, F.L., International Ed., McGraw-Hill, Inc.
- Moonkhum, M. (2007). *AEROBIC DIGESTION OF WASTE ACTIVATED SLUDGE WITH ULTRASONIC PRETREATMENT*. Asian Institute of Technology.
- Novak, J. (2006). Dewatering of Sewage Sludge. *Drying Technology*, 24(10), 1257-1262. Acedido em 14 de Abril de 2011, em: <http://www.informaworld.com>
- Pilli, S., Bhunia, P., Yan, S., LeBlanc, R. J., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2011). Ultrasonic pretreatment of sludge: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(1), 1-18. doi:doi: 10.1016/j.ultsonch.2010.02.014
- Shammas, N. K., & Wang, L. K. (2007a). Belt filter presses. *Biosolids Treatment Processes*, 519-539. Acedido em 14 de Abril de 2011, em: <https://springerlink3.metapress.com>
- Shammas, N. K., & Wang, L. K. (2007b). Pressure Filtration. *Biosolids Treatment Processes*, 541-581. Acedido em 14 de Abril de 2011, em: <https://springerlink3.metapress.com>
- SIMLIS, S.A. (2002). *Memória Descritiva e Justificativa do Processo de Tratamento e Equipamento, Projecto Base da ETAR de Fátima*
- SIMRIA, S.A. (1999). *Memória Descritiva e Justificativa do Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro - ETAR Norte*
- SNF FLOERGER. (2011). Sludge dewatering. Acedido em 7 de Agosto de 2011, em: http://www.snf-group.com/IMG/pdf/Water_Treatment_3_E.pdf
- Turovskiy, I. S., & Mathai, P. K. (2006). *Wastewater sludge processing*. John Wiley and Sons.
- USEPA (1987). *Dewatering Municipal Wastewater Sludges: Design Manual*. EPA/625/1-87/014. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development: Washington, DC.
- <http://www.aguasdosado.pt>
- <http://www.aguasdocentro.pt>
- <http://www.simria.pt>
- <http://www.simlis.pt>
- <http://www.skyscrapercity.com>

ANEXO I - Registo dos caudais de água residual tratada

Meses	ETAR de Pedrógão Grande			ETAR de Fátima			ETAR de Setúbal			ETAR Norte da SIMRIA		
	Caudal médio mensal (m³/mês)	Caudal médio diário (m³/d)	Nº. De dias facturados	Caudal médio mensal (m³/mês)	Caudal médio diário (m³/d)	Nº. De dias facturados	Caudal médio mensal (m³/mês)	Caudal médio diário (m³/d)	Nº. De dias facturados	Caudal médio mensal (m³/mês)	Caudal médio diário (m³/d)	Nº. De dias facturados
Jan-09	9 238	298	31	72 605	2 420	30	339 597	10 955	31	957 492	35 463	27
Fev-09	9 420	336	28	49 850	1 780	28	310 132	11 074	28	1 416 739	45.701	31
Mar-09	9 793	316	31	51 725	1 669	31	300 271	9 689	31	900 244	32 152	28
Abr-09	6 871	229	30	56 484	1 883	30	202 141	6 739	30	910 694	29 377	31
Mai-09	3 513	113	31	63 601	2 052	31	255 332	8 238	31	789 071	26 302	30
Jun-09	9 091	303	30	54 987	1 833	30	264 065	8 803	30	742 292	23 945	31
Jul-09	9 914	320	31	52 698	1 700	31	294 036	9 485	31	707 633	23 588	30
Ago-09	9 855	318	31	66 402	2 142	31	302 372	9 754	31	747 133	24 101	31
Set-09	9 212	307	30	55 273	1 842	30	294 978	9 830	30	759 738	24 508	31
Out-09	9 262	299	31	63 002	1 969	32	360 814	11 639	31	815 055	27 169	30
Nov-09	10 777	359	30	58 349	1 945	30	341 665	11 389	30	1 268 745	36 250	35
Dez-09	6 255	202	31	60 065	2 002	30	398 052	12 840	31	1 556 258	50 202	31
Total	103 201	3 400	365	705 041	23 237	364	3 663 455	120 435	365	11 571 094	378 757	366

Jan-10	10 177	328	31	60 370	1 947	31	419 070	13 518	31	1 609 804	51 929	31
Fev-10	8 549	305	28	71 691	2 560	28	356 402	12 726	28	1 526 980	54 535	28
Mar-10	10 000	323	31	65 043	2 098	31	461 465	14 890	31	1 327 365	42 818	31
Abr-10	9 752	325	30	69 142	2 305	30	375 028	12 502	30	1 278 512	42 617	30
Mai-10	8 603	278	31	63 084	2 035	31	367 987	11 873	31	1 007 635	32 504	31
Jun-10	11 548	385	30	55 845	1 862	30	356 998	11 901	30	722 193	24 073	30
Jul-10	10 195	329	31	52 969	1 709	31	366 381	11 819	31	818 849	26 414	31
Ago-10	2 505	81	31	64 817	2 091	31	342 446	11 047	31	747 655	24 118	31
Set-10	8 315	277	30	58 898	1 963	30	346 468	11 546	30	351 130	11 704	30
Out-10	7 916	255	31	82 035	2 564	32	306 930	9 901	31	953 298	30 752	31
Nov-10	8 562	285	30	61 240	2 112	29	389 934	12 998	30	1 188 545	39 618	30
Dez-10	8 123	262	31	76 280	2 461	31	473 568	15 276	31	1 638 731	52 862	31
Total	104 245	3.433	365	781 414	25 707	365	4 562 677	149 997	365	13 170 697	433 946	365

ANEXO II - Quantidade de lamas desidratadas nas ETAR

Meses	ETAR de Pedrógão Grande		ETAR de Fátima		ETAR de Setúbal		ETAR Norte da SIMRIA	
	Quantidade mensal (ton/mês)	Quantidade diária (kg/d)	Quantidade mensal (ton/mês)	Quantidade diária (kg/d)	Quantidade mensal (ton/mês)	Quantidade diária (kg/d)	Quantidade mensal (ton/mês)	Quantidade diária (kg/d)
Jan-09								
Fev-09								
Mar-09								
Abr-09								
Mai-09								
Jun-09								
Jul-09								
Ago-09								
Set-09								
Out-09								
Nov-09								
Dez-09								
Total	193	2 800	808	6 733	5 698	27 394	4 945	19 021

Jan-10								
Fev-10								
Mar-10								
Abr-10								
Mai-10								
Jun-10								
Jul-10								
Ago-10								
Set-10								
Out-10								
Nov-10								
Dez-10								
Total	345	3 164	1 568	8 711	6 754	32 471	6 582	25 315

ANEXO III - Consumos e custos de energia total das ETAR

Meses	ETAR de Pedrógão Grande		ETAR de Fátima		ETAR de Setúbal		ETAR Norte da SIMRIA	
	Energia Total (kWh)	Custo Total (€)	Energia Total (kWh)	Custo Total (€)	Energia Total (kWh)	Custo Total (€)	Energia Total (kWh)	Custo Total (€)
Jan-09	39 752	3 105 €					220 463	19 243 €
Fev-09	33 234	3 018 €					196 199	17 084 €
Mar-09	23 892	2 248 €					192 876	16 526 €
Abr-09	33 569	3 103 €					204 952	16 290 €
Mai-09	24 573	2 351 €					213 805	17 574 €
Jun-09	23 898	2 265 €					225 907	17 365 €
Jul-09	39 469	2 741 €					195 928	15 778 €
Ago-09	46 930	3 094 €					250 652	21 107 €
Set-09	49 486	3 267 €					230 191	18 024 €
Out-09	45 269	3 151 €					229 739	17 724 €
Nov-09	47 547	3 639 €					237 091	19 202 €
Dez-09	33 808	2 699 €					255.088	21 255 €
Total	441 427	34 681 €	1 010 959	113 569 €	2 653 910	204 856 €	2 652 891	217 172 €
€/kWh	0,08 €		0,11 €		0,08 €		0,08 €	

Jan-10	31 277	2 647 €					220 463	19 243 €
Fev-10	32 500	2 928 €					196 199	17 084 €
Mar-10	28 825	2 333 €					192 876	16 526 €
Abr-10	35 882	2 768 €					204 952	16 290 €
Mai-10	35 174	2 563 €					213 805	17 574 €
Jun-10	39 863	2 936 €					225 907	17 365 €
Jul-10	40 062	2 998 €					195 928	15 778 €
Ago-10	42 601	3 194 €					250 652	21 107 €
Set-10	36 745	2 813 €					230 191	18 024 €
Out-10	30 005	2 349 €					229 739	17 724 €
Nov-10	34 589	2 761 €					237 091	19 202 €
Dez-10	23 239	1 972 €					255 088	21 255 €
Total	410 762	32 262 €	903 131	104 495 €	2 627 120	197 945 €	2 652 891	217 172 €
€/kWh	0,08 €		0,12 €		0,08 €		0,08 €	

ANEXO IV - Consumos e custos de exploração de energia nas ETAR

Equipamentos associados à desidratação de lamas - ETAR de Fátima	Potência total (kW)	Tempo funcionamento (h/d)		Energia consumida (kWh)		Energia consumida por ano (kWh/ano)		Custo unitário / kWh		Custo (€)	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Motor de accionamento da centrífuga	22	6	8	132,00	176,00	15 840,00	31 680,00	0,11 €	0,12 €	1 779,44 €	3 665,48 €
Unidade de preparação de polímero (agitador+bomba de alimentação)	1,1	6	8	6,60	8,80	792,00	1 584,00	0,11 €	0,12 €	88,97 €	183,27 €
Doseador de polímero	0,46	6	8	2,76	3,68	331,20	662,40	0,11 €	0,12 €	37,21 €	76,64 €
Bomba de alimentação de lamas	2,47	6	8	14,82	19,76	1 778,40	3 556,80	0,11 €	0,12 €	199,78 €	411,53 €
Total				156,18	208,24	18 741,60	37 483,20			2 105,40 €	4 336,93 €

Equipamentos associados à desidratação de lamas - ETAR de Pedrógão Grande	Potência total (kW)	Tempo funcionamento (h/d)		Energia consumida (kWh)		Energia consumida por ano (kWh/ano)		Custo unitário / kWh		Custo (€)	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Motor de accionamento do filtro de banda	0,37	7	6	2,55	2,28	175,75	248,27	0,08 €	0,08 €	13,81 €	19,50 €
Bomba de lavagem das telas	3,5	7	6	24,09	21,55	1 662,50	2 348,50	0,08 €	0,08 €	130,62 €	184,46 €
Bomba de alimentação de lamas	1,5	7	6	10,33	9,23	712,50	1 006,50	0,08 €	0,08 €	55,98 €	79,05 €
Unidade de preparação de polímero (agitador+bomba de alimentação)	1,3	7	6	8,95	8,00	617,50	872,30	0,08 €	0,08 €	48,51 €	68,51 €
Doseador de polímero	manual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total				45,92	41,06	3 168,25	4 475,57			248,92 €	351,52 €

Equipamentos associados à desidratação de lamas - ETAR de Setúbal	Potência total (kW)	Tempo funcionamento (h/d)		Energia consumida (kWh)		Energia consumida por ano (kWh/ano)		Custo unitário / kWh		Custo (€)	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Motor de accionamento das centrifugas	55	12	12	660,00	660,00	137 280,00	137 280,00	0,08	0,08	10 982,40 €	10 982,40 €
Unidade de preparação de polímero (agitador+bomba de alimentação)	1,3	12	12	15,60	15,60	3 244,80	3 244,80	0,08	0,08	259,58 €	259,58 €
Doseador de polímero	0,22	12	12	2,640	2,64	549,12	549,12	0,08	0,08	43,93 €	43,93 €
Bomba de alimentação de lamas	3	12	12	36,00	36,00	7 488,00	7 488,00	0,08	0,08	599,04 €	599,04 €
Total				714,24	714,24	148 561,92	148 561,92			11 884,95 €	11 884,95 €

Equipamentos associados à desidratação de lamas - ETAR Norte da SIMRIA	Potência total (kW)	Tempo funcionamento (h/d)		Energia consumida (kWh)		Energia consumida por ano (kWh/ano)		Custo unitário / kWh		Custo (€)	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Motor de accionamento do filtro de banda	2,2	24	24	52,80	52,80	13 728,00	13 728,00	0,08 €	0,08 €	1 123,81 €	1 123,81 €
Bomba de lavagem das telas	5,5	24	24	132,00	132,00	34 320,00	34 320,00	0,08 €	0,08 €	2 809,52 €	2 809,52 €
Bomba de alimentação de lamas	4	24	24	96,00	96,00	24 960,00	24 960,00	0,08 €	0,08 €	2 043,29 €	2 043,29 €
Compressor para correcção do desvio das telas	1,5	24	24	36,00	36,00	9 360,00	9 360,00	0,08 €	0,08 €	766,23 €	766,23 €
Unidade de preparação de polímero (agitador+bomba de alimentação)	3,25	24	24	78,00	78,00	20 280,00	20 280,00	0,08 €	0,08 €	1 660,17 €	1 660,17 €
Doseador de polímero	0,75	24	24	18,00	18,00	4 680,00	4 680,00	0,08 €	0,08 €	387,12 €	387,12 €
Total				412,80	412,80	107 328,00	107 328,00			8 786,14 €	8 786,14 €