



Projeto  
Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

# Avaliação de desempenho de ETAR urbanas

**Sandra Cristina Alves Jorge**

*Leiria, março de 2016*



Projeto  
Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Avaliação de desempenho de ETAR urbanas

**Sandra Cristina Alves Jorge**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação da Doutora Helena Manuela Pala Dias de Sousa Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria

*março de 2016*

# Agradecimentos

---

À SIMLIS empresa onde iniciei a minha vida profissional há 13 anos e pela qual continuo apaixonada.

Ao Engenheiro Tedi Oliveira e à Engenheira Joana Vieira que fazem comigo a melhor equipa do mundo. Aliando a capacidade técnica ao respeito pelos colaboradores e à boa disposição, tornando a vida profissional um feliz desafio.

Ao Engenheiro José Luis Caseiro que foi a primeira pessoa a acreditar em mim e cujos valores que me transmitiu nunca esquecerei.

À Professora Helena Pala Dias de Sousa agradeço por ter sido, desde o primeiro dia que a conheci, uma inspiração.

À Rita Ribeiro pelo companheirismo e pela enorme capacidade em evoluir.

Agradeço a todos os colaboradores da SIMLIS porque cada um, à sua maneira, tornaram a minha vida profissional sempre feliz e desafiante.

Ao meu irmão, que é apenas o melhor irmão do mundo e um engenheiro do Ambiente extremamente competente.

Ao meu marido Telmo e meu filho Raúl, que não entendendo nada de tratamento de águas, são uma inspiração constante.

Por fim, e não menos importante, agradeço aos meus pais, por me terem transmitido os valores pelos quais me rejô na vida profissional e pessoal. Se sou lutadora, perseverante e muito feliz é a eles que devo.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Resumo

---

Na última década, a necessidade da definição de objectivos de gestão por parte das entidades gestoras, e a correspondente necessidade de verificação do cumprimento dos objectivos estabelecidos, levaram à implementação de iniciativas para o estudo e desenvolvimento de metodologias no domínio de avaliação de desempenho dos serviços de saneamento.

O presente trabalho tem como principal objectivo, a avaliação do desempenho das nove infraestruturas em exploração pela SIMLIS, SA, tendo-se seleccionado, para este efeito, doze indicadores de desempenho, distribuídos pelos domínios da qualidade da água tratada; da eficiência e fiabilidade da ETAR; da utilização de água, energia e materiais; e da gestão de subprodutos. Como aspectos da avaliação de desempenho foram seleccionados, a conformidade com a licença de descarga, a qualidade da água rejeitada no meio recetor, a eficiência global da ETAR, o consumo de energia, o consumo de reagentes, a utilização de águas residuais tratadas, a produção e valorização de lamas e a produção de biogás. Para o processo de avaliação de desempenho, definiu-se um período de análise de um ano, nomeadamente o ano de 2013, para o qual se estabeleceram metas para cada um dos indicadores a avaliar.

Conclui-se que a avaliação de desempenho é uma ferramenta essencial à gestão, pois permitiu analisar, não só o desempenho global da entidade gestora, mas também, avaliar o desempenho individual de cada uma das infraestruturas. Foi ainda possível, em alguns casos, avaliar o desempenho das ETAR em função do tipo de processo de tratamento utilizado. O uso adequado desta ferramenta de avaliação de desempenho permitiu à SIMLIS, de uma forma mais eficiente, aplicar acções correctivas quando identificados problemas e otimizar recursos, sendo usada como ferramenta de apoio à decisão.

*Palavras-chave: Indicador de desempenho, desempenho operacional, variável, ETAR*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Abstract

---

In the last decade, the need to define management objectives by management entities, and the corresponding need for verification of compliance with the objectives set, led to the implementation of initiatives for the study and development of methods for performance evaluation area of sanitation services.

This work has as main objective the evaluation of performance of the nine infrastructure in operation by SIMLIS, SA, having been selected for this purpose, twelve performance indicators, distributed by areas of treated water quality; efficiency and reliability of the treatment plant; the use of water, energy and materials; and byproducts management. As performance evaluation points were selected in accordance with the downloading of license, water quality rejected in the middle receptor, the overall efficiency of the WWTP, power consumption, reagent consumption, the use of treated waste water, the production and recovery of sludge and biogas production. For the performance evaluation process, defined a review period of a year, namely the year 2013, for which it set targets for each indicator to evaluate.

It is concluded that the performance evaluation is an essential tool for management because it allowed to analyze not only the overall performance of the management company, but also to evaluate the individual performance of each infrastructure. It was possible in some cases to evaluate the performance of the wastewater treatment plant according to the type of treatment process used. Proper use of this performance assessment tool allowed SIMLIS, more efficiently, implement corrective actions when problems identified and optimize resources, being used as a decision support tool.

*Keywords: performance indicator , operating performance , variable, WWTP*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Índice de Figuras

---

Figura 1- Mapa do Sistema Multimunicipal de Saneamento do Lis (SIMLIS, 2012). .....	4
Figura 2- Imagem geral da ETAR Norte (SIMLIS, 2012). .....	6
Figura 3 - Esquema simplificado dos processos de tratamento da ETAR Norte (SIMLIS, 2014).....	7
Figura 4 - Libertação e remoção de fósforo e de CBO5 sob condições anaeróbias e aeróbias. (Qasin, 1999).....	9
Figura 5 - Esquema geral de tratamento da ETAR de Olhalvas (SIMLIS, 2014) .....	12
Figura 6 - Imagem dos reatores biológicos, ETAR de Olhalvas (SIMLIS, 2010).....	13
Figura 7 - Remoção biológica de azoto (adaptado de Jeyanayagam, 2005).....	13
Figura 8 - Sequencia reator anóxico – reator aeróbio. Principais características e reações associadas (Mano, P. 2014) .....	14
Figura 9 - Imagem geral, ETAR de Zona Industrial da Marinha Grande (SIMLIS, 2014)..	17
Figura 10 - Esquema geral de tratamento, ETAR de de Zona Industrial da Marinha Grande (SIMLIS, 2014).....	17
Figura 11 - Imagem geral da ETAR de Juncal (SIMLIS, 2008).....	19
Figura 12 - Esquema geral de tratamento, ETAR de Juncal (SIMLIS, 2014) .....	19
Figura 13 - Imagem geral, ETAR de Fátima (SIMLIS, 2010).....	22
Figura 14 - Esquema geral de tratamento, ETAR de Fátima (SIMLIS, 2014).....	22
Figura 15 - Imagem geral, ETAR de Pedreiras (SIMLIS, 2008) .....	24
Figura 16 - Esquema geral de tratamento, ETAR de Pedreiras (SIMLIS, 2014).....	25
Figura 17 - Imagem lagoa facultativa ETAR de Vieira de Leiria de Leiria (SIMLIS, 2008) .....	26
Figura 18 - Esquema geral de tratamento, ETAR de Vieira de Leiria de Leiria (SIMLIS, 2014).....	26
Figura 19 - Equema representativo lagoa facultativa (adaptado de GLOYNA, 1972) .....	27
Figura 20 - Imagem geral, ETAR de Praia de Pedrogão (SIMLIS, 2008) .....	29
Figura 21 - Esquema geral de tratamento da ETAR de Praia de Pedrogão (SIMLIS, 2014).....	29
Figura 22 - Imagem trincheiras de infiltração ETAR S. Pedro de Moel (SIMLIS, 2014) ...	30
Figura 23 - Esquema geral de tratamento, ETAR de S. Pedro de Moel (SIMLIS, 2014) . ...	31
Figura 24 - Componentes do sistema de avaliação da qualidade do serviço, segundo a ERSAR .....	40
Figura 25 - Metodologia de desenvolvimento de um sistema de avaliação de desempenho	41
Figura 26 - Sistema de avaliação de desempenho de ETAR (adaptado de Vieira <i>et al.</i> , 2009) .....	43
Figura 27 - Domínios de avaliação de desempenho de ETAR (adaptado de Vieira <i>et al.</i> , 2009).....	44
Figura 28 - % de utilização das ETAR em termos de população equivalente .....	57
Figura 29 - % de Utilização de ETAR em termos de caudal no ano 2013 .....	63

Figura 30 - Concentração de CBO <sub>5</sub> no efluente tratado – ETAR com processo arejamento convencional .....	70
Figura 31 - Concentração de CBO <sub>5</sub> no efluente tratado – ETAR com lamas ativadas em regime de arejamento prolongado.....	70
Figura 32 - Concentração de CBO <sub>5</sub> no efluente tratado – ETAR com processo de lagunagem.....	70
Figura 33 - Concentração de SST no efluente tratado – ETAR com processo arejamento convencional .....	73
Figura 34 - Concentração de SST no efluente tratado – ETAR com processo de arejamento prolongado .....	74
Figura 35 - Concentração de SST no efluente tratado – ETAR com processo de lagunagem.....	74

# Índice de Tabelas

---

Tabela 1- Caraterização das ETAR em exploração pela empresa SIMLIS, SA .....	5
Tabela 2- Parâmetros de caraterização de tratamento de lamas ativadas de média carga (Mano, 2014).....	8
Tabela 3 - Parâmetros de caraterização de tratamento de lamas ativadas de baixa carga (Mano, 2014).....	21
Tabela 4 - Critérios de dimensionamento da ETAR de Juncal (Juncal, 2004) .....	21
Tabela 5 - Banda de fiabilidade da fonte de informação .....	45
Tabela 6 - Banda de exactidão dos dados .....	45
Tabela 7 - Indicadores de desempenho de ETAR no domínio Qualidade de água residual..	47
Tabela 8 - Indicadores de desempenho de ETAR no domínio Eficiência e fiabilidade .....	47
Tabela 9 - Indicadores de desempenho de ETAR no domínio Utilização de água, energia e materiais.....	47
Tabela 10 - Indicadores de desempenho de ETAR no domínio Gestão de Subprodutos.....	48
Tabela 11 - Variáveis a apurar para determinação dos indicadores seleccionados.....	53
Tabela 12 - Análises requeridas (wwtpV01) e Análises realizadas (wwtpV02) no ano de 2013 .....	55
Tabela 13 - Equivalente de população com tratamento satisfatório com licença de descarga válida (wwtpV03) e equivalente de população servido por estações de tratamento (wwtpV05) no ano 2013.....	56
Tabela 14 - Variáveis relativas à produção e valorização de lamas (wwtpV06, wwtpV07, wwtpV08, wwtpV10) no ano de 2013.....	57
Tabela 15 - Produção de energia (wwtpV11) no ano 2013 .....	59
Tabela 16 - Consumo de energia (wwtpV12) no ano 2013 .....	59
Tabela 17 - Volume de água residual tratada utilizada para uso próprio (wwtpV14) no ano 2013 .....	60
Tabela 18 - Lamas produzidas em ETAR (wwtpV15) no ano 2013 .....	61
Tabela 19 - Água residual tratada (wwtpV16) no ano 2013.....	62
Tabela 20 - Biogás produzido em ETAR (wwtpV17) no ano 2013.....	63
Tabela 21 - Sólidos Voláteis convertidos (wwtpV18) no ano 2013.....	64
Tabela 22 - Polímero consumido em ETAR (wwtpV19) e Sólidos desidratados em ETAR (wwtpV20) no ano de 2013.....	65
Tabela 23 - Concentração de CQO no afluente às ETAR (wwtpV21) no ano de 2013 .....	67
Tabela 24 - Concentração de CQO no efluente tratado nas ETAR (wwtpV22) no ano de 2013 .....	67
Tabela 25 - Concentração de CBO <sub>5</sub> no afluente às ETAR (wwtpV23) no ano 2013.....	69
Tabela 26 - Concentração de CBO <sub>5</sub> no efluente tratado nas ETAR (wwtpV24) no ano 2013 .....	69
Tabela 27 - Concentração de SST no afluente às ETAR (vwwtpV25) no ano de 2013.....	71
Tabela 28 - Concentração de SST no efluente tratado nas ETAR (wwtpV26) no ano 2013 .....	72
Tabela 29 - Resultados de variáveis, fiabilidade e exactidão dos dados .....	75

Tabela 30 - Resultados obtidos para os indicadores avaliados (avaliação do sistema).....	76
Tabela 31 - Resultados para o indicador produção própria de energia (wwtpPI04), no ano 2013 (análise por ETAR).....	78
Tabela 32 - Resultados para o indicador utilização de água tratada (wwtpPI05) no ano 2013 (análise por ETAR).....	79
Tabela 33 - Resultados para o indicador produção de lamas em ETAR (wwtpPI06) no ano 2013 (análise por ETAR).....	80
Tabela 34 - Resultados para o indicador produção de biogás em ETAR (wwtpPI07) no ano 2013 (análise por ETAR).....	81
Tabela 35 - Resultados para o indicador consumo de polímero (wwtpPI08) no ano 2013 (análise por ETAR).....	82
Tabela 36 - Resultados por ETAR para o indicador consumo de energia no tratamento de águas residuais(wwtpPI09) no ano 2013 (análise por ETAR).....	83
Tabela 37 - Resultados por ETAR para o indicado eficiência mássica de CQO (wwtpPI10) no ano 2013 (análise por ETAR).....	85
Tabela 38 - Resultados por ETAR para o indicador eficiência mássica de CBO5 (wwtpPI11) no ano 2013 (análise por ETAR).....	86
Tabela 39 - Resultados por ETAR para o indicador eficiência mássica de SST (wwtpPI12) no ano 2013 (análise por ETAR).....	87

# Lista de Siglas

---

AT – Afluente bruto  
A/M – Carga Mássica  
A/V – Carga orgânica  
CO – Compostagem  
CQO – Carência Química de Oxigénio  
CBO<sub>5</sub>- Carência Bioquímicaquímica de Oxigénio  
CH<sub>4</sub> - Metano  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono  
ET – Efluente tratado  
ESB – Efluente suínicoasuínico bruto  
EE – Estação Elevatória  
EG – Entidade Gestora  
e.p. – Equivalente Populacional  
EPA – *Environmental Protection Agency, dos Estados Unidos da América*  
H<sub>2</sub> – Hidrogénio  
H<sub>2</sub>S – Ácido Sulfídrico  
ID – Indicador de desempenho  
MS – Matéria Seca  
N<sub>2</sub> - Azoto  
RA – Reutilização de água  
SV – Sólidos Voláteis  
SST – Sólidos Suspensos Totais  
VA – Valorização agrícola  
VLE – Valor limite de emissão

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Índice

---

<b>AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ETAR URBANAS .....</b>	<b>I</b>
<b>AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ETAR URBANAS .....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE SIGLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>XIV</b>
<b>ENQUADRAMENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
1.1. ETAR NORTE .....	6
1.2. ETAR DE OLHALVAS .....	12
1.3 ETAR DE ZONA INDUSTRIAL DE MARINHA GRANDE .....	16
1.4 ETAR DE JUNCAL .....	19
1.5 ETAR DE FÁTIMA .....	22
1.6 ETAR DE PEDREIRAS .....	24
1.7 ETAR DE VIEIRA DE LEIRIA .....	26
1.8 ETAR DE PRAIA DE PEDROGÃO .....	28
1.9 ETAR DE S. PEDRO DE MOEL .....	30
<b>ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>32</b>
2.1. QUALIDADE DO SERVIÇO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS EM PORTUGAL.....	32
2.2. METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO A NÍVEL INTERNACIONAL.....	34
2.3. 2ª GERAÇÃO DO SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO .....	38
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
4.1 METOLOGIA DE SELEÇÃO DOS INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO...	42
4.2 EXATIDÃO E FIABILIDADE .....	45
4.3 SELEÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO.....	46
<b>DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
5.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DAS VARIÁVEIS .....	54
5.2 INDICADORES DE DESEMPENHO .....	76
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>94</b>

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Enquadramento

---

A SIMLIS finalizou no ano de 2008 a construção das infraestruturas do sistema Multimunicipal do Lis, encontrando-se à data numa fase de exploração plena. O objectivo global da empresa é a recolha, transporte, tratamento e rejeição dos efluentes dos municípios de Leiria, Batalha, Marinha Grande, Ourém e Porto de Mós, cumprindo integralmente as disposições legais aplicáveis bem como as exigências específicas, constantes das Licenças de descarga, emitidas pela Agência Portuguesa do Ambiente. No entanto, há actualmente outros desafios que se colocam, e que devem ser abordados, nomeadamente no que diz respeito à responsabilidade das entidades desta área de negócio na gestão energética, no consumo de reagentes, na gestão de resíduos e na capacidade de utilização das infraestruturas. De modo a aferir o desempenho de um sistema e permitir a tomadas de decisão que permitam a optimização dos processos e dos recursos mencionados anteriormente, afigura-se conveniente a aplicação de um sistema de avaliação de desempenho, que permita avaliar o desempenho das nove ETAR da SIMLIS, nos vários âmbitos considerados essenciais, nomeadamente na qualidade do efluente tratado, energia consumida e produzida e reagentes consumidos.

A avaliação de desempenho é vista como uma ferramenta com um enorme potencial, sendo aplicada por vários tipos de entidades. Englobam-se neste grupo as entidades gestoras, os municípios, as entidades reguladoras e as entidades financiadoras (Alegre, 2004).

No caso das entidades gestoras, a avaliação de desempenho é extramente útil uma vez que facilita a gestão, já que permite disponibilizar as informações chave para as tomadas de decisão, e proporciona uma melhor monitorização das consequências das decisões dos gestores. Um sistema de indicadores bem aplicados permite ainda identificar os pontos fortes e as fragilidades da organização, permitindo adotar atempadamente medidas corretivas com vista ao aumento da produtividade e melhoria dos procedimentos e das rotinas de trabalho. Pode também ser facilitador na implementação de um sistema integrado de ambiente, qualidade e segurança, constituindo uma meio de valorização global da organização, dos colaboradores, dos utilizadores e do serviço prestado. Proporcionam também um suporte técnico a processos de auditoria à atividade da entidade gestora.

É ainda importante referir a importância do sistema de indicadores para a implementação de rotinas de *benchmarking*. O *benchmarking* pode ser efetuado internamente, permitindo a comparação do desempenho das várias instalações da organização, ou externamente,

avaliando o desempenho de instalações que operam em condições análogas, promovendo-se deste modo uma melhoria do desempenho das organizações (Alegre, 2004; Alegre, 2006). No presente projecto pretende-se recorrer ao *benchmarking* interno, de modo a permitir a comparação do desempenho das várias instalações de tratamento da SIMLIS .

Para além das entidades gestoras, a avaliação de desempenho é também uma ferramenta chave para as entidades reguladoras, permitindo avaliar com segurança o serviço prestado das entidades gestoras aos utilizadores. A nível nacional o regulador dos serviços de água e saneamento é a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR). A ERSAR é a entidade responsável por avaliar a qualidade do serviço prestado aos utilizadores de água e resíduos, permitindo a salvaguarda do interesse do consumidor. A ERSAR assenta o seu sistema de avaliação de desempenho num sistema de indicadores derivados do sistema da *Internacional Water Association* (IWA) (Batista, 2006).

No que diz respeito às entidades financiadoras, como por exemplo o Banco Mundial, utilizam o sistema de indicadores para efectuar comparações entre entidades gestoras, mas também para avaliar os investimentos efectuados sistemas de águas e águas residuais. Permite ainda, à instituição, a obtenção de informação para projectos, relatórios e outras publicações (Quadros, 2008).

Com o presente estudo pretende-se aplicar um sistema de indicadores de desempenho para todas as ETAR do sistema da empresa SIMLIS.

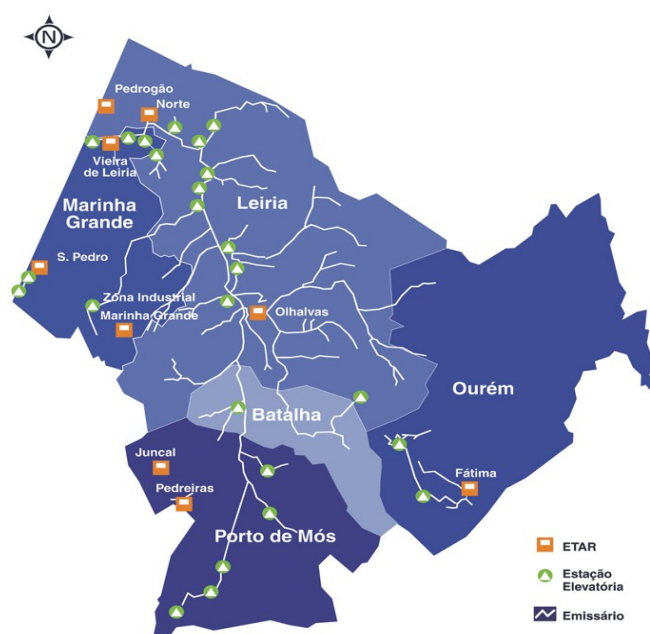
De modo a avaliar o desempenho das infraestruturas definiu-se um número de indicadores de desempenho, que permitem avaliar as condições de funcionamento e contribuem para a melhoria contínua, em termos de eficiência e eficácia, no serviço prestado aos utilizadores. O cálculo dos indicadores seleccionados foi efectuado para todas as infraestruturas, permitindo uma análise por ETAR e também uma análise global das ETAR.

# Introdução

---

No presente capítulo apresenta-se a SIMLIS, SA, empresa responsável pela exploração das nove ETAR em estudo, e descrevem-se os processos de tratamento que integram estas instalações.

A SIMLIS foi criada a 13 de Dezembro de 1999, pelo Decreto-Lei n.º 543/99, sendo responsável pela recolha, tratamento e rejeição dos efluentes dos municípios de Leiria, Marinha Grande, Ourém, Batalha e Porto de Mós (Figura 1). No horizonte de projeto, a SIMLIS tratará os efluentes gerados por 245324 habitantes, contabilizando cerca de 21 milhões de m<sup>3</sup>.



**Figura 1-** Mapa do Sistema Multimunicipal de Saneamento do Lis (SIMLIS, 2012).

As nove ETAR em exploração encontram-se distribuídas pelos cinco municípios servidos, designadamente, ETAR de Olhalvas, ETAR Norte e ETAR de Pedrogão, situadas no município de Leiria; ETAR de Zona Industrial Marinha Grande, ETAR de Vieira de Leiria e ETAR de S. Pedro de Moel, localizadas no concelho de Marinha Grande; ETAR de Juncal e ETAR de Pedreiras, localizadas no município de Porto de Mós e ETAR de Fátima, localizada no município de Ourém.

As principais características das ETAR em estudo encontram-se definidas na Tabela 1, sendo possível agrupar as instalações em três grupos, de acordo com o seu tipo de tratamento: as

Norte, ETAR de Olhalvas e Zona Industrial de Marinha Grande possuem um tratamento de lamas ativadas em regime de média carga ou convencional; as ETAR de Fátima, Pedreiras e Juncal um tratamento de baixa carga ou arejamento prolongado; e as ETAR de Vieira de Leiria, S. Pedro de Moel e Praia do Pedrogão, um tratamento de efluentes por lagunagem (Tabela 1). As condições particulares de funcionamento de cada instalação são apresentadas nas subsecções 1.1. a 1.9.

**Tabela 1-** Caraterização das ETAR em exploração pela empresa SIMLIS, SA

<b>ETAR</b>	<b>População equivalente de projeto</b>	<b>Caudal de Projeto</b>	<b>Tipo de tratamento</b>
<b>Norte</b>	248685	37997	Lamas ativadas em regime de média carga, digestão anaeróbia e cogeração
<b>Olhalvas</b>	49315	6250	Lamas ativadas em regime de média carga, digestão anaeróbia e cogeração
<b>Zona Industrial Marinha Grande</b>	14537	1500	Lamas ativadas em regime de média carga e espessamento
<b>Fátima</b>	33120	5193	Lamas ativadas em regime de baixa carga, espessamento e desidratação
<b>Pedreiras</b>	6087	1600	Lamas ativadas em regime de baixa carga, espessamento e desidratação
<b>Juncal</b>	2783	495	Lamas ativadas em regime de baixa carga e espessamento
<b>Vieira de Leiria</b>	15385	2175	Lagunagem
<b>S. Pedro de Moel</b>	9587	3595	Lagunagem
<b>Praia do Pedrogão</b>	16000	1832	Lagunagem

## **1.1. ETAR Norte**

A ETAR Norte irá tratar, no ano 2024, cerca de 37997 m<sup>3</sup>/dia, correspondendo a 248685 habitantes-equivalentes de uma zona que se estende por cerca de 40 km de Sul (Porto de Mós) para Norte (Monte Redondo), e 22 km de Oeste (Marinha Grande) para Este (Colmeias), incluindo grande parte da cidade de Leiria e os lugares dos concelhos da Marinha Grande, Batalha e Porto de Mós. À ETAR Norte afluem, também, lixiviados de aterro, de um aterro de resíduos sólidos urbanos e de resíduos industriais banais e efluentes de vários hospitais e clínicas.



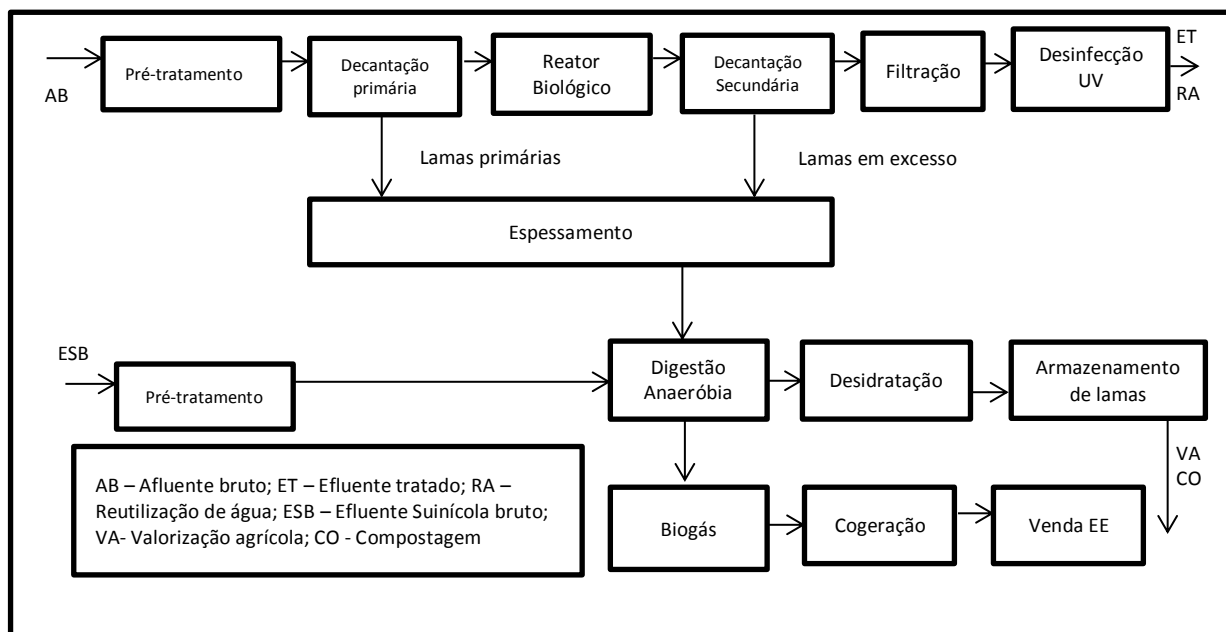
**Figura 2-** Imagem geral, ETAR Norte (SIMLIS, 2012).

A estação receberá águas residuais urbanas, incluindo efluentes domésticos, comerciais e industriais, e também efluentes de zonas industriais e efluentes de três estações de pré-tratamento de efluentes de suinicultura. Estas estações, localizadas em Batalha (Santo Antão), Várzea e Bidoeira, efectuarão o pré-tratamento dos efluentes de cerca de 216000 animais, reduzindo a sua carga orgânica, de matéria em suspensão, azoto e fósforo, descarregando os efluentes pré-tratados no Sistema Interceptor.

A ETAR Norte receberá também os efluentes não tratados de explorações de suinicultura na zona envolvente. Os efluentes suinícolas são encaminhados e tratados na fase sólida, em conjunto com as lamas produzidas no processo de tratamento da própria ETAR.

A ETAR possui duas zonas dedicadas à recepção de efluentes via auto-tanque. Nessas duas zonas poderão ser entregues efluentes de populações que ainda não possuem rede de saneamento básico e também efluentes provenientes de instalações de suinicultura. Os efluentes suínícolas encaminhados por auto-tanque são descarregados numa Unidade Compacta munida com dois Tamisadores, onde ocorre a remoção de sólidos grosseiros e areias. Após o pré-tratamento, os efluentes suínícolas da Unidade Compacta e da Fossa Sética são bombeados para o Tanque de Lamas Espessadas, e posteriormente elevados para os Digestores Anaeróbios, integrando o processo de digestão anaeróbia de lamas (ETAR Norte, 2003).

O processo de tratamento adotado para a ETAR Norte, considera três fases de tratamento, designadamente, tratamento da fase líquida, tratamento da fase sólida, tratamento da fase gasosa. Na Figura 3 encontram-se expressos, de forma simplificada, os processos de tratamento que integram cada uma destas fases.



**Figura 3** - Esquema geral de tratamento, ETAR Norte (SIMLIS, 2014)

Na etapa de pré-tratamento, através das operações de gradagem, desarenamento e desengorduramento, são removidos os sólidos de maiores dimensões, gradados, areias e óleos e gorduras que, pela sua natureza, poderiam causar perturbações nas etapas de tratamento a jusante. Os gradados e areias são encaminhados para o aterro e os óleos e

gorduras são bombeados para o separador de flutuantes e encaminhados para o tanque de lamas espessadas, de onde são elevados para a digestão anaeróbia.

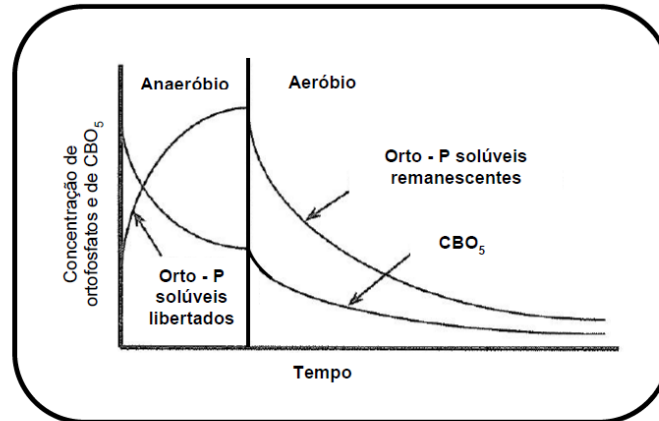
Terminado o pré-tratamento, o afluente pré-tratado aflui graviticamente à decantação primária, que tem como objetivo a remoção rápida de sólidos sedimentáveis e material flutuante, reduzindo a presença de sólidos suspensos pela separação das fases líquida e sólida. As lamas primárias resultantes desta etapa são encaminhadas para o tanque de homogeneização de lamas e posteriormente elevadas para os espessadores gravíticos. O efluente proveniente da decantação primária aflui por gravidade ao distribuidor de caudais dos reatores biológicos.

O tratamento biológico realizado na ETAR Norte é um processo de lamas ativadas que funciona em regime de média carga, segundo as características enunciadas na Tabela 2.

O caudal a tratar é repartido equitativamente por três reatores biológicos do tipo Phoredox (A/O). O sistema Phoredox é caracterizado por dois reatores em série, sendo que o primeiro, que recebe o efluente, é anaeróbio e assegura a remoção biológica de fósforo, e o segundo, aeróbio, assegura a degradação da matéria orgânica. Na Figura 4 apresenta-se o gráfico que representa a libertação e remoção de fósforo e de  $CBO_5$ , sob condições anaeróbias e aeróbias

**Tabela 2** - Parâmetros de caracterização de tratamento de lamas ativadas de média carga (Mano, 2014)

<b>Parâmetro</b>	<b>Sistema de média carga ou convencional</b>
Carga mássica (Kg $CBO_5$ /Kg MVS.dia)	0.2-0.5
Biomassa do reator (Kg/m <sup>3</sup> )	2.5 a 4.0
Idade de lamas (dia)	4 a 12



**Figura 4** - Libertação e remoção de fósforo e de  $CBO_5$  sob condições anaeróbicas e aeróbicas. (Qasin, 1999)

Concluída a etapa do tratamento biológico, o efluente afluí por gravidade ao distribuidor de caudais, alimentando os decantadores secundários.

A decantação secundária consiste na separação do efluente clarificado da biomassa microbiana produzida no tratamento biológico e dos sólidos suspensos que não foram removidos por decantação primária. Para que seja possível manter o equilíbrio de microrganismos no tanque de arejamento, parte das lamas secundárias é recirculada para o distribuidor de caudais dos reatores biológicos, assegurando o funcionamento do sistema em estado estacionário. As lamas secundárias em excesso são encaminhadas para o tanque de homogeneização de lamas e posteriormente espessadas em conjunto com as lamas primárias. Após o tratamento secundário, o efluente afluí ao tratamento terciário. Esta etapa é constituída pela filtração em filtros rápidos de areia e pela desinfecção por radiação ultravioleta. A filtração reduz o teor de sólidos suspensos no efluente e conseqüentemente aumenta a eficiência do processo de desinfecção. Uma parte do efluente tratado é reutilizado para rega dos espaços verdes da ETAR e lavagens.

O processo de desinfecção, no caso específico da ETAR Norte, é muito relevante nos meses de verão, devido à proximidade do ponto de descarga da ETAR Norte, no rio Lis, à zona balnear da praia da Vieira.

As lamas primárias e secundárias geradas nos processos de decantação da fase líquida são recebidas no Tanque de Homogeneização de Lamas, onde são misturadas de modo a obter uma suspensão homogénea.

As lamas homogeneizadas seguem depois para os espessadores, onde se promove a remoção de parte da fração líquida das lamas, reduzindo o seu volume e, por conseguinte, aumentando a sua concentração de sólidos. A redução do volume de lamas tem como

objetivo o aumento da eficiência e a redução dos custos das operações de tratamento subsequentes (Izrail & Mathai, 2006).

A concentração de lamas no espessador é assegurada por gravidade, permitindo um aumento de 2.5 – 8.0% na concentração de sólidos, em relação à lama primária (Gray,2005). As lamas espessadas são posteriormente encaminhadas para o Tanque de Lamas Espessadas, onde se juntam aos efluentes suinícolas e às gorduras resultantes do tratamento preliminar.

A partir do tanque de lamas espessadas, as lamas são elevadas aos digestores anaeróbios, onde se dá a decomposição da matéria orgânica e inorgânica por ação de microrganismos na ausência de oxigênio. Este processo envolve essencialmente três fases de degradação: Hidrólise, Acidogénese e Metanogénese (Izrail& Mathai, 2006).

A ETAR Norte dispõe de três digestores anaeróbios para funcionamento em regime mesófilo, a uma temperatura compreendida entre os 33 e os 35°C.

A temperatura dos Digestores afecta a eficiência do processo, particularmente em relação às etapas de Hidrólise e Metanogénese (Metcalf & Eddy, 2003). Na ETAR Norte o tempo de retenção estimado para a digestão é de 22 dias. O tempo de permanência nos digestores é um fator determinante pois é necessário garantir que as bactérias se conseguem reproduzir e metabolizar os sólidos voláteis no período disponibilizado; além disso, condiciona a duração das fases do processo (Hidrólise, Acidogénese e Metanogénese), conduzindo ao aumento ou decréscimo da duração de cada fase, em função do tempo de retenção estabelecido (Metcalf & Eddy, 2003).

Terminada a digestão anaeróbia, as lamas afluem graviticamente ou por bombagem ao silo de lamas digeridas, sendo posteriormente encaminhadas para a desidratação mecânica; o biogás integra a linha de tratamento da fase gasosa.

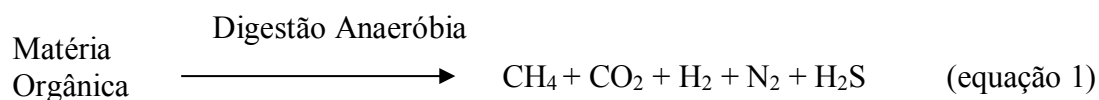
Na ETAR Norte, as lamas são desidratadas em centrífuga, após adição de polieletrólito, por forma a melhorar a eficiência do processo. Durante esta operação formam-se lamas desidratadas, com cerca de 25% de matéria seca, e escorrências da centrífuga.

As lamas desidratadas são encaminhadas para o silo de lamas desidratadas, e em caso de esgotamento do Silo, podem ser encaminhadas para o parque de lamas. Atendendo à produção de lamas prevista, o parque de lamas tem capacidade de armazenamento de 3 meses. As escorrências da centrífuga drenam para o poço de bombagem de escorrências, retornando ao tratamento preliminar (ETAR Norte, 2003).

O destino das lamas desidratadas é a valorização agrícola, de acordo com as disposições legais do Decreto-Lei 276/2009, de 2 de Outubro. Quando a qualidade das lamas não é compatível com a valorização agrícola podem ser encaminhadas para compostagem ou, em última alternativa, a deposição em aterro.

O tratamento da fase gasosa inicia-se durante o processo da digestão anaeróbia quando, pelo processo de digestão de lamas, se forma o biogás.

O Biogás formado é constituído essencialmente por: 65 – 70% de metano (CH<sub>4</sub>); 25 - 30% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); e pequenas quantidades de azoto (N<sub>2</sub>), hidrogénio (H<sub>2</sub>), ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S), vapor de água (H<sub>2</sub>O) e outros gases vestigiais (Metcalf & Eddy, 2003). A produção de biogás encontra-se esquematizada na Equação 1 (Gray, 2005).



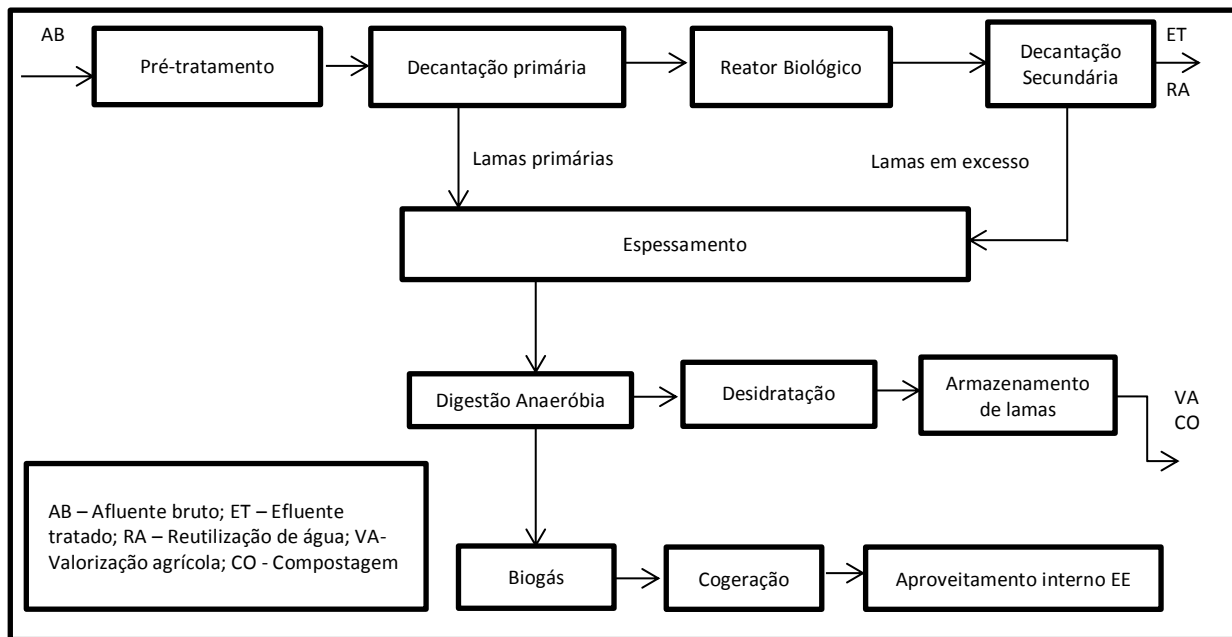
A produção de biogás é a medida mais direta e sensível da eficiência da digestão anaeróbia, sendo que um decréscimo nesta produção pode ser a primeira indicação de que o processo se encontra instável (Gray, 2005).

Na ETAR Norte, o aproveitamento energético do biogás é realizado através de um sistema de cogeração, que serve para a produção de energia térmica, utilizada para o aquecimento dos Digestores de Lamas, do edifício de exploração e respetivas águas quentes sanitárias; e de energia elétrica, que é vendida à rede elétrica nacional. O tratamento de biogás, antes do aproveitamento, de modo a reduzir as concentrações de ácido sulfídrico, é efetuado com recurso a um meio de carvão ativado, impregnado com Hidróxido de Sódio.

Quando os gasómetros estão cheios e os grupos cogeradores não estão trabalhar, por exemplo em situações de défice da qualidade do biogás, este é queimado na “Flare”, impedindo assim que se liberte para a atmosfera. Esta queima na “flare” só deverá acontecer em situações excepcionais, tendo em conta que esta queima resulta numa diminuição da energia elétrica produzida pela ETAR (ETAR Norte, 2003).

## 1.2. ETAR de Olhalvas

A ETAR de Olhalvas irá tratar, no ano 2015, cerca 6250 m<sup>3</sup>/dia, correspondendo a 49315 habitantes-equivalentes provenientes dos emissários das Cortes e S. Romão, concelho de Leiria. O esquema de tratamento que contempla as fases líquida, sólida e gasosa apresenta-se na Figura 5.



**Figura 5** - Esquema geral de tratamento, ETAR de Olhalvas (SIMLIS, 2014)

Na etapa de pré-tratamento, através das operações de gradagem e desarenamento, são removidos os sólidos de maiores dimensões, gradados e areias. Os gradados e areias são encaminhados para aterro.

Terminado o pré-tratamento, o aflente pré-tratado aflui graviticamente à decantação primária, onde se promove a separação dos sólidos facilmente sedimentáveis e do material flutuante. As lamas primárias resultantes desta etapa são encaminhadas ao espessador gravítico. O efluente proveniente da decantação primária aflui por gravidade ao distribuidor de caudais dos reatores biológicos (Hidrocontrato, 2001).

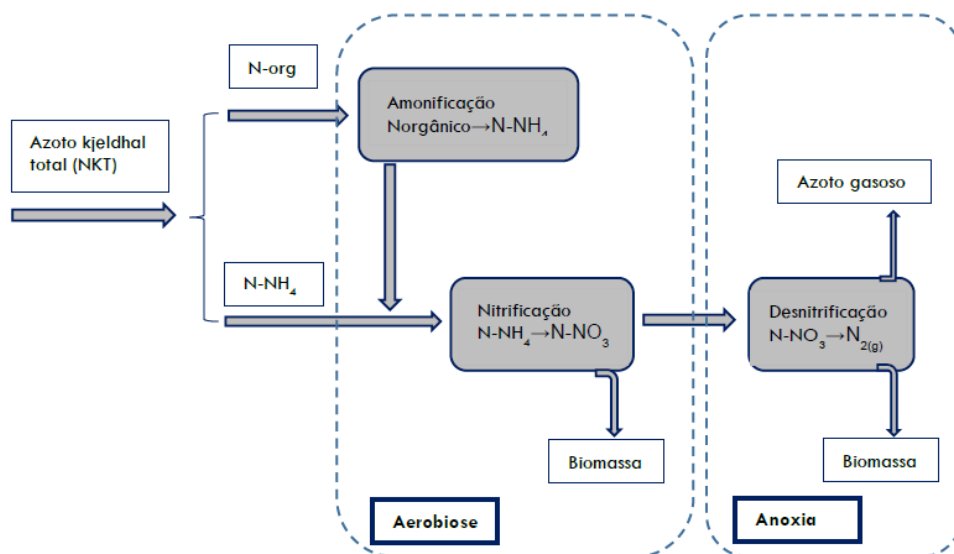
O tratamento biológico realizado na ETAR de Olhalvas é, como o referido para a ETAR Norte, um processo de lamas ativadas que funciona em regime de média carga, segundo as características apresentadas na Tabela 2.



**Figura 6** - Reatores biológicos, ETAR de Olhalvas (SIMLIS, 2010)

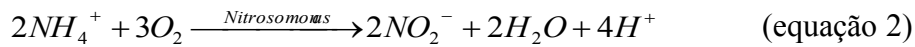
O processo biológico ocorre em dois tanque de arejamento, em paralelo, que se podem observar na Figura 6, equipados com difusores de bolha fina, nos quais se processa a oxidação biológica. O valor de oxigénio a garantir nos tanques de arejamento é de 2 mg/l.

De modo a garantir a remoção de Azoto, recorre-se a um processo de nitrificação/desnitrificação, conforme apresentado esquematicamente na Figura 7.

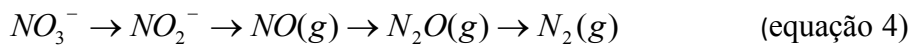


**Figura 7** - Remoção biológica de Azoto (adaptado de Jeyanayagam, 2005)

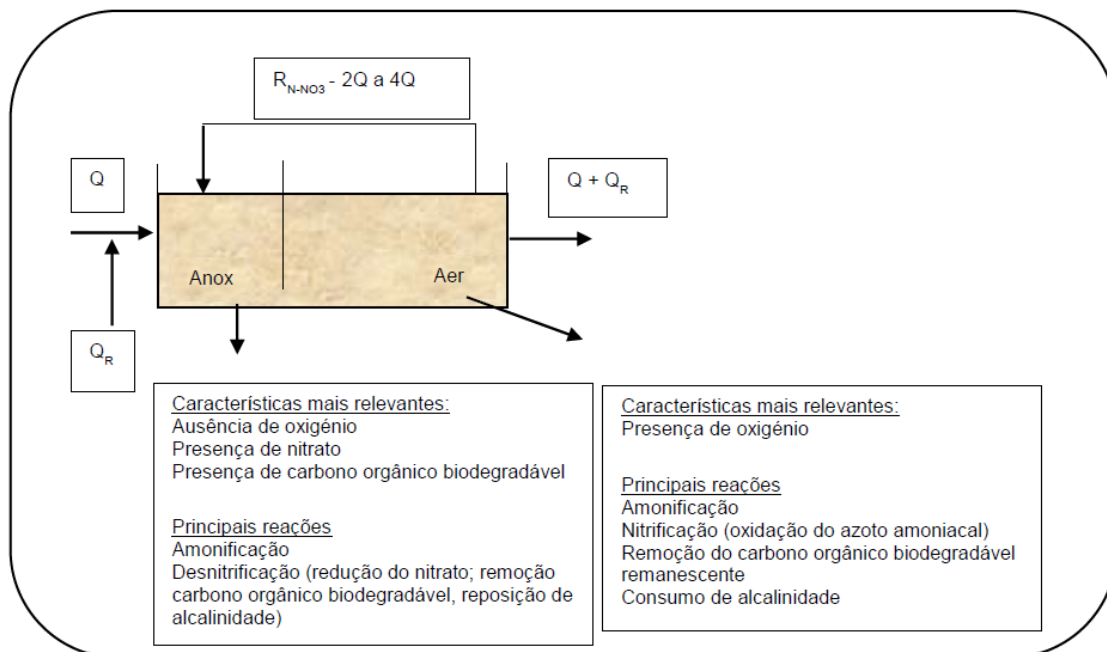
A nitrificação é realizada pelas bactérias *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. A primeira oxida a amónia num produto intermédio, o nitrito (nitritação); e a segunda converte o nitrito em nitrato (nitratção), conforme se pode observar pelas equações 2 e 3.



A desnitrificação é realizada por bactérias como a *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Spirillum*, que convertem o nitrato em Azoto elementar (equação 4). Estas bactérias são heterotróficas capazes de estimular a redução do nitrato (Mano, 2014):



A remoção do Azoto nitrificado até à forma molecular (desnitrificação) é realizada em tanques anóxicos, equipados com agitadores, utilizando-se como fonte de carbono a água residual decantada. Os tanques anóxicos situam-se antes do tanque de arejamento, sendo os efluentes nitrificados nos tanques de arejamento. Esta sequência reator anóxico - aeróbio, bem como as características de cada um, são apresentados na Figura 8.



**Figura 8** - Sequência reator anóxico – reator aeróbio. Principais características e reações associadas (Mano, 2014)

Parte das lamas dos decantadores secundários são recirculadas para os tanques de arejamento, assegurando-se uma razão de recirculação de  $R=1$  (Hidrocontrato,2001).

Com vista à realização do processo de nitrificação/desnitrificação, uma fração dos efluentes do tanque de arejamento é elevada à entrada dos tanques anóxicos. A solução adotada assegura uma razão de recirculação de nitratos de  $R=3.5$  (Figura 8).

Concluída a etapa do tratamento biológico, o efluente aflui por gravidade ao distribuidor de caudais, alimentando os decantadores secundários.

Conforme referido anteriormente, a decantação secundária consiste na separação do efluente clarificado da biomassa microbiana e dos sólidos suspensos que não foram removidos por decantação primária. As lamas secundárias em excesso são encaminhadas para o espessador, onde são espessadas em conjunto com as lamas primárias.

Após o tratamento secundário, o efluente possui características para ser rejeitado no meio recetor. O ponto de descarga da ETAR de Olhalvas encontra-se localizado no Rio Lis, na proximidade da confluência com a Ribeira do Sirol. Uma parte do efluente tratado é reutilizado para rega dos espaços verdes da ETAR e lavagens.

Na ETAR de Olhalvas, o tratamento da fase sólida é constituído por um espessador, para onde são elevadas as lamas primárias e as lamas biológicas em excesso. Nesta etapa de tratamento, e como referido na descrição do processo de tratamento da ETAR Norte, a concentração de lamas no espessador é assegurada por gravidade, permitindo um aumento de 2.5 – 8.0% na concentração de sólidos, em relação à lama primária (Gray, 2005). As lamas espessadas são encaminhadas para o digestor anaeróbio, onde é degradada a matéria orgânica e produzido o biogás, a uma temperatura de 35°C. O tempo de retenção assumido em projecto é de 18 dias. De modo a garantir uma agitação eficiente das lamas no interior do digestor, uma parte é recirculada à parte superior do reactor. A agitação das lamas tem como principais objetivos evitar a formação de “chapéu”; aumentar o contato de microorganismos com os sólidos em suspensão; e garantir as condições de temperatura e de concentração uniformes no interior do digestor (Hidrocontrato, 2000). Na etapa de digestão anaeróbia da ETAR de Olhalvas, por questões de optimização dos recursos humanos e técnicos existentes na SIMLIS, são tratadas conjuntamente as lamas espessadas produzidas na ETAR de Olhavas e as lamas espessadas, transportadas por auto-tanque, das ETAR de Juncal, Pedreiras e Zona Industrial da Marinha Grande.

As lamas provenientes da digestão anaeróbia afluem graviticamente para o silo de lamas equipado com um agitador submersível, sendo depois extraídas por bombagem para o processo de desidratação em centrífuga.

Dada a localização geográfica da ETAR de Olhalvas, numa zona muito urbanizada da cidade de Leiria, houve necessidade de no ano 2004 proceder à cobertura e desodorização das zonas da ETAR mais produtoras de odores desagradáveis. Foi também nesta fase e pelas mesmas razões (minimizar o impacte da instalação na sua envolvente) construído um parque para armazenamento de lamas desidratadas, pelo período de 3 meses, com o objectivo de garantir que a recolha de lamas seria efectuada apenas 4 vezes por ano, em detrimento de uma carga diária aquando da existência de um silo.

O destino das lamas desidratadas na ETAR de Olhavas é a valorização agrícola. O biogás produzido no digestor é encaminhado para filtros de carvão ativado, impregnado de Hidróxido de Sódio, de forma a remover o Ácido Sulfídrico. O gás tratado é armazenado no gasómetro e queimado nos grupos de cogeração, onde é produzida energia eléctrica. A energia produzida na ETAR de Olhalvas é consumida na própria ETAR e a energia térmica é utilizada para manter as lamas digeridas na temperatura de 35°C.

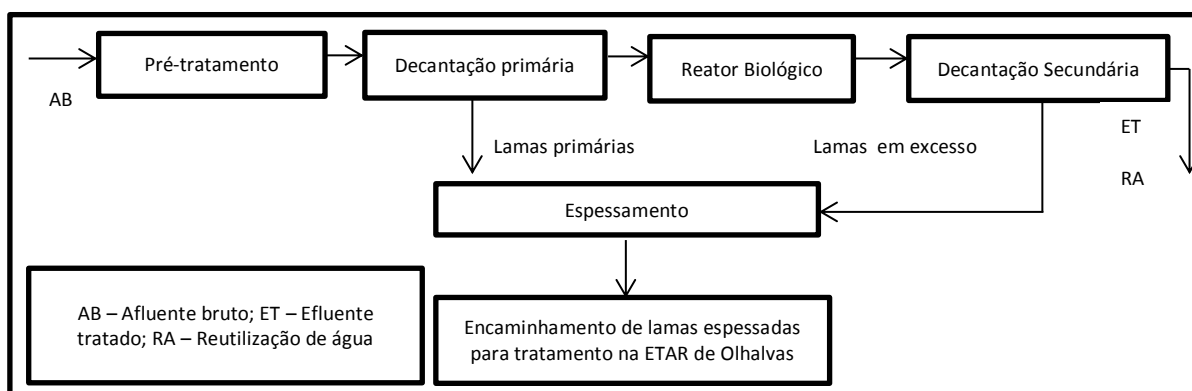
### ***1.3 ETAR de Zona Industrial de Marinha Grande***

A ETAR de Zona Industrial da Marinha Grande encontra-se localizada na Marinha Grande, na zona industrial de Casal da Lebre e irá tratar cerca 1500 m<sup>3</sup>/dia de efluentes domésticos, correspondendo a 14537 habitantes-equivalentes, na Figura 9 apresenta-se uma imagem geral da ETAR.



**Figura 9** - Imagem geral, ETAR de Zona Industrial da Marinha Grande (SIMLIS, 2014)

No projeto de execução desta ETAR foram consideradas duas fases de tratamento, designadamente, tratamento da fase líquida e tratamento da fase sólida, conforme se apresenta no esquema de tratamento apresentado na Figura 10.



**Figura 10** - Esquema geral de tratamento, ETAR de Zona Industrial da Marinha Grande (SIMLIS, 2014)

Na etapa de pré-tratamento, através das operações de gradagem, desarenamento e desengorduramento, são removidos os sólidos de maiores dimensões, gradados, areias e óleos e gorduras. Os gradados e areias são encaminhados para aterro e os óleos e gorduras incorporados no processo de digestão anaeróbia na ETAR de Olhalvas.

Terminado o pré-tratamento, o afluente pré-tratado afluí graviticamente à decantação primária. As lamas primárias resultantes desta etapa são encaminhadas para o espessador gravítico. O efluente proveniente da decantação primária afluí por gravidade ao distribuidor de caudais dos reatores biológicos.

O tratamento biológico realizado na ETAR da Zona Industrial da Marinha Grande é, como nas ETAR descritas nas secções anteriores, um processo de lamas ativadas que funciona em regime de média carga, segundo as características apresentadas na Tabela 2.

A ETAR possuiu dois tanques de arejamento equipados com arejadores de superfície para remoção de matéria orgânica carbonacea, não prevendo a remoção biológica de Azoto e Fósforo. Tendo em conta que na exploração da ETAR foram detetados, ao longo dos anos, alguns problemas de sedimentação de lama nos decantadores secundários, adotou-se o doseamento de sulfato de alumínio no tratamento biológico, com vista à otimização do processo de decantação (ETAR de Zona Industrial da Marinha Grande, 1993).

Concluido o tratamento biológico, o efluente afluí ao decantador secundário. O efluente clarificado é rejeitado na Ribeira do Tecelão, sendo reutilizada uma parte do efluente tratado para rega dos espaços verdes da ETAR e lavagens. As lamas secundárias em excesso são encaminhadas para o espessador, onde são espessadas graviticamente em conjunto com as lamas primárias.

Apesar da ETAR possuir um filtro de banda que permite a desidratação das lamas geradas, por uma questão de gestão do tempo do pessoal afeto à operação das ETAR, bem como de modo a otimizar o processo de tratamento da ETAR de Olhalvas, as lamas espessadas na ETAR de Zona Industrial da Marinha Grande são encaminhadas por auto-tanque para a ETAR de Olhalvas, onde são digeridas.

## 1.4 ETAR de Juncal

A ETAR do juncal encontra-se localizada na localidade de Juncal, concelho de Porto de Mós (Figura 11).



Figura 11 - Imagem geral, ETAR de Juncal (SIMLIS, 2008)

No ano horizonte 2023, a ETAR tratará os efluentes de 2783 habitantes-equivalente e um caudal de 495 m<sup>3</sup>/dia. O esquema de tratamento adotado apresenta-se na Figura 12.

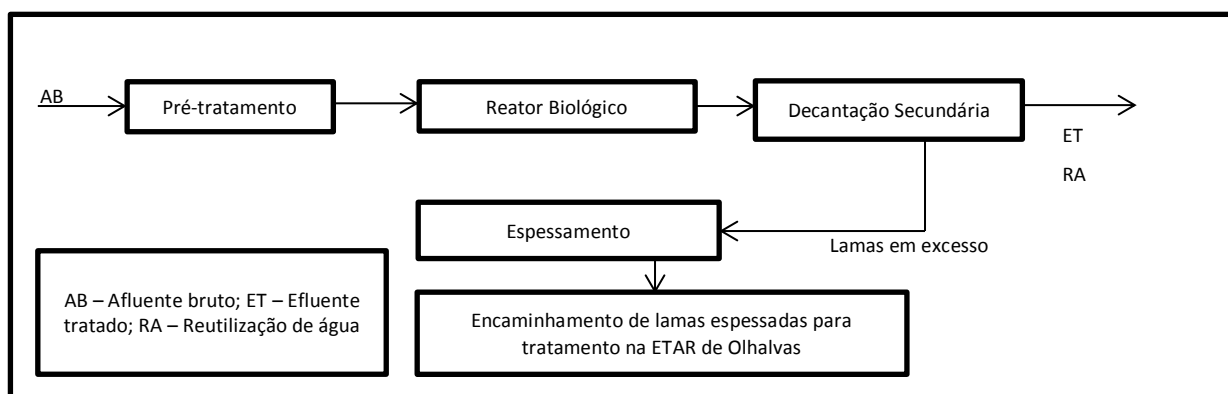


Figura 12 - Imagem geral, ETAR de Juncal (SIMLIS, 2008)

O pré-tratamento é constituído pelas operações de gradagem, tamisação e desarenação, que têm como objetivo a remoção de sólidos grosseiros e de areias transportadas na água

residual afluente à instalação, assegurando deste modo, uma otimização do funcionamento dos órgãos de tratamento a jusante (ETAR de Juncal, 2003).

A obra de entrada é constituída por duas operações sequenciais: primeiro são removidos os sólidos grosseiros transportados na água residual, e em seguida, são sedimentadas as areias.

A remoção de sólidos grosseiros é efetuada com recurso a uma grade grossa de limpeza mecânica rotativa, com espaçamento entre as barras de 50 mm. A jusante da grade de limpeza mecânica está instalado um sistema compacto de tamisador/compactador e desarenador.

A conceção do esquema de tratamento para a fase líquida baseia-se na remoção biológica de carga orgânica em termos de carbono e Azoto, num reator de biomassa suspensa, a operar em arejamento prolongado, com as condições de operação referidas na Tabela 3 (Hidrocontrato, 2003).

No tratamento secundário, constituído pelo reator biológico a operar em série com um decantador, o objetivo é criar as condições que permitem a remoção da carga poluente em solução na água residual, por ação de microrganismos aeróbios facilmente sedimentáveis, aos quais é fornecido oxigénio de forma a potenciar o seu desenvolvimento.

Deste modo, no tratamento secundário procede-se à remoção da carga poluente em termos de carga orgânica e Azoto.

O tratamento secundário é efetuado numa vala de oxidação dimensionada para remover a carga orgânica média diária, em termos de  $CBO_5$  e de Azoto total, no horizonte de projeto.

O oxigénio necessário ao crescimento da biomassa é fornecido por um arejador de eixo horizontal, designado como rotor de arejamento. Este equipamento encontra-se instalado à superfície de um dos canais que constituem a vala de oxidação.

Para potenciar a nitrificação/desnitrificação do efluente em tratamento, de modo a garantir os pressupostos de projecto que constam da Tabela 4, instalou-se um agitador no canal contrário, que manterá as condições de anóxia. A entrada do afluente faz-se diretamente na zona anóxica da vala de oxidação de modo a potenciar o processo de desnitrificação referido anteriormente.

**Tabela 3** - Parâmetros de caracterização de tratamento de lamas ativadas de baixa carga (Mano, 2014)

Parâmetro	Sistema de baixa carga ou arejamento prolongado
Carga mássica (Kg CBO <sub>5</sub> /Kg MVS.dia)	0.05 a 0.15
Biomassa do reator (Kg/m <sup>3</sup> )	4.0 a 5.0
Idade de lamas (dia)	>20

**Tabela 4** - Critérios de dimensionamento da ETAR de Juncal (Juncal, 2004)

Parâmetro	Condições de funcionamento	
Remoção de Azoto	Taxa de nitrificação (Kg NH <sub>4</sub> /Kg SVS.dia)	2.00 a 5.00
	Taxa de desnitrificação (Kg NO <sub>3</sub> /Kg SVS.dia)	0.017 a 0.048

Para que se verifique a nitrificação/desnitrificação do efluente, a idade de lamas deverá encontrar-se acima dos 20 dias (Tabela 3). As condições de funcionamento definidas para o ano horizonte estabelecem em 28.7 dias a idade de lamas.

Concluída a etapa de tratamento biológico, as lamas são encaminhadas para o decantador secundário onde, como referido anteriormente, sedimentam as lamas secundárias e o efluente tratado, clarificado, é devolvido ao meio recetor. Uma parte do efluente tratado é reutilizado para rega dos espaços verdes da ETAR e lavagens.

As lamas biológicas em excesso provenientes do decantador secundário são armazenadas e espessadas graviticamente num silo/espessador.

Para tratamento da fase sólida foi considerado o espessamento gravítico das lamas biológicas geradas, seguindo-se o seu transporte por camiões limpa-fossas até à ETAR de Olhalvas. A recolha das lamas espessadas é realizada de acordo com a periodicidade necessária, face à quantidade produzida. Na ETAR de Olhalvas, as lamas espessadas são digeridas em conjunto com as lamas produzidas na ETAR e posteriormente desidratadas.

## 1.5 ETAR de Fátima

A ETAR de Fátima encontra-se localizada na localidade de Vale Cavalos, Freguesia de Fátima, concelho de Ourém.

Tendo-se como referência o ano horizonte de 2021, a ETAR de Fátima foi dimensionada para tratar as águas residuais correspondentes a um equivalente-populacional de 33120hab.eq., se se tiver em conta a contribuição da população flutuante (época alta), e de 21345hab.eq., se se excluir essa contribuição (época baixa). Em termos hidráulicos, a ETAR permitirá dar resposta a um caudal máximo de 655 m<sup>3</sup>/h, correspondente, no ano 2021, aos períodos de “afluência extraordinária” nos dias de peregrinação em Fátima.

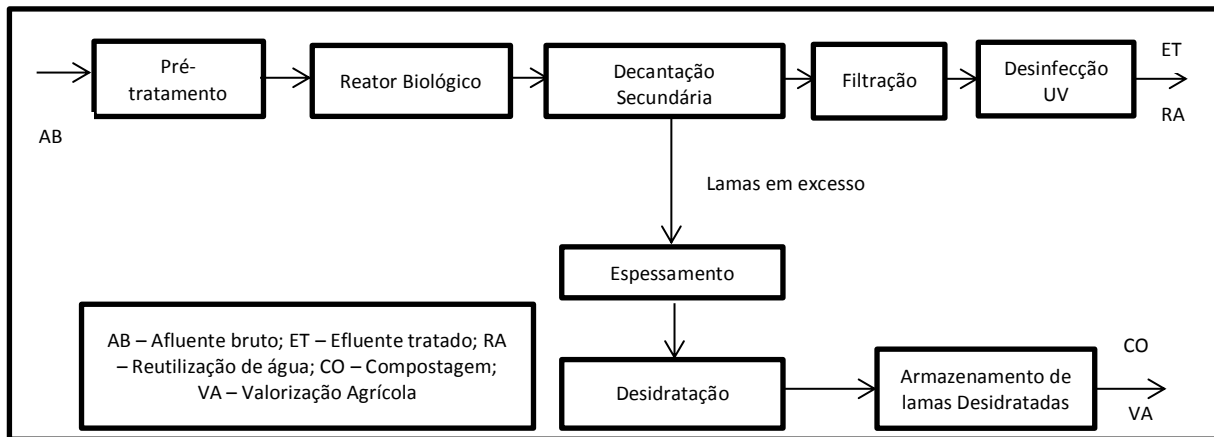
Para além das águas residuais afluentes, a ETAR recebe com alguma frequência as lamas recolhidas nas soluções de tratamento individual (i.e., fossas sépticas), situadas na freguesia de Fátima (0.4 m<sup>3</sup>/d). Na Figura 13 apresenta-se uma imagem geral da ETAR de Fátima.



**Figura 13** - Imagem geral, ETAR de Fátima (SIMLIS, 2010)

O esquema do tratamento aplicado apresenta-se na Figura 14 e foi o que se afigurou mais vantajoso, em termos económicos e em termos operacionais, tendo em consideração o quantitativo populacional a servir, a variação sazonal da população e o quadro normativo aplicável à descarga das águas residuais na ETAR de Fátima. Para o efeito adotou-se um sistema de tratamento biológico por lamas activadas operado em regime de arejamento

prolongado, de acordo com as condições estabelecidas na Tabela 3, e concretizado em reactores biológicos com a configuração de valas de oxidação (ETAR de Fátima, 2004).



**Figura 14** - Esquema geral de tratamento, ETAR de Fátima (SIMLIS, 2014)

A solução preconizada para a ETAR de Fátima foi concebida para o ano 2021 de horizonte de projecto. O processo de tratamento desenvolve-se em duas linhas, iniciando-se com a recepção das águas residuais brutas, provenientes do sistema de drenagem afluente à actual ETAR. Estas sofrem uma gradagem fina num tamizador/compactador tipo “rotamat”, antes da elevação inicial. Há ainda na obra de entrada da ETAR uma zona prevista para a recepção das lamas provenientes das fossas sépticas individuais existentes nas freguesias de Ourém. A medição do caudal afluente é realizada num canal tipo “Parshall”, localizado a montante do poço de bombagem. Após a elevação inicial, as areias, óleos e gorduras são removidas simultaneamente num órgão de fluxo longitudinal. Segue-se o tratamento biológico num sistema de lamas activadas, realizado em duas linhas de tratamento, correspondentes a duas valas de oxidação de quatro canais, cada uma com dois arejadores de superfície de eixo vertical. Como o tratamento biológico é operado em regime de arejamento prolongado, as lamas biológicas produzidas são estabilizadas aerobiamente no próprio circuito de arejamento. A decantação secundária é assegurada por dois órgãos de planta circular. Uma vez que a descarga da ETAR se realiza no ribeiro das Matas (cabeceira da ribeira da Bezelga), cujas águas são potencialmente utilizadas para rega com fins agrícolas, após a decantação secundária e antes da descarga final, o efluente tratado sofre uma afinção através de um sistema de filtração (microtamização) e desinfecção por radiação UV. A jusante da desinfecção existe uma estação de bombagem para reutilização do efluente final como água de serviço na instalação. Com o processo descrito é possível obter um efluente depurado cuja qualidade corresponde a um nível terciário, dando-se assim resposta às

exigências de qualidade requeridas pela legislação actualmente vigente, a qual não classifica o local de descarga da ETAR de Fátima como um meio receptor sensível (ETAR de Fátima, 2004).

O tratamento proposto para a fase sólida considera apenas o processamento das lamas biológicas estabilizadas aerobiamente, já que não existe produção de lamas primárias. É constituído por uma etapa de espessamento gravítico, seguida da desidratação mecânica através de uma centrífuga de alto rendimento. A concentração das lamas desidratadas em termos de matéria seca situar-se-á nos  $22\pm 2\%$ . As lamas desidratadas serão armazenadas num silo de lamas com uma autonomia de sete dias.

Para a ETAR de Fátima, tendo em conta que está localizada numa zona isolada e sem zona urbanizada na envolvente, optou-se por construir apenas um silo de lamas e não um parque com vista a um armazenamento por um período de tempo superior.

## ***1.6 ETAR de Pedreiras***

A ETAR de Pedreiras encontra-se localizada na localidade de Pedreiras, concelho de Porto de Mós, conforme imagem geral da Figura 15. A ETAR tratará em horizonte de projeto (ano 2022) os caudais de 6087 habitantes-equivalentes e um caudal de  $1600 \text{ m}^3/\text{dia}$ .



**Figura 15** - Imagem geral, ETAR de Pedreiras (SIMLIS, 2008)



de otimização da gestão de recursos humanos, pela digestão das lamas provenientes das ETAR de Juncal e Pedreiras na ETAR de Olhalvas.

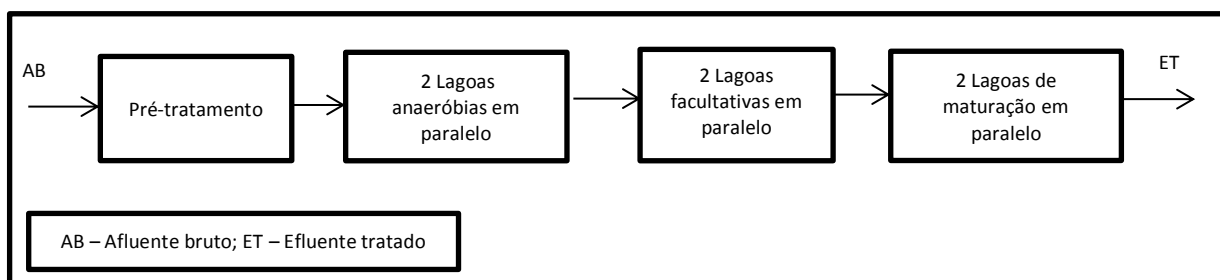
### 1.7 ETAR de Vieira de Leiria

A ETAR de Vieira de Leiria encontra-se localizada na localidade de Vieira de Leiria, concelho de Marinha Grande. A ETAR foi projetada para tratar os efluentes de 15385 habitantes-equivalentes e 2175 m<sup>3</sup>/dia. Na Figura 17 pode-se observar uma imagem da lagoa facultativa.



**Figura 17** - Lagoa facultativa, ETAR de Vieira de Leiria (SIMLIS, 2008)

No caso da ETAR de Vieira de Leiria o processo de tratamento dá-se início com o processo de pré-tratamento, realizado com recurso a uma grade mecânica de dimensão média. O efluente pré-tratado é posteriormente encaminhado para um sistema de tratamento biológico por lagunagem, conforme esquema de tratamento da Figura 18, iniciando-se o processo em duas lagoas anaeróbias, que se encontram em paralelo (ETAR de Veira de Leiria, 1993).

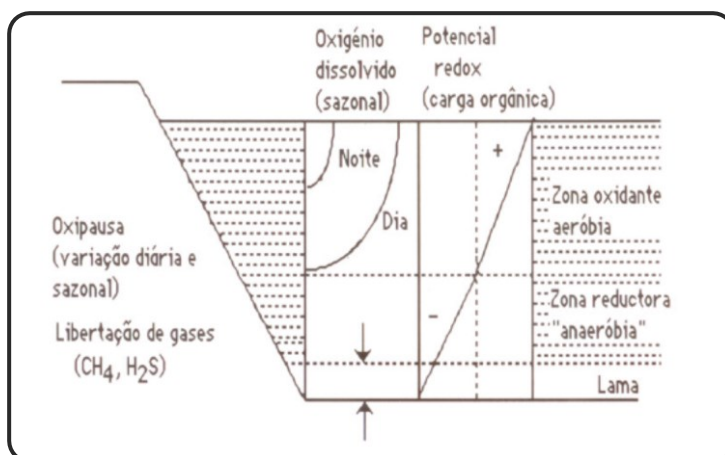


**Figura 18** - Esquema geral de tratamento, ETAR de Vieira de Leiria (SIMLIS, 2014)

Os sistemas de lagunagem aproximam-se da simulação de condições naturais. Para o efeito a água residual atravessa uma série de lagoas, que, no caso da ETAR em estudo, consistem em duas lagoas anaeróbias, seguidas de duas lagoas facultativas e duas lagoas de maturação (remoção de organismos patogénicos).

As lagoas anaeróbias são utilizadas para o tratamento das águas residuais domésticas brutas, de forma a otimizar o funcionamento das lagoas facultativas que se seguem (Oliveira, 1995). O objetivo das lagoas anaeróbias é a redução da carga orgânica, ou seja, do consumo químico ou bioquímico de oxigénio, e a modificação das condições metabólicas na lagoa, de modo a provocar a sua deposição, sob a forma de uma camada de lamas.

O efluente proveniente das lagoas anaeróbias é então encaminhado para as lagoas facultativas. Nas lagoas facultativas observa-se a estratificação que se pode verificar na Figura 19.



**Figura 19** - Esquema representativo lagoa facultativa (adaptado de GLOYNA, 1972)

Verifica-se que há uma zona iluminada à superfície, rica em oxigénio, onde vivem, em simbiose, populações de algas e de bactérias aeróbias. A temperatura e o teor em oxigénio dissolvido dessa zona, podem apresentar variações em função das variações diárias e estacionais da temperatura média ambiente e da insolação (Oliveira, 1995).

O oxigénio dissolvido têm origem, em parte, na difusão do ar através da interface gás/liquido, mas, maioritariamente, têm origem no processo de fotossíntese realizado pelas algas que se desenvolvem nessa zona da lagoa. A manutenção da zona aeróbia, sem qualquer tipo de arejamento externo, consegue-se quando a carga orgânica específica da lagoa é inferior ou igual a 10 g de  $CBO_5/m^2$  (inverno) ou 40 g de  $CBO_5/m^2$  (verão) (Oliveira, 1995).

Por baixo da zona aeróbia encontra-se uma zona intermédia, designada por facultativa, com iluminação e teor de oxigénio insuficientes, onde o crescimento das algas é limitado. Tal facto deve-se ao afastamento dessa zona da superfície da lagoa. A concentração de oxigénio reduz-se e aproxima-se do zero, sendo possível que se desenvolva microflora anaeróbia, designada por organismos facultativos.

No fundo da lagoa facultativa acumula-se uma camada de lamas não consolidadas, que continuam o seu processo de degradação em condições de anaerobiose.

Após as lagoas facultativas seguem-se as lagoas de maturação. O objetivo primordial deste tipo de lagoas é a depuração microbiológica dos efluentes. A prioridade não é diminuir a carga orgânica proveniente das lagoas facultativas, que as antecedem, mas essencialmente pretende-se reduzir a sobrevivência dos organismos patogénicos ainda existentes nesta fase de tratamento. Para alcançar este objetivo aumenta-se o tempo de retenção do efluente, controlando a superfície/volume das lagoas (Oliveira, 1995).

Nas lagoas de maturação, embora as condições sejam aeróbias, a remoção de matéria orgânica é reduzida, devido à reduzida biodegradabilidade dos materiais remanescentes.

Após as lagoas de maturação o efluente é rejeitado no rio Lis, já na proximidade da foz.

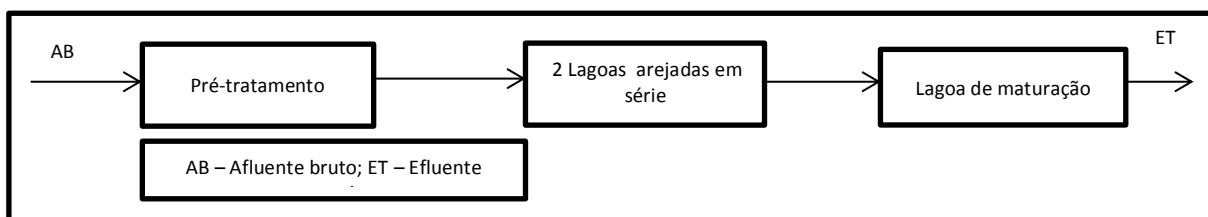
### ***1.8 ETAR de Praia de Pedrogão***

A ETAR de Praia de Pedrogão localiza-se na praia de Pedrogão, concelho de Leiria (Figura 20). A ETAR tratará em horizonte de projeto, e em época alta, os efluentes de 16000 habitantes-equivalentes e 1832 m<sup>3</sup>/dia.



**Figura 20** - Imagem geral, ETAR de Praia de Pedrogão (SIMLIS, 2008)

Neste caso, o processo de tratamento adoptado também se baseia num sistema de lagunagem. Para o efeito foram construídas duas lagoas arejadas, em série, e uma lagoa de maturação, conforme se apresenta na Figura 21.



**Figura 21**- Esquema geral de tratamento, ETAR de Praia de Pedrogão (SIMLIS, 2014)

Após a gradagem, o efluente é encaminhado para duas lagoas arejadas, em funcionamento em série. As lagoas arejadas são constituídas por reservatórios escavados na terra, nas quais o oxigénio necessário é fornecido através de meios mecânico. No caso específico da ETAR de Pedrogão, o fornecimento de oxigénio é garantido por dois arejadores de superfície, flutuantes, instalados em cada lagoa (ETAR de Praia do Pedrogão, 1996).

Neste tipo de lagoas, o oxigénio é mantido em valores muito altos, garantindo-se condições de aerobiose constantes. Trata-se, portanto, de um sistema consumidor de energia, com biomassa em suspensão, podendo ser comparado a algumas variantes dos processos de lamas activadas (Oliveira, 1995).

Após a segunda lagoa arejada, o efluente é encaminhado para a lagoa de maturação onde ocorre a remoção dos organismos patogénicos. No final do processo ocorre a rejeição do efluente, que no presente caso, é efetuada no solo, através de cinco trincheiras de infiltração.

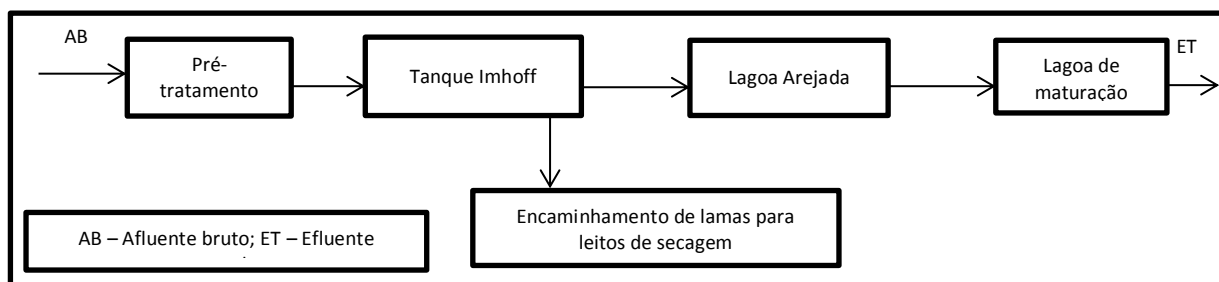
### ***1.9 ETAR de S. Pedro de Moel***

A ETAR de S. Pedro de Moel localiza-se na praia de S. Pedro de Moel, concelho da Marinha Grande (Figura 22). No horizonte de projeto tratará efluentes de 9587 habitantes-equivalentes e um caudal de 3595 m<sup>3</sup>/dia.



**Figura 22** - Trincheiras de infiltração, ETAR de S. Pedro de Moel (SIMLIS, 2014)

O tratamento na ETAR de S. Pedro de Moel inicia-se com a elevação das águas a tratar, com recurso a um parafuso de Arquimedes. A etapa de pré-tratamento compreende as operações de gradagem manual, desarenamento e medição de caudal (ETAR de S. Pedro de Moel, 1993). O esquema geral de tratamento apresenta-se na Figura 23.



**Figura 23** - Esquema geral de tratamento, ETAR de S. Pedro de Moel (SIMLIS, 2014)

Após o pré-tratamento, o efluente é encaminhado para a decantação primária. No caso da ETAR de S. Pedro de Moel o tratamento primário ocorre num tanque Imhoff. Este órgão funciona como um sistema de decanto-digestão que associa as funções de separação gravítica de sólidos em suspensão à estabilização anaeróbia das lamas orgânicas produzidas. Como consequência das duas reações ocorrerem no mesmo órgão, pode-se obter uma eficiência de decantação mais reduzida, decorrente da ascensão das partículas gasosas produzidas (EPA, 1997; Moura, 2012).

No tanque Imhoff a água residual entra através do compartimento superior e os sólidos sedimentados são digeridos no compartimento inferior. Os compartimentos são parcialmente separados, ficando assegurado que os gases e as partículas de lama digerida na secção inferior retornam à secção superior (EPA, 1997; Moura, 2012). As lamas recolhidas na parte inferior do tanque Imhoff são encaminhadas para cinco leitos de secagem, onde permanecem o período de tempo necessário para garantir valores de matéria seca, de cerca de 30%, compatíveis com o encaminhamento para valorização agrícola ou compostagem.

O tratamento biológico implementado na ETAR de S. Pedro de Moel é um processo de lagunagem que contempla uma lagoa arejada, onde as condições de arejamento necessárias são asseguradas por um arejador de superfície, que fornece 7.5Kg O<sub>2</sub>/h; e por uma lagoa de maturação onde são removidos os organismos patogénicos.

Após o tratamento em lagoa, o efluente tratado é rejeitado em seis trincheiras de infiltração (Figura 22).

Todas as ETAR cujo processo de tratamento adotado inclui um sistema de lagunagem, requerem limpeza periódica das lamas acumuladas nas lagoas. Esta operação ocorre aproximadamente de cinco em cinco anos, salvaguardando-se o encaminhamento das lamas para destino final adequado.

# Estado da arte

---

Na presente secção apresentam-se os factores de contexto que justificam a necessidade de implementar sistemas de avaliação de desempenho nos serviços de saneamento e descrevem-se algumas das metodologias propostas no âmbito internacional, em específico a metodologia da IWA, que serviu de suporte ao sistema desenvolvido internamente. A nível nacional, destaca-se o sistema actualmente utilizado pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, a 2.<sup>a</sup> Geração do sistema de indicadores de qualidade de serviço.

## ***2.1. Qualidade do serviço de águas residuais urbanas em Portugal***

A qualidade do serviço de saneamento de águas residuais urbanas, em Portugal, evoluiu substancialmente nas últimas décadas, resultado de um esforço de investimento significativo no quadro de uma política consistente, tendo sido determinante o cofinanciamento por fundos comunitários. Verifica-se que, no início da década de 90, a cobertura de serviço de abastecimento de água era cerca de 80%, tendo esta percentagem, desde então, vindo a aumentar continuamente e significativamente, tendo atingido 95% em 2011. Em relação às atividades de drenagem e tratamento de águas residuais ainda persistem algumas dificuldades no cumprimento das obrigações legais nacionais e comunitárias, apesar de se terem vindo a registar melhorias importantes (RASARP, 2013).

Em termos de evolução, a cobertura de serviço de saneamento tem vindo a aumentar na última década, ainda que a um ritmo mais lento quando comparado com o abastecimento de água. O investimento em alta sofreu um incremento elevado no passado recente, potenciado pela criação dos sistemas multimunicipais. A cobertura do serviço de drenagem de águas residuais e de tratamento de águas residuais era, em 2011, respetivamente, de 81% e 78%, com elevadas disparidades entre concelhos, encontrando-se ainda longe do objetivo estabelecido no PEASAR II para 2013, de dotar 90% da população com rede de drenagem e com tratamento de águas residuais (RASARP, 2013).

É genericamente considerado que a evolução histórica destes serviços passa habitualmente por uma *fase de quantidade*, em que a prioridade é dada à construção de infraestruturas e conseqüentemente à cobertura do país; por uma *fase de qualidade*, em que as preocupações

se concentram na qualidade do produto e nas descargas de águas residuais urbanas; e por uma *fase de excelência*, em que os esforços se centram na qualidade dos serviços prestados, na sustentabilidade das entidades gestoras e na sustentabilidade ambiental.

Há então que evoluir para a *fase de excelência*, que não se restringe apenas aos níveis de cobertura e à qualidade do produto água, das descargas de águas residuais e da deposição de resíduos, mas que impõe a necessidade de uma avaliação mais ampla da qualidade dos serviços prestados aos utilizadores e da definição de patamares mais elevados de exigência.

Na última década, a necessidade da definição de objectivos de gestão por parte das entidades gestoras, e a correspondente necessidade de verificação do cumprimento dos objectivos estabelecidos, levaram à implementação de iniciativas para o estudo e desenvolvimento de metodologias no domínio de avaliação de desempenho dos serviços de saneamento.

Os indicadores de desempenho (*Performance Indicators*, PI) são as medidas de avaliação de desempenho mais utilizadas e caracterizam-se por serem uma medida quantitativa de eficiência (grau de optimização dos recursos disponíveis para a produção de um serviço) ou de eficácia (grau de cumprimento de objectivos de gestão) de um aspeto particular do serviço prestado por uma entidade gestora. Os indicadores de desempenho são, geralmente, calculados pela razão entre duas variáveis da mesma natureza ou de natureza distinta (Alegre, 2004).

Segundo vários autores, cada indicador deve respeitar as seguintes condições gerais (Alegre, 2000; Matos, 2003; Alegre, 2007; ISO 24510:2007):

- Quantificação objectiva do aspeto a avaliar, evitando qualquer avaliação pessoal ou subjetiva;
- Simplicidade de cálculo, com conseqüente possibilidade de cálculo por todos os operadores;
- Ser avaliado a partir de variáveis que sejam facilmente medidas e ser confiável a um custo razoável;
- Estar relacionado com um determinado período de tempo (por exemplo, anual, trimestral);

- Estar relacionado com uma área geográfica definida (e, no caso de análise de comparação, deve ser para a mesma área geográfica);
- Permitir uma comparação clara com objectivos bem determinados.

## ***2.2. Metodologias de avaliação de desempenho a nível internacional***

No âmbito internacional foram desenvolvidas várias metodologias de avaliação de desempenho, sendo de considerar, a título de exemplo, as propostas pelo Banco Mundial, pelo *The Water Services Regulation Authority* (Ofwat), pelo *Six-Cities Group* e pela *Internacional Water Association* (IWA). De um modo geral, estes sistemas de indicadores de desempenho contemplam as áreas do ambiente, economia, qualidade de serviço, organização, recursos humanos e tecnologia (Vieira, 2009). Apresentam-se, de seguida, as suas principais características (Quadros, 2008).

### **O Sistema do Banco Mundial**

O programa de avaliação de desempenho promovido pelo Banco Mundial designa-se por *International Benchmarking Network of Water and Sanitation Utilities* (IBNET), e define um conjunto de indicadores de desempenho operacionais e financeiros. É constituído por 42 indicadores e 37 sub-indicadores nas componentes cobertura de serviço, consumos e produção de água para consumo, água não facturada, práticas de medição, desempenho das redes, custos de operação e recursos humanos, qualidade do serviço, facturação e finanças. O sistema do Banco Mundial coloca o enfoque na avaliação crítica dos dados utilizados no cálculo dos indicadores, pelo que a qualidade dos indicadores depende da qualidade dos dados utilizados para a sua determinação. Considera-se que quando a entidade gestora não dispõe de dados fiáveis deve apontar os seus esforços para a melhoria dos sistemas de medição. Garante-se, deste modo, que os indicadores obtidos traduzem o desempenho real dos serviços de água e de águas residuais (Quadros, 2008).

### **O Sistema do *The Water Services Regulation Authority* (Ofwat)**

A entidade reguladora do setor da água em Inglaterra e no País de Gales, o *Office of water Services*, adotou um sistema de avaliação de desempenho caracterizado por 15 indicadores. Os 15 indicadores são divididos por quatro domínios, designadamente, a distribuição de

água, o saneamento de águas residuais, o serviço ao consumidor e o impacto ambiental (Quadros, 2008).

### **O sistema do *Six-Cities Group***

O *Six-Cities Group* integra seis cidades da Escandinávia (Copenhaga, Gotemburgo, Helsinquia, Malmo, Oslo e Estocolmo) que criaram um sistema de troca de informação sobre serviços de abastecimento de águas e águas residuais, tendo como objectivo a melhoria do seu desempenho.

O sistema é composto por 35 indicadores que abrangem as categorias de satisfação do consumidor, qualidade, fiabilidade, ambiente, organização/recursos humanos e economia.

Os resultados dos indicadores são utilizados para efectuar *benchmarking* métrico entre as várias entidades que constituem o grupo (Quadros, 2008).

### **O sistema da *Internacional Water Association (IWA)***

Em 1997 teve início o desenvolvimento do sistema de indicadores da *Internacional Water Association (IWA)*. A IWA é representada em 130 países e tem cerca de 10000 membros, que incluem profissionais do sector, reguladores, gestores, académicos e consultores em várias áreas do conhecimento, desde as ciências exactas às ciências sociais. A IWA possuiu várias comissões especializadas, que representam o principal meio de interacção entre membros e promovem a discussão de vários temas científicos, técnicos e de gestão, importantes no sector da gestão da água. Os grupos de especialistas facilitam o *networking* internacional, partilhando informações e conhecimentos, e permitindo contatos profissionais e de negócios. São exemplo, os grupos especializados em digestão anaeróbia; poluição difusa e eutrofização; e *Benchmarking* e avaliação de desempenho de serviços de abastecimento de água e tratamento de águas residuais. Em específico, o grupo que estuda os temas da avaliação de desempenho tem como objectivo a criação de oportunidades de *networking* e melhoria do estado da arte de todas as actividades relacionadas com a avaliação de desempenho e avaliação comparativa dos serviços de água (IWA, 2015).

Neste âmbito, a IWA desenvolveu um sistema de avaliação considerado como uma ferramenta fundamental na resposta às necessidades das entidades gestoras. Os objectivos principais foram definir uma metodologia de avaliação da qualidade de serviço prestado aos utilizadores, recorrendo a um conjunto de indicadores de desempenho, e delinear os princípios fundamentais para a sua implementação (Alegre, 2006).

O sistema da IWA dispõe de 182 indicadores distribuídos pelos domínios de avaliação do ambiente, recursos humanos, infraestruturas, operação, qualidade de serviço e área económico-financeira (Quadros,2008); e inclui cinco componentes essenciais à avaliação, nomeadamente (Alegre,2006):

- Dados do sistema – São dados obtidos por medições ou registos, podendo ser considerados indicadores, variáveis, informação ou fatores explicativos.
- Variáveis – Apresentam-se como elementos de dados do sistema que podem ser combinados através de regras de cálculo, a fim de calcular os indicadores de desempenho. Consistem num valor expresso em unidades específicas e numa classe de confiança (fiabilidade e exactidão) que indique a qualidade dos dados representados pela variável.
- Indicadores de desempenho – São medidas da eficácia e eficiência do serviço prestado pela entidade gestora, durante um período de tempo. Permitem a comparação com objetivos predefinidos, metas, e consistem num valor expresso em unidades específicas e numa classe de confiança que indique a qualidade dos dados. Tipicamente os indicadores são expressos por rácios entre variáveis e podem ser quer adimensionais, quer intensivos.
- Fatores explicativos – É o conjunto de informação que têm como objectivo explicar os resultados dos indicadores de desempenho ou outros dados considerados relevantes.
- Informação de contexto – Apresentam-se como informações que podem condicionar e contextualizar o valor dos indicadores, mas que não dependem de acções de gestão a curto prazo da entidade gestora.

O Sistema desenvolvido pela IWA foi testado no âmbito de um projecto internacional que contou com a participação de 70 entidades gestoras de 20 países, no período compreendido entre 2000 e 2003. A nível nacional, o sistema foi testado no projecto PI – WATERS (aplicado a 17 entidades gestoras portuguesas); e iniciativa PI – COMP (*benchmarking* aplicado a 10 entidades gestoras portuguesas) (Matos, 2005). Outros países também fizeram testes a nível nacional, como por exemplo a Alemanha e o Japão (Matos, 2005).

Especificamente no projecto PI-COMP, complemento do projecto PI-WATERS, destinado a testar e divulgar em Portugal o sistema de indicadores de desempenho da IWA, participaram voluntariamente 11 entidades gestoras, designadamente, Águas do Algarve, Águas de Douro e Paiva, C.M. Loulé, C.M. Barreiro, EPAL distribuição, EPAL produção, S.M. Castelo Branco, S.M. Esposende, S.M. Loures, S.M. Sintra, S.M. Oeiras e Amadora, tendo sido o projecto coordenado pelo LNEC (Alegre, 2005).

A diversidade de metodologias utilizadas pelos vários países incentivou a definição de medidas de orientação comuns, resultando na normalização da metodologia e conceitos relativos à avaliação de desempenho de entidades gestoras de serviços de águas. Tendo por base o sistema de avaliação da IWA e o conhecimento proporcionado por esta entidade nesta área, a comissão técnica internacional ISO/TC224 *Service activities relating to drinking water supply systems and wastewater systems* desenvolveu actividade nesse âmbito, tendo sido publicadas as três normas da série 24500:2007, que se indicam abaixo:

- ISO 24510:2007, que define as actividades relativas aos serviços de água potável e de águas residuais, resultando num conjunto de orientações para a avaliação e para a melhoria do serviço aos utilizadores;
- ISO 24511:2007, que define as actividades relativas aos serviços de água potável e de águas residuais, resultando num conjunto de orientações para a gestão e avaliação dos serviços de águas residuais;
- ISO 24512:2007, que define as actividades relativas aos serviços de água potável e de águas residuais, resultando num conjunto de orientações para a gestão e avaliação dos serviços de água potável.

As normas ISO 24511:2007 e ISO 24512:2007 adotam a metodologia do "plan-do-check-act" (PDCA), propondo um processo passo-a-passo, desde a identificação dos componentes à definição dos objetivos para a elaboração de indicadores de desempenho.

Tal como a metodologia da IWA, a Série 24500:2007 considera os sistemas de indicadores de desempenho uma ferramenta de avaliação chave entre os vários instrumentos de avaliação existentes. Especificamente segundo a Norma ISO 24510:2007, os indicadores de desempenho são usados para medir a eficiência e eficácia dos utilizadores de modo alcançar os seus objectivos (especificamente os indicadores identificados na cláusula 4). Importa ainda referir que as normas da família 24500:2007 realçam que para cada indicador devem ser estabelecidas metas,

implementadas rotinas de controlo e monitorização, bem como proceder a ajustes quando necessário; e a que a interpretação dos indicadores de desempenho não deve ser levada a cabo sem tomar em conta o contexto (informação de contexto), especialmente se for com base em comparações com outros casos. Portanto, para complementar a análise dos indicadores de desempenho, as informações de contexto devem considerar também as características do sistema e da região em que os serviços são prestados.

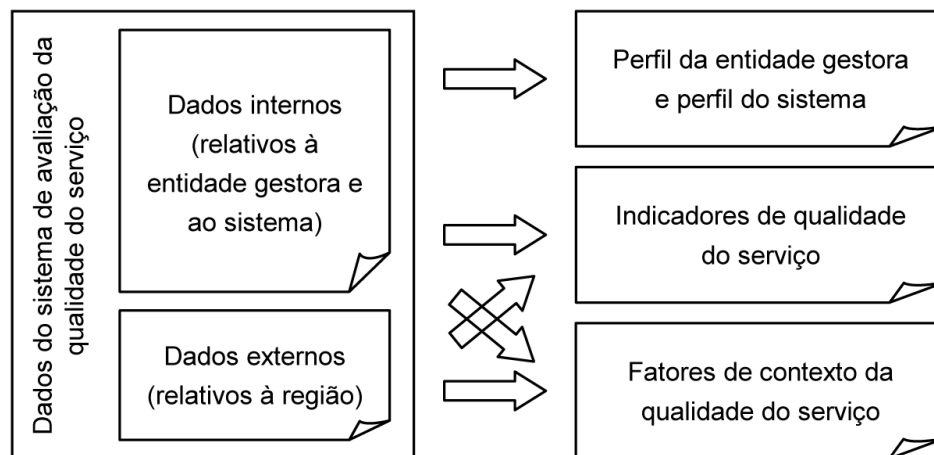
### **2.3. 2<sup>a</sup> geração do sistema de Avaliação de Desempenho**

A 2.<sup>a</sup> geração de indicadores de desempenho da ERSAR resulta da aplicação das normas ISO 24500:2007, bem como do sistema de indicadores desenvolvido pela IWA. Este sistema de avaliação, baseado nos indicadores da 2.<sup>a</sup> geração, foi aplicado a partir de 2012, com base em dados de operação de 2011, a todas as entidades gestoras de serviços de águas e resíduos em Portugal continental, independentemente da sua titularidade estatal ou municipal e do seu modelo de governança, por gestão direta, delegada ou concessionada. Os seus resultados constituem a informação de referência sobre a prestação destes serviços em Portugal Continental, sendo objeto de ampla divulgação, nomeadamente no Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP, 2013).

De acordo com o disposto na alínea e) do n.º 1 do artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 277/2009, de 2 de outubro, a ERSAR tem atribuições para garantir a regulação da qualidade de serviço prestado aos utilizadores pelas entidades gestoras, e também para avaliar o desempenho dessas entidades, promovendo a melhoria dos níveis de serviço. A 2.<sup>a</sup> geração do sistema de avaliação da qualidade do serviço resultou da análise crítica do sistema de indicadores adotado na 1.<sup>a</sup> geração e da respetiva aplicação desde 2004 ao universo das entidades concessionárias; e teve em conta o estado atual de conhecimentos e a experiência internacional entretanto adquirida. Para além da identificação e da especificação de todos os componentes do sistema de avaliação, e em particular do conjunto de indicadores de qualidade do serviço a utilizar em cada um dos três tipos de serviços, são também definidos os procedimentos de avaliação, através da definição da informação a obter, do cálculo de indicadores, da sua interpretação e análise comparativa, numa perspetiva *de benchmarking*, e da produção do relatório de síntese.

Os instrumentos nucleares deste sistema são os indicadores de qualidade do serviço, que permitem avaliar de modo quantificado o cumprimento dos principais objetivos do serviço.

A Figura 24 apresenta esquematicamente os componentes do sistema de avaliação da qualidade do serviço e os fluxos de dados que ocorrem.



**Figura 24** - Componentes do sistema de avaliação da qualidade do serviço (ERSAR, 2013)

Verifica-se, portanto, que a avaliação da qualidade do serviço promovida pela ERSAR assenta na implementação de um sistema constituído por um conjunto de indicadores de qualidade do serviço, bem como por informação de apoio à interpretação dos resultados, composta pelo perfil da entidade gestora, pelo perfil do sistema, por outros fatores de contexto não incluídos nos perfis referidos e pelos dados de base que alimentam esta informação.

Nesta fase, o número de indicadores a ser avaliado em cada sector (água, água residual e resíduos) é de dezasseis, o que corresponde a uma simplificação do sistema, relativa à primeira geração, que considerava vinte. É dado maior destaque a aspetos específicos considerados relevantes (ex. a acessibilidade ao serviço passa a contemplar acessibilidade física e acessibilidade económica).

De modo a dispor de instrumentos para a avaliação da qualidade do serviço relativamente aos objetivos da regulação definidos pela ERSAR, definiram-se três grupos de indicadores de qualidade do serviço:

- **Indicadores que traduzem a adequação da interface com o utilizador**, que permitem avaliar se o serviço prestado aos utilizadores no ano a que se refere a avaliação foi adequado, nomeadamente ao nível da maior ou menor acessibilidade física e económica que têm ao serviço e da qualidade com que o mesmo lhes é fornecido; este grupo subdivide-se nos aspetos referidos, nomeadamente, a acessibilidade do serviço aos utilizadores e a qualidade do serviço prestado aos utilizadores.

- **Indicadores que traduzem a sustentabilidade da gestão do serviço**, que avaliam se estão a ser tomadas as medidas básicas para que a prestação do serviço seja sustentável; este grupo subdivide-se nos aspetos de sustentabilidade económica do serviço, de sustentabilidade infraestrutural do serviço e de produtividade física dos recursos humanos.
- **Indicadores que traduzem a sustentabilidade ambiental**, que permitem avaliar o nível de salvaguarda dos aspetos ambientais associados às atividades da entidade gestora; este grupo subdivide-se em aspetos de eficiência na utilização de recursos ambientais e na prevenção da poluição.

A ERSAR também refere a importância dos fatores de contexto da qualidade do serviço, sendo que estes têm por objetivo auxiliar a interpretação de alguns indicadores. Os perfis da entidade gestora e do sistema contemplam, já por si, os principais fatores de contexto que a ERSAR terá genericamente em conta nesse processo. Porém, o presente sistema de avaliação de qualidade do serviço prevê a possibilidade de incluir outros fatores de contexto não contemplados à partida. Para o efeito, as entidades gestoras poderão identificar, para qualquer indicador, fatores de contexto que considerem determinantes para a interpretação a efetuar pela ERSAR. Os fatores de contexto a serem especificados não estão sujeitos a nenhum formato pré-definido, mas devem referir-se sempre a informação auditável. Os fatores de contexto não afetam o resultado da avaliação, mas poderão ser tidos em conta pela ERSAR na apreciação realizada.

De modo a garantir a qualidade dos dados utilizados para o cálculo dos indicadores, estabelecem-se critérios mínimos de aceitabilidade dos dados, ou seja, serão considerados como não disponíveis dados com fiabilidade inferior aos mínimos definidos.

Por último, importa referir que a ERSAR, no seu Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores, assume que os indicadores são particularmente relevantes como instrumento de apoio à gestão dos sistemas, com vista a promover a melhoria contínua da eficiência e da eficácia do serviço, recomendando às entidades gestoras que utilizem este instrumento para avaliação do cumprimento dos seus próprios objetivos de gestão, não se restringindo aos dezasseis indicadores de qualidade do

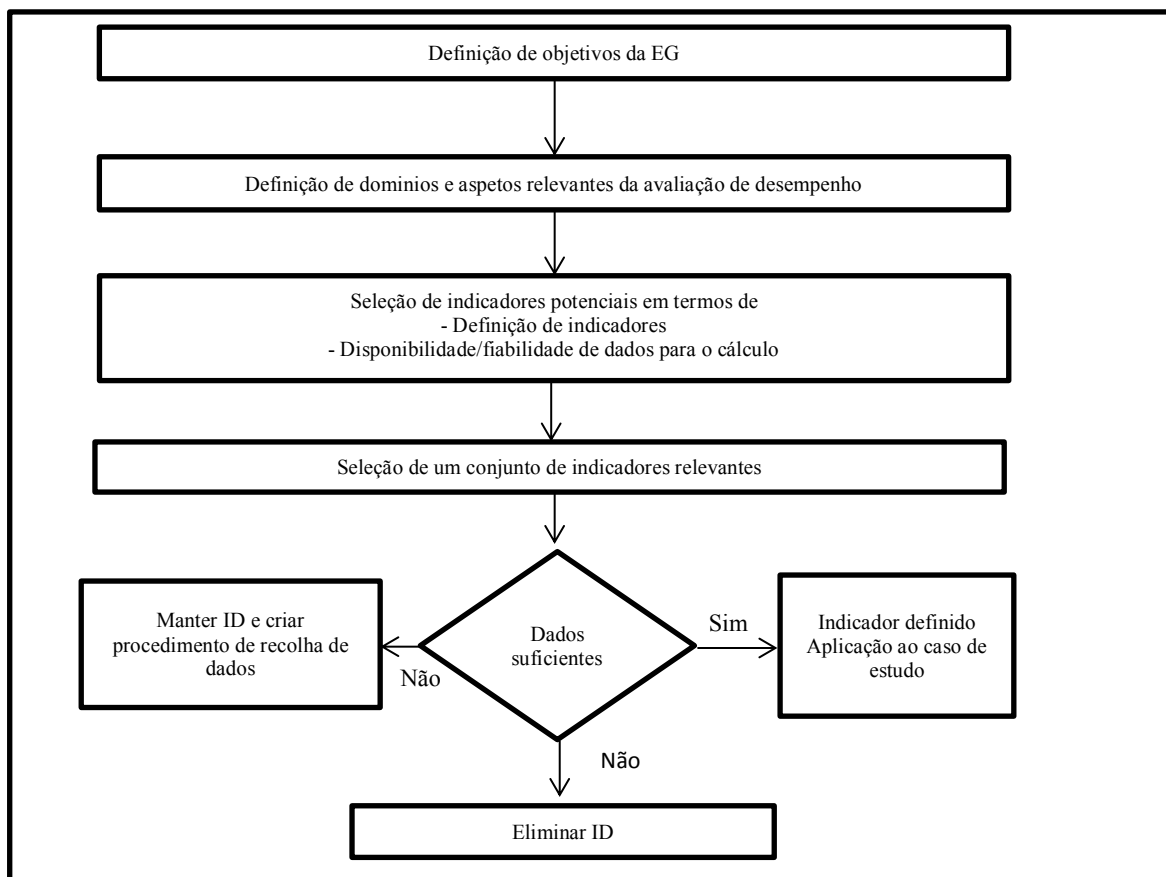
serviço adotados para efeitos de regulação, mas a um conjunto mais abrangente considerado relevante por cada entidade gestora.

# Metodologia

Na presente secção, aborda-se a metodologia utilizada na selecção dos indicadores de desempenho a determinar no âmbito deste estudo; apresentam-se os critérios de fiabilidade e exactidão utilizados na avaliação da qualidade dos dados necessários ao cálculo; e apresentam-se os indicadores seleccionados.

## 4.1 Metodologia de selecção dos indicadores de avaliação de desempenho

A metodologia utilizada na selecção dos indicadores de desempenho seguiu a proposta apresentada por Vieira, 2009 (Figura 25).

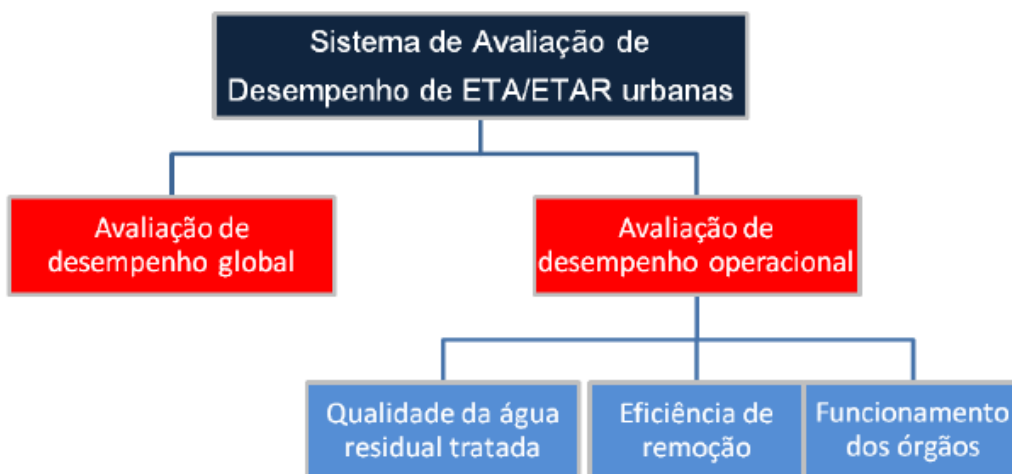


**Figura 25** - Metodologia de desenvolvimento de um sistema de avaliação de desempenho (Vieira, 2009)

Os objectivos de avaliação de desempenho da SIMLIS foram definidos, tendo sido estabelecidos os domínios e aspectos relevantes da avaliação, nomeadamente no campo do desempenho global e operacional de ETAR (Figura 26).

Esta análise teve como pressuposto que a componente de avaliação de desempenho global avalia o desempenho da estação como um todo, através de indicadores de desempenho que se destinam, por um lado, a apoiar a tomada de decisão a um nível superior de gestão e, por outro, a produzir informação útil à exploração da instalação (LNEC, 2008).

Ao contrário da avaliação de desempenho global, a componente de avaliação de desempenho operacional analisa em pormenor o desempenho de cada operação ou processo unitário ou etapa de tratamento da estação e estrutura-se nos componentes *Qualidade da água residual tratada* e *Eficiência de remoção* (LNEC, 2008).



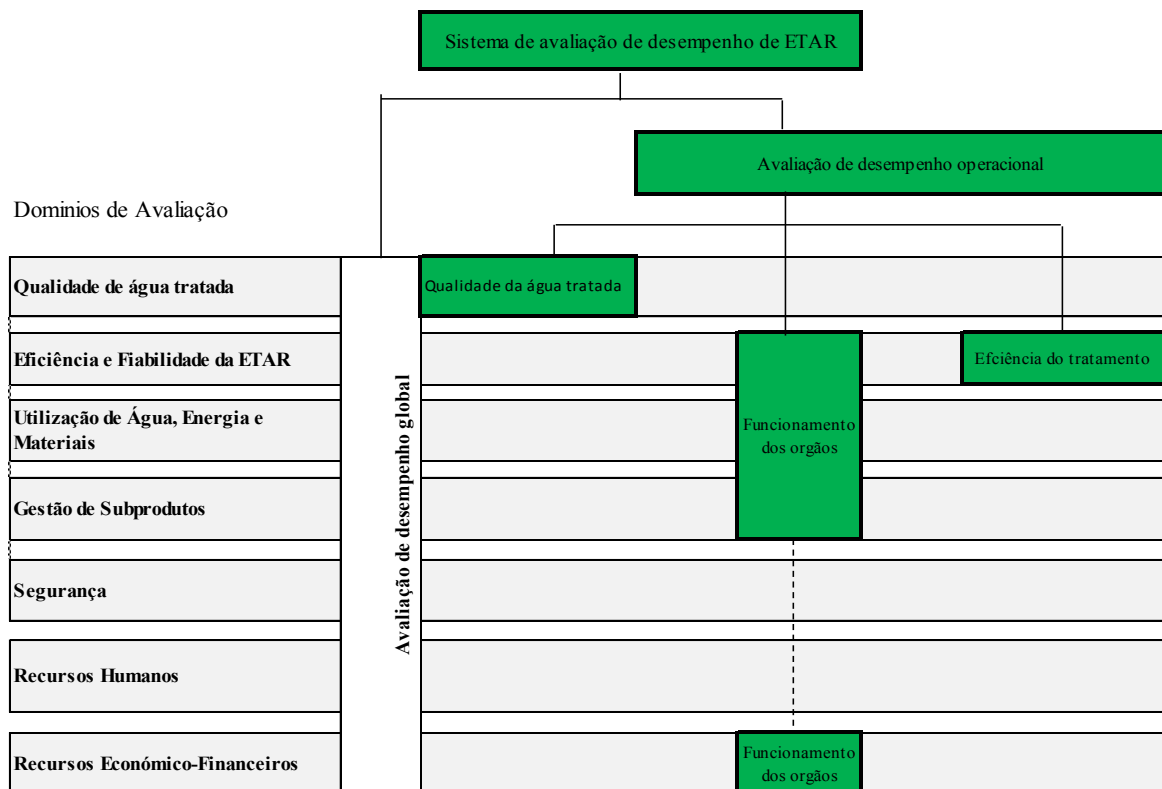
**Figura 26** - Sistema de avaliação de desempenho de ETAR (adaptado de Vieira , 2009)

De acordo com Quadros (2008), o conjunto de indicadores utilizados deve garantir a não sobreposição de aspectos a avaliar, restringir-se aos aspectos relevantes da estrutura a avaliar, ter como referência um período de tempo bem definido (um ano é o período recomendado) e permitir a aplicação a entidades gestoras com características e graus de desenvolvimento distintos (Alegre, 2007). Tendo em conta estes pressupostos, adotou-se como período de tempo para apuramento de dados, o período de um ano, seleccionando-se o ano de 2013 para aplicação do presente estudo.

Os indicadores considerados relevantes para o presente projeto foram identificados, tendo-se verificado se os dados disponíveis eram suficientes para efectuar o cálculo dos indicadores ou se, não sendo, era possível obter dados adicionais. Relativamente ao ano 2013, e com o início da implementação da gestão de ETAR, com recurso ao software de

gestão de Operação de ETAR Navia® para esse período, permitindo registar os dados em falta. Incluem-se neste âmbito, o registo de caudais de água tratada reutilizada internamente, o biogás produzido, o polímero consumido em ETAR e as lamas produzidas em ETAR. Deste modo foi possível obter os dados necessários para o cálculo de todos os indicadores seleccionados.

A análise foi efectuada tendo por base a 2ª geração de indicadores propostos pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR, 2013) e o conjunto de indicadores que, complementarmente a estes, foram definidos internamente pela SIMLIS, SA. Seleccionaram-se indicadores relativos aos domínios de avaliação *Qualidade da Água Tratada, Eficiência e Fiabilidade da ETAR, Utilização de Água, Energia e Materiais e Gestão de Subprodutos* (Figura 27). Não foram contemplados, para o presente estudo, os indicadores dos domínios de avaliação Recursos humanos, Recursos económico-financeiros e Segurança, por se optar por uma abordagem essencialmente operacional.



**Figura 27** - Domínios de avaliação de desempenho de ETAR (adaptado de Vieira , 2009)

## 4.2 Exatidão e fiabilidade

A qualidade dos dados utilizados para o cálculo dos indicadores de desempenho determina a qualidade do resultado, sendo fundamental implementar e manter procedimentos de recolha e validação de dados (Quadros, 2008). Deste modo, ao analisar o resultado de um indicador, o utilizador do sistema deve possuir informação relativa à qualidade dos dados utilizados para o seu cálculo. Ofwat em 2002 propôs uma metodologia para avaliar a informação de base, e que consiste em atribuir graus de confiança à informação utilizada. Os dados são classificados quanto à fiabilidade (metodologia de obtenção de dados, antiguidade dos registos) e exactidão (desvio entre a medição efectuada e o valor considerado correto).

De modo a avaliar a qualidade dos dados utilizados no presente projecto, adotou-se a gama de fiabilidade e exactidão constantes do “Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores, 2ª Geração do Sistema de Avaliação” (ERSAR, 2013), conforme descrito nas tabelas 5 e 6.

**Tabela 5** - Banda de fiabilidade da fonte de informação

<b>Banda de fiabilidade da fonte de informação</b>	<b>Conceito associado</b>
***	Dados baseados em medições exaustivas, registos fidedignos, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas com o melhor método de cálculo
**	Genericamente como a anterior, mas com algumas falhas não significativas nos dados, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registos não confirmados ou ainda terem-se incluído alguns dados de extrapolação
*	Dados baseados em estimativas ou extrapolações a partir de uma amostra limitada

**Tabela 6** - Banda de exactidão dos dados

<b>Banda de exactidão dos dados</b>	<b>Erro associado ao dado fornecido</b>
0-5%	Menor ou igual a $\pm 5\%$
5-20%	Pior do que $\pm 5\%$ , mas melhor que ou igual a $\pm 20\%$
20-50%	Pior do que $\pm 20\%$ , mas melhor que ou igual a $\pm 50\%$
50-100%	Pior do que $\pm 50\%$ , mas melhor que ou igual a $\pm 100\%$
100-300%	Pior do que $\pm 100\%$ , mas melhor que ou igual a $\pm 300\%$
<300%	Pior do que $\pm 300\%$

### **4.3 Selecção de Indicadores de desempenho**

No âmbito deste estudo foram seleccionados doze indicadores. De modo a uniformizar a identificação dos indicadores e variáveis necessárias à sua determinação adotou-se a seguinte designação:

Indicadores: *Waste Water Treatment Plant Performance Indicador* (wwtpPI), seguido do número sequencial;

Variáveis : *Waste Water Treatment Plant Variable* (wwtpV), seguido do número sequencial.

As tabelas 7 a 10 apresentam os indicadores seleccionados de acordo com os domínios e aspectos de avaliação de desempenho adotados; e mostram as metas estabelecidas para cada um. Foram assumidos como aspectos da avaliação de desempenho: a *Conformidade com a licença de descarga* e *Qualidade da água rejeitada no meio recetor* (no domínio qualidade da água residual); a *Eficiência global da ETAR* (no domínio Eficiência e fiabilidade); o *Consumo de energia, o Consumo de reagentes e a Utilização de águas residuais tratadas* (no domínio utilização de água, energia e materiais); e a *Produção e valorização de lamas e a Produção de biogás* (no domínio Gestão de Subprodutos).

As metas definidas para os indicadores wwtpPI01 e wwtpPI02 (Tabela 7) e wwtpPI03 e wwtpPI04 (Tabela 10) são as estabelecidas no Guia da 2.<sup>a</sup> geração de avaliação da qualidade dos serviços de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos prestados pelas entidades gestoras sujeitas a regulação (ERSAR, 2013). As metas definidas para as eficiências mássicas de remoção (indicadores wwtpPI10, wwtpPI11 e wwtpPI12, Tabela 8), foram estabelecidas tendo como pressuposto as disposições do Decreto-Lei 152/97, de 19 de junho, no seu Quadro n.º 1, Anexo I. As metas definidas para os indicadores WwtpPI08 e WwtpPI05 (Tabela 9) e wwtpPI06 e wwtpPI07 (Tabela 10) foram estabelecidas internamente pela SIMLIS, SA, para o ano 2013, tendo em conta os objectivos de qualidade definidos, no que se refere à optimização de consumos e de recursos energéticos. Anualmente, o cumprimento das metas é verificado e o valor estabelecido é revisto pela empresa.

Importa nesta fase explicitar que, segundo a metodologia adotada pela ERSAR, no Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores, também adotada pela SIMLIS, no decorrer do processo de definição dos seus indicadores internos, quando se define uma meta pretende-se, em alguns casos, obter um valor igual ou superior

à meta e em outros casos um valor igual ou inferior à meta (tabelas 7 a 10). Assim, na abordagem deste projecto, pretende-se que o valor obtido para o indicador seja igual ou superior à meta, garantindo desta forma optimização e cumprimento de requisitos legais; ou igual ou inferior à meta, garantindo-se, por exemplo, poupança de energia e recursos materiais.

Segue-se, nas tabelas 7 a 10, a designação, a descrição e a meta definida para os indicadores a calcular.

**Tabela 7** - Indicadores de desempenho de ETAR no domínio Qualidade de água residual

Aspetos da avaliação de desempenho	N.º PI	Designação do PI	Meta	Origem PI
Conformidade com a licença de descarga (ou legislação em vigor)	wwtpPI01	Análises de águas residuais realizadas (%)	≅100	ERSAR
Qualidade da água rejeitada no meio recetor	wwtpPI02	Cumprimento dos parâmetros de descarga (%)	≅100	ERSAR

**Tabela 8** - Indicadores de desempenho de ETAR no domínio Eficiência e fiabilidade

Aspetos da avaliação de desempenho	N.º PI	Designação do PI	Meta	Origem PI
Eficiência global da ETAR	wwtpPI10	Eficiência mássica de remoção de CQO (%)	≥75	SIMLIS
	wwtpPI11	Eficiência mássica de remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	≥70-90	SIMLIS
	wwtpPI12	Eficiência mássica de remoção de SST (%)	≥90	SIMLIS

**Tabela 9** - Indicadores de desempenho de ETAR no domínio Utilização de água, energia e materiais

Aspetos da avaliação de desempenho	N.º PI	Designação do PI	Meta	Origem PI
Consumo de energia	wwtpPI09	Consumo de energia no tratamento de águas residuais (kWh/m <sup>3</sup> )	≤0.63	SIMLIS
Consumo de reagentes	wwtpPI08	Consumo de polímero (ton/Kg de Sólidos desidratados)	≤12	SIMLIS
Utilização de águas residuais tratadas	wwtpPI05	Utilização de água tratada (%)	≥1	SIMLIS

**Tabela 10** - Indicadores de desempenho de ETAR no domínio Gestão de Subprodutos

Aspetos da avaliação de desempenho	N.º PI	Designação do PI	Meta	Origem PI
Produção e valorização de lamas	wwtpPI06	Produção de lamas em ETAR (ton/m <sup>3</sup> )	≤0.004	SIMLIS
	wwtpPI03	Destino de lamas do tratamento (%)	≅100	ERSAR
Produção de biogás	wwtpPI07	Produção de biogás em ETAR (Nm <sup>3</sup> /ton SV removidos)	≥0.8	SIMLIS
	wwtpPI04	Produção própria de energia (%)	≥14	ERSAR

Segue-se uma breve descrição dos indicadores seleccionados.

#### *Análises de águas residuais realizadas - wwtpPI01*

Este indicador destina-se a “avaliar o nível de sustentabilidade da entidade gestora em termos de eficiência na prevenção da poluição, no que respeita ao cumprimento das exigências legais de monitorização das descargas de águas residuais”(ERSAR, 2013).

É definido como a percentagem do número total de análises que foram realizadas relativamente às requeridas na licença de descarga ou, na sua ausência, pela legislação aplicável (equação 5).

$$wwtpPI01 = \frac{wwtpV02}{wwtpV01} * 100 \quad (\text{equação 5})$$

Sendo:

**wwtpV01** – Análises requeridas (n.º/ano)

**wwtpV02** – Análises realizadas (n.º/ano)

#### *Cumprimento dos parâmetros de descarga - wwtpPI02*

Este indicador destina-se “a avaliar o nível de sustentabilidade da entidade gestora em termos de eficiência na prevenção da poluição, no que respeita ao cumprimento dos parâmetros legais de descarga de águas residuais”(ERSAR, 2013).

É definido como a percentagem do equivalente de população que é servido com instalações de tratamento que asseguram o cumprimento da licença de descarga e é determinado pela equação 6. O presente indicador aplica-se a todas as ETAR. Serão apresentadas as variáveis para um período mensal, no entanto o cálculo do indicador será efectuado para o

período anual, no caso em estudo, para o ano 2013.

$$wwtpPI02 = \frac{wwtpV03 + wwtpV04}{wwtpV05} * 100 \quad (\text{equação 6})$$

Sendo:

**wwtpV03** – Eq. de população com tratamento satisfatório (Licença descarga válida) (e.p.)

**wwtpV04** – Eq. de população com tratamento satisfatório (Licença descarga não válida) (e.p.)

**wwtpV05** – Eq. de população servido por estações de tratamento (e.p.)

#### *Destino de lamas do tratamento – wwtpPI03*

Este indicador destina-se “a avaliar o nível de sustentabilidade ambiental do serviço em termos da eficiência na prevenção da poluição, no que respeita ao destino final dado às lamas resultantes do tratamento de águas residuais, enquanto potencial fonte de contaminação dos recursos naturais” (ERSAR, 2013).

É definido como a percentagem de lamas escoadas das instalações de tratamento do sistema para destino adequado, e é definido pela equação 7. O presente indicador aplica-se às ETAR cujas lamas desidratadas são encaminhadas a destino final, no caso da SIMLIS, às ETAR Norte, Olhalvas e Fátima.

$$wwtpPI03 = \frac{wwtpV06}{(wwtpV07 + wwtpV08 + wwtpV09 - wwtpV10)} * 100 \quad (\text{equação 7})$$

Sendo:

**wwtpV06** – Lamas com destino adequado (t/ano)

**wwtpV07** – Lamas armazenadas iniciais-a dia 1 de janeiro de 2013 (t/ano)

**wwtpV08** – Lamas produzidas no sistema (t/ano)

**wwtpV09** – Lamas de outros sistemas (t/ano)

**wwtpV10** – Lamas armazenadas finais – a dia 31 de dezembro de 2013 (t/ano)

#### *Produção própria de energia – wwtpPI04*

É definida como “a percentagem de produção própria de energia, em função da energia consumida pela entidade gestora nas instalações afetas ao serviço de saneamento de águas residuais” (ERSAR, 2013) (equação 8). Este indicador aplica-se às ETAR Norte e ETAR de Olhalvas, onde há produção de energia eléctrica no processo de cogeração. O consumo

de energia é contabilizado para todas as ETAR em funcionamento.

$$wwtpPI04 = \frac{wwtpV11}{wwtpV12} * 100 \quad (\text{equação 8})$$

sendo:

**wwtpV11** – Produção própria de energia (kWh/ano)

**wwtpV12** – Consumo de energia (kWh/ano)

*Utilização de águas residuais tratadas – wwtpPI05*

É definido como o volume de água residual tratada que foi utilizado internamente, e é avaliado pela equação 9. O presente indicador é aplicável às ETAR onde há reutilização de água tratada, no caso, às ETAR Norte, Olhalvas, Fátima e Pedreiras.

$$wwtpPI05 = \frac{wwtpV13+wwtpV14}{wwtpV16} * 100 \quad (\text{equação 9})$$

Sendo:

**wwtpV16** – Volume de água residual tratada (m<sup>3</sup>/ano)

**wwtpV13** – Volume de água residual tratada e fornecida a outra entidade (m<sup>3</sup>/ano)

**wwtpV14** – Volume de água residual tratada utilizada para uso próprio (m<sup>3</sup>/ano)

*Produção de lamas em ETAR – wwtpPI06*

É definido como o volume de lamas produzidas por m<sup>3</sup> de efluente tratado (equação 10). O presente indicador é aplicável às ETAR Norte, Olhalvas, Fátima, Zona Industrial da Marinha Grande, Juncal e Pedreiras, onde há produção de lamas no processo de tratamento.

$$wwtpPI06 = \frac{wwtpV15}{wwtpV16} \quad (\text{equação 10})$$

Sendo:

**wwtpV15** – Lamas produzidas (ton.)

**wwtpV16** – Volume de água residual tratada (m<sup>3</sup>)

#### *Produção de biogás em ETAR – wwtpPI07*

É definido como o volume de biogás produzido em ETAR em função do teor de sólidos voláteis reduzidos (equação 11). Este indicador é aplicável às ETAR Norte e de Olhalvas, nas quais há produção de biogás no processo de digestão anaeróbia.

$$wwtpPI07 = \frac{wwtpV17}{wwtpV18} \quad (\text{equação 11})$$

Sendo:

**wwtpV17** – Biogás produzido (Nm<sup>3</sup>)

**wwtpV18** – SV convertido (Kg)

#### *Consumo polímero – wwtpPI08*

É definido pela massa de polímero consumido em função dos sólidos desidratados (equação 12). Este indicador é aplicável às ETAR onde são desidratadas lamas, no caso, às ETAR Norte, Olhalvas e Fátima.

$$wwtpPI08 = \frac{wwtpV19}{wwtpV20} \quad (\text{equação 12})$$

Sendo:

**wwtpV19** – Polímero consumido em ETAR (kg)

**wwtpV20** – Sólidos desidratados em ETAR (ton MS)

#### *Consumo energia no tratamento de águas residuais – wwtpPI09*

É definido pela energia consumida em função do caudal tratado e é avaliado pela equação 13. Este indicador é aplicável a todas as ETAR.

$$wwtpPI09 = \frac{wwtpV12}{wwtpV16} \quad (\text{equação 13})$$

Sendo:

**wwtpV16** – Volume de água residual tratada no período (m<sup>3</sup>)

**wwtpV21** – Energia Consumo de Energia (kWh)

*Eficiência mássica de remoção de CQO – wwtPII0*

É definido pela relação entre a carga de CQO rejeitada em função da carga de CQO afluente e é avaliada pela equação 14. Este indicador é aplicável a todas as ETAR.

$$wwtpPII0 = \frac{wwtpV23 - wwtpV22}{wwtpV23} * 100 \quad (\text{equação 14})$$

Sendo:

**wwtpV22** – Concentração CQO no efluente (mg O<sub>2</sub>/L)

**wwtpV23** – Concentração CQO no afluente (mg O<sub>2</sub>/L)

*Eficiência mássica de remoção de CBO<sub>5</sub> - wwtPII1*

É definido pela relação entre a carga de CBO<sub>5</sub> rejeitada em função da carga de CBO<sub>5</sub> afluente (equação 15). Este indicador é aplicável a todas as ETAR.

$$wwtpPII1 = \frac{wwtpV25 - wwtpV24}{wwtpV25} * 100 \quad (\text{equação 15})$$

sendo:

**wwtpV24** – Concentração CBO<sub>5</sub> no efluente (mg O<sub>2</sub>/L)

**wwtpV25** – Concentração CBO<sub>5</sub> no afluente (mg O<sub>2</sub>/L)

*Eficiência mássica de remoção de SST - wwtPII2*

É definido pela relação entre a carga de SST rejeitada em função da carga de SST afluente e é avaliado pela equação 16. Este indicador é aplicável a todas as ETAR.

$$wwtpPII2 = \frac{wwtpV27 - wwtpV26}{wwtpV27} * 100 \quad (\text{equação 16})$$

Sendo:

**wwtpV26** – Concentração SST no efluente (mg /L)

**wwtpV27** – Concentração SST no afluente (mg /L)

A Tabela 11 reúne o código e designação das vinte e seis variáveis, necessárias ao cálculo dos indicadores seleccionados para o estudo.

**Tabela 11** - Variáveis a apurar para determinação dos indicadores seleccionados

<b>Código Variável</b>	<b>Designação</b>
<b>wwtpV01</b>	<i>Análises requeridas (n.º/ano)</i>
<b>wwtpV02</b>	<i>Análises realizadas (n.º/ano)</i>
<b>wwtpV03</b>	<i>Eq. de população com tratamento satisfatório (Licença descarga válida) (e.p.)</i>
<b>wwtpV04</b>	<i>Eq. de população com tratamento satisfatório (Licença descarga não válida) (e.p.)</i>
<b>wwtpV05</b>	<i>Equivalente de população servido por estações de tratamento (e.p.)</i>
<b>wwtpV06</b>	<i>Lamas com destino adequado (t/ano)</i>
<b>wwtpV07</b>	<i>Lamas armazenadas iniciais (t/ano)</i>
<b>wwtpV08</b>	<i>Lamas produzidas no sistema (t/ano)</i>
<b>wwtpV09</b>	<i>Lamas de outros sistemas (t/ano)</i>
<b>wwtpV10</b>	<i>Lamas armazenadas finais (t/ano)</i>
<b>wwtpV11</b>	<i>Produção própria de energia (kWh/ano)</i>
<b>wwtpV12</b>	<i>Consumo de energia (kWh/ano)</i>
<b>wwtpV13</b>	<i>Volume de água residual tratada e fornecida a outra entidade(m<sup>3</sup>/ano)</i>
<b>wwtpV14</b>	<i>Volume de água residual tratada utilizada para uso próprio (m<sup>3</sup>/ano)</i>
<b>wwtpV15</b>	<i>Lamas produzidas em ETAR (ton./mês)</i>
<b>wwtpV16</b>	<i>Volume de água residual tratada (m<sup>3</sup>/mês)</i>
<b>wwtpV17</b>	<i>Biogás produzido em ETAR (Nm<sup>3</sup>/mês)</i>
<b>wwtpV18</b>	<i>SV convertido (Kg/mês)</i>
<b>wwtpV19</b>	<i>Polímero consumido em ETAR (Kg/ton MS)</i>
<b>wwtpV20</b>	<i>Sólidos desidratados (ton MS)</i>
<b>wwtpV22</b>	<i>Concentração CQO no efluente (mg O<sub>2</sub>/L)</i>
<b>wwtpV23</b>	<i>Concentração CQO no afluente (mg O<sub>2</sub>/L)</i>
<b>wwtpV24</b>	<i>Concentração CBO<sub>5</sub> no efluente (mg O<sub>2</sub>/L)</i>
<b>wwtpV25</b>	<i>Concentração CBO<sub>5</sub> no afluente (mg O<sub>2</sub>/L)</i>
<b>wwtpV26</b>	<i>Concentração SST no efluente (mg/L)</i>
<b>wwtpV27</b>	<i>Concentração SST no afluente (mg/L)</i>

# Discussão de Resultados

---

A presente secção tem como objectivo a apresentação e discussão dos resultados obtidos para os indicadores seleccionados e para as variáveis que suportam a sua determinação.

## ***5.1 Apresentação dos resultados das variáveis***

As Tabelas 12 a 28 apresentam os resultados das vinte e sete variáveis apuradas para realização do presente estudo. Optou-se, sempre que aplicável, pela sua apresentação com uma periodicidade mensal, de modo a permitir uma análise de pormenor, por exemplo, no que se refere às variações existentes nos meses de verão e inverno.

As variáveis análises requeridas (wwtpV01) e análises realizadas (wwtpV02) são apresentadas nas Tabela 12. Para o cálculo da variável wwtpV01 foram contabilizadas todas as determinações exigidas para cada uma das ETAR em estudo, constantes das Licenças de Utilização de Dominio Hidrico (Anexo I).

A variável wwtpV02 contabiliza todas as determinações efectivamente realizadas, durante o ano 2013. A diferença entre o total anual associado a cada uma das variáveis deve-se ao facto de não ter sido realizada a determinação mensal ao parâmetro Ferro na ETAR de Zona Industrial da Marinha Grande, por falha no controlo operacional interno. Embora não seja aplicado o Valor Limite de Emissão (VLE), a Licença desta ETAR obrigava à monitorização do parâmetro Ferro, pelo que esta ocorrência teve como consequência a abertura de uma Não Conformidade no âmbito do Sistema de Responsabilidade Empresarial da SIMLIS, e a tomada de acções correctivas com vista à garantia da não recorrência da acção.

Salienta-se que o plano mensal de análises foi cumprido em todas as outras ETAR, conforme apresentado no Anexo II.

**Tabela 12** - Análises requeridas (wwtpV01) e Análises realizadas (wwtpV02) no ano de 2013

Designação da ETAR	Total Análises requeridas	Total Análises realizadas
	(nº/ano)	(nº/ano)
Norte	204	204
Olhalvas	72	72
Fátima	72	72
Juncal	72	72
Pedreiras	96	96
Vieira de Leiria	72	72
Praia do Pedrogão	26	26
Marinha Grande	216	194
S. Pedro de Moel	69	69
<b>Total</b>	<b>899</b>	<b>877</b>

A Tabela 13 refere-se ao equivalente de população com tratamento satisfatório com licença de descarga válida (wwtpV03) e equivalente de população servido por estações de tratamento (wwtpV05). Tendo em conta que para o período em estudo todas as licenças se encontravam válidas, a variável equivalente de população com tratamento satisfatório com licença de descarga não válida (wwtpV04) é zero.

Considera-se ainda que, para o ano em análise, todas as ETAR têm tratamento satisfatório, porque os incumprimentos registados relativamente aos VLE constantes das Licenças de Utilização do Dominio Hidrico foram admitidos, de acordo com o Quadro n.º 3, do Anexo I, do Decreto-Lei 152/97, de 19 de junho. Os registos relativos aos ensaios realizados para verificação do cumprimento das disposições da Licença apresentam-se no Anexo IV.

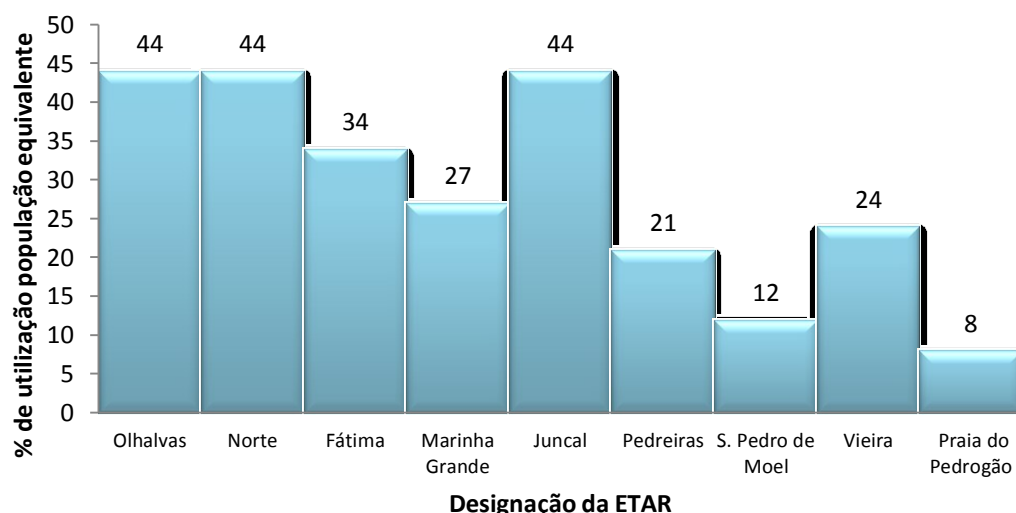
Para o apuramento da população equivalente servida por ETAR (wwtpV05) foram tidas em conta as cargas de CBO<sub>5</sub> afluentes à ETAR, o caudal tratado e a carga *per capita*, que constam no Anexo III.

A análise da Tabela 13 permite identificar, como expectável, o aumento da população equivalente nas ETAR localizadas em zonas balneares (Pedrogão e S. Pedro de Moel) nos meses de verão, principalmente julho e agosto.

**Tabela 13** - Equivalente de população com tratamento satisfatório com licença de descarga válida (wwtpV03) e equivalente de população servido por estações de tratamento (wwtpV05) no ano 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
	(hab-eq/mês)												(hab-eq/ano)
<b>Norte</b>	144093	120956	171798	141690	91093	83850	67249	69676	91282	122197	87876	129357	110131
<b>Olhalvas</b>	35162	20542	19924	24051	20321	22921	13007	12137	22132	19872	22948	27781	21726
<b>Fátima</b>	11720	8027	11938	9090	12255	10108	14051	13034	10525	14096	8358	10199	11151
<b>Juncal</b>	2728	226	1436	966	1882	783	956	648	881	1292	886	868	1216
<b>Pedreiras</b>	4639	1893	5006	635	638	612	184	77	298	681	207	727	1306
<b>Vieira de Leiria</b>	7043	3707	15196	5311	6852	4497	6771	15151	10058	11498	13331	16976	9747
<b>Praia do Pedrogão</b>	267	106	446	329	712	1888	2983	4831	1125	973	290	518	1215
<b>Marinha Grande</b>	3732	3164	6981	3394	7239	1933	2083	831	1584	8009	2179	5970	3947
<b>S. Pedro de Moel</b>	772	776	564	723	721	671	1613	3771	1481	862	497	820	1111
<b>Total anual</b>													<b>161550</b>

No que diz respeito à variável wwtpV05, verifica-se que, no ano 2013, todas as ETAR serviram abaixo de 50% da população-equivalente de projecto (Figura 28). Salienta-se a ETAR de Praia do Pedrogão, que serviu apenas 8%. Esta situação resulta do facto de se ter efectuado uma estimativa superior dos caudais a tratar na estação à data do projecto, por estar prevista a construção de condomínios e outros aglomerados populacionais/industriais em algumas zonas, que posteriormente se verificou não apresentar viabilidade. Relativamente às restantes ETAR, verifica-se que serviram uma população abaixo da prevista, como consequência de, pelo menos, três factores conhecidos. Por um lado, a situação identificada no caso da ETAR de Pedrogão; por outro, a dificuldade dos municípios construírem as redes de drenagem em baixa; e por último, a resistência das populações em efectuarem a ligação, decorrente da disponibilidade de fossas sépticas, utilizadas desde há muitos anos, e dos custos associados à ligação.



**Figura 28** – Percentagem (%) de utilização das ETAR em termos de população equivalente no ano de 2013

As variáveis relativas à produção e valorização de lamas, nomeadamente lamas com destino adequado (wwtpV06), lamas armazenadas iniciais (wwtpV07), lamas produzidas no sistema (wwtpV08) e lamas armazenadas finais (wwtpV10), apresentam-se na Tabela 14. Os dados são relativos apenas à gestão de lamas desidratadas das ETAR Norte, Olhalvas e Fátima, por se tratarem das ETAR onde ocorre o processo de desidratação (secção 1.1, 1.2 e 1.5). No caso da ETAR de Olhalvas, os valores considerados têm em conta não só as lamas geradas nessa ETAR, mas também as recebidas das ETAR de Juncal, Pedreiras e Zona Industrial da Marinha Grande (secção 1.2). O valor apurado para a variável lamas recebidas de outros sistemas (wwtpV09) para o ano 2013, é zero.

**Tabela 14** - Variáveis relativas à produção e valorização de lamas (wwtpV06, wwtpV07, wwtpV08, wwtpV10) no ano de 2013

Designação da ETAR	Lamas com destino adequado (ton/ano)	Lamas armazenadas iniciais (ton/ano)	Lamas produzidas no sistema (ton/ano)	Lamas armazenadas finais (ton/ano)
Norte	8362	2000	8862	2500
Olhalvas	1161	0	1161	0
Fátima	1178	0	1178	0
<b>Total</b>	<b>10701</b>	<b>2000</b>	<b>11201</b>	<b>2500</b>

A ETAR Norte e a ETAR de Olhalvas possuem, de acordo com o Decreto-Lei 276/2009, de 2 de outubro, parques licenciados para armazenamento de lamas por um período de três

meses. De acordo com a Tabela 14, verifica-se que, no início do ano 2013, se encontravam armazenadas na ETAR Norte 2000 toneladas de lama produzida no ano de 2012, que não foram enviadas para destino final adequado; e no final do ano 2013, 2500 toneladas de lama, produzidas nesse ano e não encaminhadas para destino final adequado. A quantidade de lamas armazenada nos anos de 2012 e 2013 deve-se à impossibilidade legal de encaminhar, para a agricultura, lamas nos meses de inverno.

Nas ETAR de Olhalvas e de Fátima, as lamas produzidas em 2012 e em 2013, foram enviadas para destino final adequado na totalidade, no ano em vigor, não tendo havido recurso a quantitativos armazenados no final do ano.

As tabelas 15 e 16 referem-se, respectivamente, às variáveis produção de energia (wwtpV11) e consumo de energia (wwtpV12). Conforme referido na introdução (secções 1.1 e 1.2), a variável produção de energia é apurada nas ETAR Norte e Olhalvas, onde é produzida energia por cogeração. Na ETAR Norte a energia produzida é vendida à rede e na ETAR de Olhalvas é utilizada para autoconsumo.

Verifica-se que, em termos de produção de energia, a ETAR Norte produziu 83% do total de energia produzida nas ETAR da SIMLIS no ano de 2013. O resultado era expectável, tendo em conta que a ETAR Norte tratou cerca de 8394068 m<sup>3</sup> de efluente nesse ano, dos quais 20133 m<sup>3</sup> são efluente suínico bruto (ESB), correspondendo a 64% do total de caudal tratado pelas ETAR em exploração.

Relativamente ao consumo de energia, variável wwtpV12, concluiu-se que a maior consumidora de energia é a ETAR Norte, que consome 61% do total da energia consumida no sistema, seguindo-se-lhe a ETAR de Olhalvas, com 16%, e a ETAR de Fátima, com 13%. A ETAR de S. Pedro de Moel é a que consome menos energia (< 1% do total de energia consumida). Os valores obtidos vão ao encontro do esperado, tendo em conta que o consumo aumenta em função do caudal tratado: à ETAR Norte correspondeu o maior volume de caudal tratado em 2013, seguindo-se a ETAR de Olhalvas. Por outro lado, a ETAR de S. Pedro de Moel integra um sistema de tratamento por lagunagem, tipicamente um menor consumidor de energia, mas que possuiu no seu esquema de tratamento uma lagoa arejada (secção 1.9), cujo equipamento para fornecimento de oxigénio funciona, em média, apenas uma hora por dia durante os meses de inverno.

No caso das ETAR de S. Pedro de Moel e Praia do Pedrogão é possível verificar, de acordo com o apresentado na Tabela 16, um aumento de energia consumida de

aproximadamente 50% no período de verão. Neste período, e pelo facto destas ETAR servirem zonas balneares, o caudal afluyente aumenta substancialmente relativamente aos meses de inverno (Tabela 19). Assim, para garantir uma resposta eficiente no processo de tratamento, é necessário colocar todos os equipamentos de arejamento em funcionamento contínuo (24 horas por dia) no início da estação. Decorridos os meses de verão é possível reduzir novamente o fornecimento de oxigénio, embora seja necessário aguardar pela estabilização do processo de tratamento.

**Tabela 15 - Produção de energia (wwtpV11) no ano 2013**

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
	(kWh/mês)												(kWh/ano)
<b>Norte</b>	97486	118129	157593	120098	84035	104400	88895	104937	93253	118955	98494	74288	1260563
<b>Olhalvas</b>	23620	22582	24626	17974	22789	25826	24511	23601	21920	18681	17648	16717	260495
<b>Total anual</b>													<b>1521058</b>

**Tabela 16 - Consumo de energia (wwtpV12) no ano 2013**

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
	(kWh/mês)												kWh/ano
<b>Olhalvas</b>	74586	70520	70947	65666	67209	60843	68492	62365	70132	82628	81294	84090	858772
<b>Norte</b>	256703	266150	270298	246177	270219	303592	309176	294124	273334	263448	251182	272635	3277038
<b>Fátima</b>	44128	43415	48501	50335	73315	60781	58843	60235	61286	64618	59657	63111	688225
<b>Juncal</b>	3090	3988	4132	4177	5897	4212	4181	4163	6204	5288	5285	5428	56045
<b>Pedreiras</b>	6795	3611	7540	4290	4147	3781	4660	5025	4859	5928	4442	4949	60027
<b>Vieira de Leiria</b>	6507	6547	6000	5494	6896	5818	8531	6060	5246	8031	5720	5752	76602
<b>Praia do Pedrogão</b>	4550	3907	5288	7152	8425	17842	12399	10108	11414	11566	9552	4503	106706
<b>Marinha Grande</b>	15819	14084	16984	15462	14949	14262	14677	14120	13895	14825	14402	15156	178635
<b>S. Pedro de Moel</b>	2838	2452	2859	2970	4023	4272	4943	4962	4347	4003	2270	2688	42627
<b>Total anual</b>													<b>5344677</b>

A Tabela 17 apresenta os volumes apurados para as ETAR onde foi utilizada água residual

tratada para uso próprio (wwtpV14), nomeadamente nas ETAR de Olhalvas, Norte, Fátima e Pedreiras. O volume de água residual tratada e fornecida a outra entidade (variável wwtpV13), foi no ano 2013, de 0 m<sup>3</sup>.

**Tabela 17** - Volume de água residual tratada utilizada para uso próprio (wwtpV14) no ano 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
	(m <sup>3</sup> /mês)												(m <sup>3</sup> /ano)
<b>Olhalvas</b>	3051	1943	1800	1493	1980	2440	2614	2804	2066	1256	921	958	23326
<b>Norte</b>	3674	6089	5651	3787	5204	7258	7490	5022	5379	6747	5595	4901	66797
<b>Fátima</b>	576	282	1041	281	1049	1022	375	313	76	21	355	417	5808
<b>Pedreiras</b>	65	2	1	50	28	41	84	113	138	108	36	0	666
<b>Total anual</b>													<b>96697</b>

Para medição dos caudais reutilizados em ETAR, foram instalados medidores de caudal na rede de água reutilizada das ETAR de Olhalvas, Norte, Fátima e Pedreiras. A maior percentagem de volume tratado foi reutilizada na ETAR Norte, aproximadamente 70% do total de água reutilizada no sistema da SIMLIS, sendo que na ETAR de Pedreiras o volume reutilizado foi inferior a 1%. Estes valores justificam-se tendo em conta a dimensão das ETAR, já que o efluente reutilizado é utilizado para lavagens dos espaços das ETAR e rega de espaços verdes.

Na Tabela 18 apresentam-se os valores apurados para a variável lamas produzidas em ETAR (wwtpV15). Foram contabilizadas as lamas produzidas nas ETAR Norte, Olhalvas, Fátima, Zona Industrial da Marinha Grande e Juncal, tendo-se considerado que não foram produzidas lamas nas ETAR de Pedreiras, S. Pedro de Moel, Praia do Pedrogão e Vieira de Leiria. Na ETAR de Pedreiras, esta condição decorre dos baixos caudais tratados na ETAR, em comparação com os caudais de projecto. Nas ETAR localizadas nas zonas balneares tem havido necessidade de extrair lamas apenas de cinco em cinco anos (secção 1). No caso específico da ETAR de S Pedro de Moel, onde são retiradas lamas para os leitos de secagem, não foram contabilizadas as lamas produzidas por não haver forma de quantificar os caudais recolhidos do tanque imhoff.

No caso das ETAR Norte, Fátima e Olhalvas, o cálculo desta variável teve em conta, conforme Anexo V, os volumes de lama desidratada, os teores de sólidos na lama à entrada da centrífuga e os teores de sólidos na lama desidratada. Nas ETAR de Juncal e Zona Industrial da Marinha Grande, foram contabilizados os teores de sólidos nas lamas e os

volumes de lamas espessadas transportados, por autotanque, destas ETAR para a ETAR de Olhalvas.

Da análise da Tabela 18, destacam-se a ETAR Norte, que gera a maior percentagem de lamas, correspondendo a, mais de 70% do total de lamas; e a ETAR de Juncal, que gera apenas 1% do total de lamas produzidas no sistema. Os resultados obtidos estão diretamente relacionados com o volume de caudal tratado.

**Tabela 18** - Lamas produzidas em ETAR (wwtpV15) no ano 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total (ton MO/ano)	% lamas produzidas
Norte	771	699	828	633	1182	1353	909	430	395	436	555	640	8831	72
Olhalvas	121	96	111	157	157	187	185	188	141	45	37	47	1472	12
Fátima	77	79	85	126	126	147	149	156	175	83	211	277	1691	14
Marinha Grande	7	7	11	15	19	22	24	18	17	26	17	16	199	2
Juncal	3	4	6	7	2	3	8	5	6	9	7	3	63	1
<b>Total anual</b>													<b>12256</b>	

Os volumes de água residual tratada em ETAR (wwtpV16) são apresentados na Tabela 19. Da análise dos dados, pode-se inferir que na generalidade das ETAR se verifica um aumento do volume recolhido nos meses de inverno, consequência da pluviosidade, da existência de rede unitária e de alguns focos de infiltrações na rede.

Verifica-se que na ETAR de S. Pedro de Moel e na ETAR de Pedrogão, o volume de água residual tratada nos meses de julho, agosto e setembro aumenta consideravelmente, reforçando a análise já efectuada à variação da população equivalente servida e da energia consumida (tabelas 13 e 16).

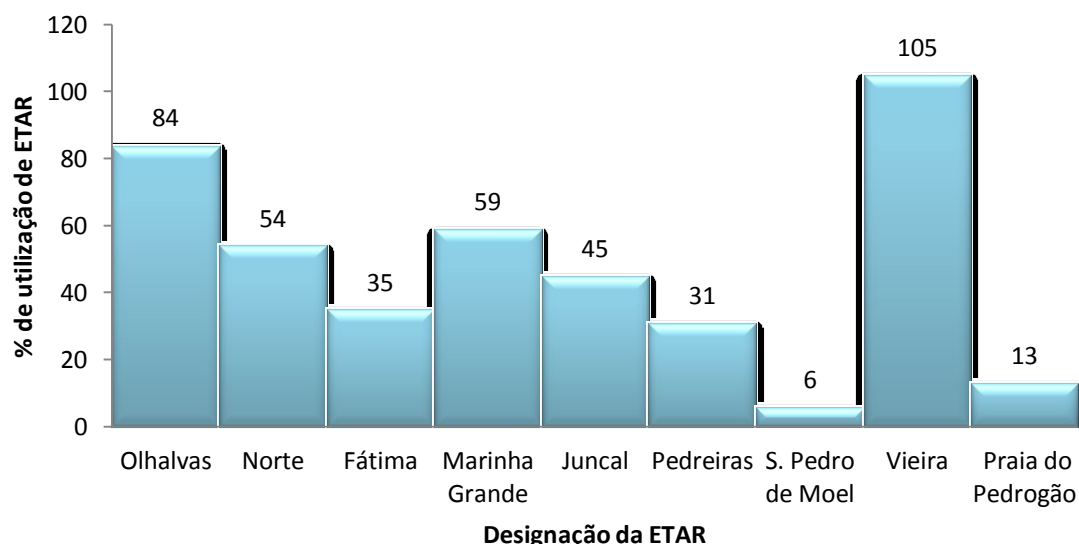
No ano 2013, as ETAR que recolheram maior volume foram, por tipologia de tratamento, a ETAR Norte no caso do arejamento convencional, a de Fátima no caso do arejamento prolongado e a de Vieira de Leiria no caso da lagunagem.

**Tabela 19 - Água residual tratada (wwtpV16) no ano 2013**

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total (m <sup>3</sup> /ano)
Olhalvas	304192	216623	346347	270578	139987	114603	109968	112872	122576	157281	137686	198743	2231456
Norte	924181	738470	1101877	980931	664443	520438	500332	471260	490470	662643	575190	763823	8394068
Fátima	72666	45349	87065	56418	65126	50539	52270	65522	59202	78263	51171	62194	745794
Juncal	13011	8206	13357	9657	6604	5871	5926	6026	6345	8285	6378	8502	98168
Pedreiras	47935	14971	66509	14279	7411	4592	1803	1585	7674	15829	5314	19311	207213
Vieira de Leiria	87327	80637	117768	119498	70799	53964	59971	61263	50289	68986	64854	87708	923064
Praia do Pedrogão	1550	877	2962	2962	4727	12140	22197	23039	5787	5171	1451	2917	85780
Marinha Grande	38565	34405	46538	38178	26929	24858	25826	22071	23756	29794	23067	30011	363998
S. Pedro de Moel	3503	3070	4560	3829	4792	5751	13640	20042	7404	4857	2484	4123	78055
<b>Total Anual</b>													<b>13127596</b>

Relativamente à % de utilização da capacidade total da ETAR, em termos de caudal tratado, no ano 2013, a ETAR de Vieira de Leiria tratou 105% relativamente ao caudal de projecto, enquanto que as outras ETAR estiveram abaixo da sua capacidade total de tratamento (Figura 29). No caso da ETAR de Vieira importa relacionar este facto com a população-equivalente servida por estações de tratamento (wwtpV05), verificando-se que, embora o caudal tratado neste ano seja superior ao caudal de projecto, as cargas afluentes foram inferiores ao previsto.

No caso específico das ETAR de S. Pedro de Moel e de Pedrogão verifica-se uma % de utilização da capacidade total das ETAR de 6 e 13%, respectivamente, uma vez que, conforme expresso anteriormente, as ETAR localizadas em zonas balneares foram dimensionadas para tratar caudais muito acima dos que efectivamente afluem à rede. Verifica-se, para o ano em análise, que os caudais mais elevados foram tratados nos meses de julho, agosto e setembro (Tabela 19).



**Figura 29** – Percentagem (%) de Utilização de ETAR em termos de caudal no ano 2013

As tabelas 20 e 21 referem-se ao volume de biogás produzido (wwtpV17) e á massa de sólidos voláteis convertidos (wwtpV18) no processo de digestão anaeróbia das ETAR Norte e de Olhalvas. Os sólidos voláteis convertidos na digestão foram avaliados tendo em conta os caudais afluentes à digestão e o teor de matéria volátil à entrada e saída do processo, conforme Anexo VI.

A análise mostra que na ETAR Norte se produziu 81% do biogás total gerado e foram convertidos cerca de 80% do total de sólidos voláteis convertidos no sistema. Estes valores estão de acordo com os aspectos já referidos relativamente a esta ETAR, nomeadamente o tratamento de um maior volume de efluente durante o ano, em parte efluente suinícola com elevada carga de sólidos voláteis, e maior produção de energia eléctrica (Tabela 15 e 19).

**Tabela 20** - Biogás produzido em ETAR (wwtpV17) no ano 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
	(m <sup>3</sup> /mês)												(m <sup>3</sup> /ano)
<b>Norte</b>	39557	50724	61781	45787	32331	44987	38136	45091	39590	49817	41433	30877	125433
<b>Olhalvas</b>	11916	12233	12162	8645	10703	11585	11389	10689	9378	9737	9611	7385	520111
<b>Total anual</b>													<b>645544</b>

**Tabela 21** - Sólidos Voláteis convertidos (wwtpV18) no ano 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
	(kg SV convertido/mês)												(kg SV convertido/ano)
<b>Norte</b>	47551	47875	65825	56893	48492	39695	49038	666594	61618	52604	50166	39959	626310
<b>Olhalvas</b>	15328	17640	12694	9351	10186	11568	11167	23023	10419	10675	15154	11684	158885
<b>Total anual</b>													<b>785195</b>

Os valores apurados para a quantidade de polímero consumido em ETAR (wwtpV19) e para os sólidos desidratados em ETAR (wwtpV20) são apresentados na Tabela 22. Esta avaliação foi efectuada apenas nas ETAR de Olhalvas, Norte e Fátima uma vez que, como já foi referido (secções 1.1, 1.2 e 1.5), o processo de desidratação só é aplicado nestas instalações.

Como se pode verificar, 75% do total de sólidos desidratados no sistema são processados na ETAR Norte, onde também se regista o consumo mais elevado de polímero (73%). O consumo mais baixo ocorreu na ETAR de Fátima (10%), na qual se contabilizou a desidratação de 13% do total de sólidos.

Estes valores encontram-se dentro do expectável, tendo em conta que a ETAR Norte trata a maior percentagem de caudal do sistema (64%), de onde resulta o maior teor de sólidos produzidos e desidratados e, por consequência, a maior quantidade de polímero consumida. No entanto, note-se ainda que nas ETAR Norte, de Olhalvas e de Fatima, os volumes tratados e os sólidos produzidos no ano 2013, foram de 8394068 m<sup>3</sup>/2061 Kg, 2231456 m<sup>3</sup>/346 Kg e 745794 m<sup>3</sup>/353Kg , respetivamente. Estes dados indicam que, em termos proporcionais, a produção de sólidos em Kg/m<sup>3</sup> é superior na ETAR de Fátima. Este facto sugere, conforme esperado, que o processo de digestão anaeróbia existente nas ETAR Norte e de Olhalvas potencia uma redução de sólidos, relativamente ao processo de arejamento prolongado, sem digestão a justante, que é o caso da ETAR de Fátima.

No que diz respeito ao consumo de polímero nestas ETAR, verifica-se que no processamento de quantidades idênticas de lamas, na etapa de desidratação da ETAR de Fátima foi consumida uma quantidade substancialmente inferior à da ETAR de Olhalvas (Tabela 22). Uma análise detalhada ao funcionamento deste processo, permitiu identificar duas condições operacionais capazes de justificar os resultados: por um lado, a

inexistência, na ETAR de Olhalvas, de agitador no silo de lamas que antecede a desidratação (secção 1), o que provoca uma grande variabilidade na qualidade das lamas afluentes à centrifuga, com conseqüente dificuldade na gestão dos parâmetros operacionais da centrifuga; e por outro, a necessidade de formação dos operadores da ETAR de Olhalvas, nesta etapa específica de tratamento. A quantidade de polímero consumida na ETAR Norte, equivalente a 73% do total consumido nas ETAR com desidratação, encontra-se dentro do expectável, tendo em conta que foram desidratados 75% dos sólidos desidratados no sistema.

**Tabela 22** - Polímero consumido em ETAR (wwtpV19) e Sólidos desidratados em ETAR (wwtpV20) no ano de 2013

Designação da ETAR	Polímero consumido (tonelada/ano)	% Polímero consumido	Sólidos desidratados (Kg /ano)	% Sólidos desidratados
Norte	23800	73	2061	75
Olhalvas	5534	17	346	12
Fátima	3375	10	353	13
<b>Total anual</b>	<b>32709</b>	<b>--</b>	<b>2760</b>	<b>--</b>

A concentrações mensais e a concentração média anual obtidas para o parâmetro carência química de oxigénio no afluente (wwtpV23) e no efluente tratado (wwtpV22) nas ETAR em estudo, durante o ano de 2013, apresentam-se nas tabelas 23 e 24, respectivamente.

O valor de CQO no afluente varia entre um mínimo de 82 mg O<sub>2</sub>/L, obtido no mês de março na ETAR de Pedreiras; e o valor máximo de 1199 mg O<sub>2</sub>/L, obtido no mês de junho na ETAR de Juncal. Quando detetados valores de CQO acima de 1000 mg O<sub>2</sub>/L nos afluentes às ETAR são tomadas medidas preventivas, de modo a aferir a proveniência do afluente. Esta concentração, definida internamente pelos técnicos da SIMLIS, tem como principal objectivo alertar para a possível afluência à rede de afluentes de características não domésticas, que podem causar problemas graves, quer nos processos biológicos, quer a jusante, na acumulação de compostos indesejáveis nas lamas, que podem inviabilizar a sua valorização agrícola. No caso específico da concentração de 1199 mg O<sub>2</sub>/L, detetada na ETAR de Juncal, foram feitas colheitas em vários pontos da rede que afluíu à ETAR, não tendo sido detetada a origem da concentração elevada. Quando se efectuou nova colheita de afluente da ETAR de Juncal, verificou-se que os valores obtidos se encontravam abaixo do valor de alarme definido internamente (1000 mg O<sub>2</sub>/L).

A variação da concentração de CQO nas várias ETAR, indica amplitudes significativas em algumas, nomeadamente nas de Zona Industrial da Marinha Grande (215 mg O<sub>2</sub>/L, em janeiro – 1141 mg O<sub>2</sub>/L, em outubro) e de Juncal (229 mg O<sub>2</sub>/L, março – 1199 mg O<sub>2</sub>/L, em junho), verificando-se, de um modo geral, que os valores mais baixos são recorrentes nos meses de maior pluviosidade e os valores mais elevados nos meses secos. As ETAR com menor amplitude nas concentrações de CQO afluente são as de Olhalvas (172 mg O<sub>2</sub>/L a 649 mg O<sub>2</sub>/L) e de S. Pedro de Moel (298 mg O<sub>2</sub>/L a 715 mg O<sub>2</sub>/L). A variação na concentrações de CQO afluente às ETAR poderá estar relacionada com dois factores conhecidos, nomeadamente, a dimensão das redes de drenagem de afluentes, verificando-se, em alguns casos, que uma menor rede de drenagem dá origem a uma maior amplitude de concentrações afluentes; e a descarga de efluentes industriais na rede.

No que se refere à concentração de CQO no efluente tratado verifica-se, da análise dos dados que constam da Tabela 24, que o valor médio mais baixo é atingido na ETAR de Pedreiras (17 mg O<sub>2</sub>/L) e o mais elevado na ETAR de S. Pedro de Moel (125 mg O<sub>2</sub>/L). Tendo em conta as Licenças de Descarga das ETAR em estudo (Anexo I), verifica-se que em nenhum dos meses houve incumprimento do VLE estabelecido (150 mg O<sub>2</sub>/L na ETAR de Praia do Pedrogão e 125 mg O<sub>2</sub>/L nas restantes ETAR). Apesar disso, os valores de CQO do efluente tratado nas ETAR de Vieira de Leiria e de S. Pedro de Moel encontram-se muito próximo do VLE em vários meses, em particular na época de verão (Tabela 24). Este facto é explicado, pelo aumento considerável do caudal afluente a estas ETAR, que aumenta, substancial e repentinamente, a quantidade de matéria orgânica a degradar, dificultando a resposta do processo biológico. Os problemas de operação são particularmente evidentes no caso da ETAR da Vieira, que tratou 105% do caudal de projecto em 2013 (Figura 29), o que naturalmente acarreta dificuldades na gestão do processo de tratamento, por desadequação da sua capacidade, face aos caudais afluentes. Importa nesta fase referir, que não obstante o referido anteriormente, relativamente à amplitude de concentrações de CQO afluente, as ETAR em estudo, designadamente nas que se registam maior amplitudes a resposta eficaz dos processos de tratamento permitiu atingir sempre os padrões de qualidade requeridos.

**Tabela 23** - Concentração de CQO no afluente às ETAR (wwtpV23) no ano de 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
	(mg O <sub>2</sub> /L)												
Norte	320	333	222	260	550	480	743	541	593	473	548	632	475
Olhalvas	245	236	172	185	637	649	473	488	446	378	364	507	398
Fátima	457	514	241	607	666	625	977	713	767	428	421	507	577
Juncal	319	558	229	492	558	1199	702	510	678	554	674	608	590
Pedreiras	120	162	82	214	355	533	732	256	673	242	330	304	334
Vieira de Leiria	142	181	140	177	460	436	651	706	535	638	395	382	404
Praia do Pedrogão	350	389	254	341	627	773	1018	532	660	753	403	505	550
Marinha Grande	215	378	391	388	553	345	431	418	567	1141	459	610	491
S. Pedro de Moel	374	520	355	545	463	298	585	584	358	715	520	474	483

**Tabela 24** - Concentração de CQO no efluente tratado nas ETAR (wwtpV22) no ano de 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
	(mg O <sub>2</sub> /L)												
Norte	54	43	51	39	40	53	48	52	48	42	38	44	46
Olhalvas	48	39	39	54	53	77	67	68	44	64	41	40	53
Fátima	33	45	39	40	58	54	68	83	62	54	30	35	50
Juncal	48	63	36	43	42	69	66	45	40	35	33	36	46
Pedreiras	24	37	30	38	23	45	45	17	36	28	25	37	32
Vieira de Leiria	110	82	97	100	100	85	123	118	121	103	90	54	99
Praia do Pedrogão	81	66	98	118	101	60	74	49	109	80	48	30	76
Marinha Grande	47	47	61	39	52	38	35	50	41	44	54	69	48
S. Pedro de Moel	81	102	120	125	117	64	90	120	110	76	50	46	92

As tabelas 25 e 26 apresentam os resultados das concentrações da carência bioquímica de oxigénio no afluente (wwtpV25) e no efluente tratado (wwtpV24) para todas as ETAR em exploração.

As concentrações de CBO<sub>5</sub> no afluente às ETAR variam entre 30 mg O<sub>2</sub>/L, registados na ETAR de Fátima no mês de novembro e os 530 mg O<sub>2</sub>/L, observados na ETAR de Fátima nos meses de janeiro e maio e Juncal, no mês de maio. As concentrações médias anuais afluentes variam entre 162 mg O<sub>2</sub>/L e 357 mg O<sub>2</sub>/L, nas ETAR de Pedreiras e de S. Pedro

de Moel, respectivamente. Verifica-se ainda que as maiores amplitudes na concentração de  $\text{CBO}_5$  se registam nas ETAR de Fátima, de Zona Industrial de Marinha Grande e de Juncal ( $\approx 30 - 530 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ); e as menores, nas ETAR de Olhalvas e Norte ( $\approx 95 - 335 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ). Tal como verificado relativamente às concentrações afluentes de CQO, os mínimos encontram-se distribuídos pelos meses de maior pluviosidade, sendo que as concentrações máximas estão relacionadas na ETAR de Fátima, com a colheita de amostras em datas próximas de grande afluência de peregrinos, e no caso das restantes ETAR, com o período seco.

Importa ainda referir que, no mês de janeiro, se verificou que as concentrações de  $\text{CBO}_5$  registadas no afluente às ETAR de Fátima, de Juncal, de Pedreiras, de S. Pedro e de Vieira de Leiria, foram superiores às concentrações de CQO. Esta situação, recorrente para várias ETAR, pode estar relacionada com condições de extrema pluviosidade.

Analisando a relação  $\text{CBO}_5/\text{CQO}$  nas situações em que o efluente a tratar apresenta maior carga orgânica, verifica-se que as ETAR de Pedreiras, S. Pedro de Moel e Vieira apresentam os resultados mais elevados ( $>0.6$ ); e a ETAR de Praia do Pedrogão, o valor mais baixo (0.31).

Considerando as situações em que a carga orgânica afluente é menor, verifica-se que a relação  $\text{CBO}_5/\text{CQO}$  mais elevada é registada na ETAR de Pedreiras (0.85) e os valores mais baixos, nas ETAR de Fátima e de Praia do Pedrogão (0.12 e 0.20, respetivamente).

A relação  $\text{CBO}_5/\text{CQO}$  média no afluente às ETAR é mais elevada (0.69) na ETAR de Pedreiras, podendo indicar contaminação com efluentes industriais. Nas ETAR de Pedrogão e Marinha Grande, a relação  $\text{CBO}_5/\text{CQO}$  é a mais baixa (0.35 e 0.36 respetivamente), revelando uma menor biodegradabilidade das águas a tratar. As restantes ETAR apresentam valores médios próximos de 0.5, típicos de efluentes domésticos.

Face aos resultados obtidos considera-se que a baixa relação  $\text{CBO}_5/\text{CQO}$ , registada na ETAR de Pedrogão, poderá justificar os valores mais elevados de concentrações de CQO e  $\text{CBO}_5$  no efluente tratado, sendo no entanto importante referir que nas ETAR de Marinha Grande e de Fátima, que também apresentam relações baixas de  $\text{CBO}_5/\text{CQO}$ , não se verifica dificuldade no cumprimento dos parâmetros de qualidade pretendidos para o efluente tratado. No caso da ETAR de Pedreiras, onde se verificou a relação  $\text{CBO}_5/\text{CQO}$  mais elevada, não se verificou qualquer impacto na qualidade do efluente tratado.

A análise da concentração de  $\text{CBO}_5$  no efluente tratado (Tabela 26) permite identificar que

os valores mais elevados são registados nas ETAR de Vieira, Pedrogão e S. Pedro de Moel (média anual < 20 mg O<sub>2</sub>/l), e que as concentrações mais baixas se registam nas ETAR de Pedreiras, Juncal e Norte (média anual < 10 mg O<sub>2</sub>/l). Atendendo à variação da concentração de saída em função da tipologia de tratamento das ETAR em estudo (Figuras 30, 31 e 32), verifica-se que os valores de descarga se aproximam mais do valor limite de emissão no caso da lagunagem e são significativamente inferiores ao VLE, nas ETAR com processo de tratamento de lamas activadas em funcionamento em regime de arejamento convencional ou arejamento prolongado. Nestes casos, os valores médios anuais encontram-se entre os 5 mg O<sub>2</sub>/L na ETAR de Pedreiras e os 13 mg O<sub>2</sub>/L na ETAR de Olhalvas.

Apesar disso, de referir que durante o ano de 2013, nenhuma das ETAR ultrapassou o VLE imposto na Licença de Descarga, nomeadamente, de 40 mg O<sub>2</sub>/L na ETAR de Pedrogão e de 25 mg O<sub>2</sub>/L nas restantes ETAR.

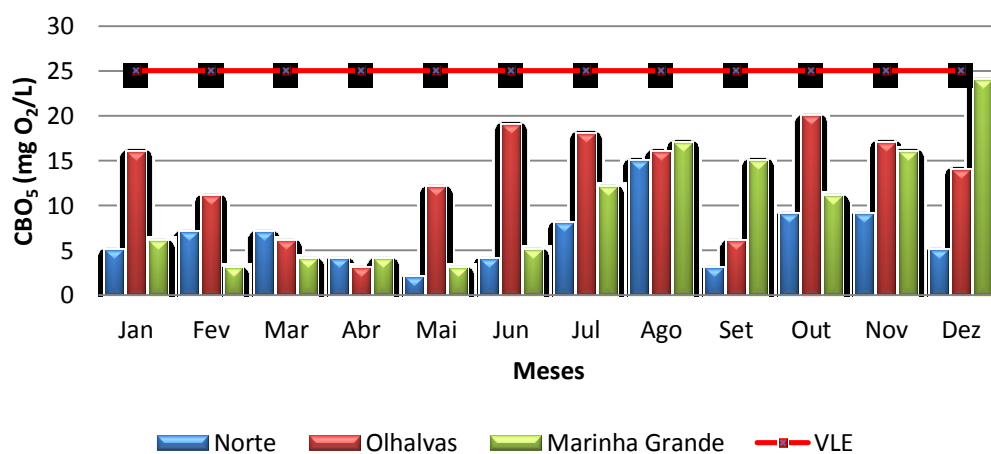
**Tabela 25** - Concentração de CBO<sub>5</sub> no afluente às ETAR (wwtpV25) no ano 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
	(mg O <sub>2</sub> /L)												
Norte	190	165	190	153	255	190	250	275	335	127	275	215	218
Olhalvas	203	140	95	160	270	360	227	200	325	135	100	160	198
Fátima	530	310	260	290	530	400	500	90	100	60	30	230	278
Juncal	390	260	200	180	530	240	300	100	100	90	250	190	236
Pedreiras	180	220	140	80	460	240	190	90	90	80	100	70	162
Vieira de Leiria	150	80	240	80	180	150	210	460	300	210	70	100	186
Praia do Pedrogão	320	210	80	100	280	180	250	190	150	50	60	230	175
Marinha Grande	80	60	70	60	500	140	150	70	120	500	170	370	191
S. Pedro de Moel	410	440	230	340	280	110	220	350	300	330	100	170	357

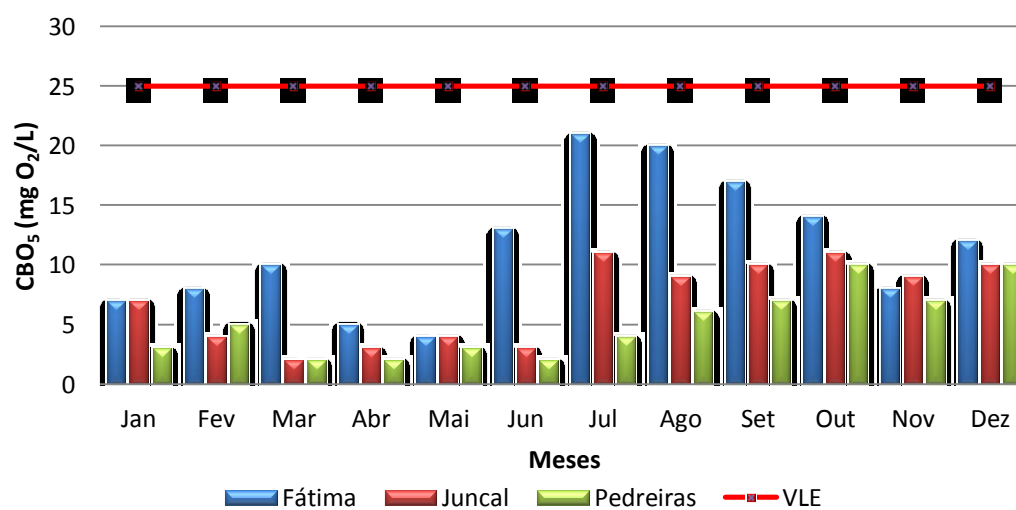
**Tabela 26** - Concentração de CBO<sub>5</sub> no efluente tratado nas ETAR (wwtpV24) no ano 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	
	(mg O <sub>2</sub> /l)													
Norte		5	7	7	4	2	4	8	15	3	9	9	5	6
Olhalvas		16	11	6	3	12	19	18	16	6	20	17	14	13

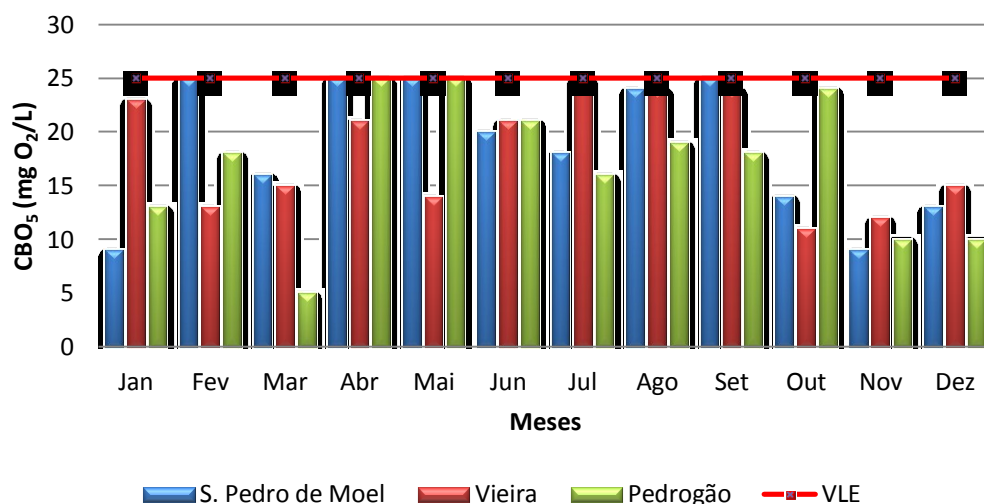
Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	
	(mg O <sub>2</sub> /l)													
Fátima		7	8	10	5	4	13	21	20	17	14	8	12	11
Juncal		7	4	2	3	4	3	11	9	10	11	9	10	7
Pedreiras		3	5	2	2	3	2	4	6	7	10	7	10	5
Vieira de Leiria		23	13	15	21	14	21	25	24	24	11	12	15	18
Praia do Pedrogão		13	18	5	25	25	21	16	19	18	24	10	10	17
Marinha Grande		6	3	4	4	3	5	12	17	15	11	16	24	10
S. Pedro de Moel		9	25	16	25	25	20	18	24	25	14	9	13	19



**Figura 30** - Concentração de CBO<sub>5</sub> no efluente tratado – ETAR com processo de lamas activadas em regime de arejamento convencional no ano 2013



**Figura 31** - Concentração de CBO<sub>5</sub> no efluente tratado – ETAR com processo de lamas activadas em regime de arejamento prolongado no ano 2013



**Figura 32** - Concentração de CBO<sub>5</sub> no efluente tratado – ETAR com processo de lagunagem no ano 2013

As tabelas 27 e 28 apresentam o teor de sólidos totais no afluente à ETAR (wwtpV27) e no efluente tratado (wwtpV26). Em termos médios, verifica-se que a maior concentração de SST aflui à ETAR de Fátima e a menor à ETAR de Pedreiras. De uma forma geral, verifica-se que nos meses de maior pluviosidade, a concentração de sólidos diminuiu nas ETAR em estudo, o que pode ser justificado pelo aumento dos caudais devido à entrada significativa de águas pluviais, que provoca um efeito de diluição.

**Tabela 27** - Concentração de SST no afluente às ETAR (vwtpV27) no ano de 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Norte	130	122	99	123	229	209	317	232	272	247	192	160	194
Olhalvas	131	107	115	131	251	318	226	275	241	186	215	189	199
Fátima	190	214	135	160	212	173	346	157	281	138	118	110	347
Juncal	98	187	91	129	233	318	250	150	255	286	197	128	194
Pedreiras	61	54	29	86	143	110	284	206	180	53	115	98	118
Vieira de Leiria	98	96	88	84	169	169	180	217	213	111	172	100	141
Praia do Pedrogão	84	98	87	80	130	186	261	178	274	179	205	127	138
Marinha Grande	79	157	414	346	366	167	187	293	611	403	365	392	315
S. Pedro de Moel	127	257	146	217	194	139	190	141	247	249	177	98	182

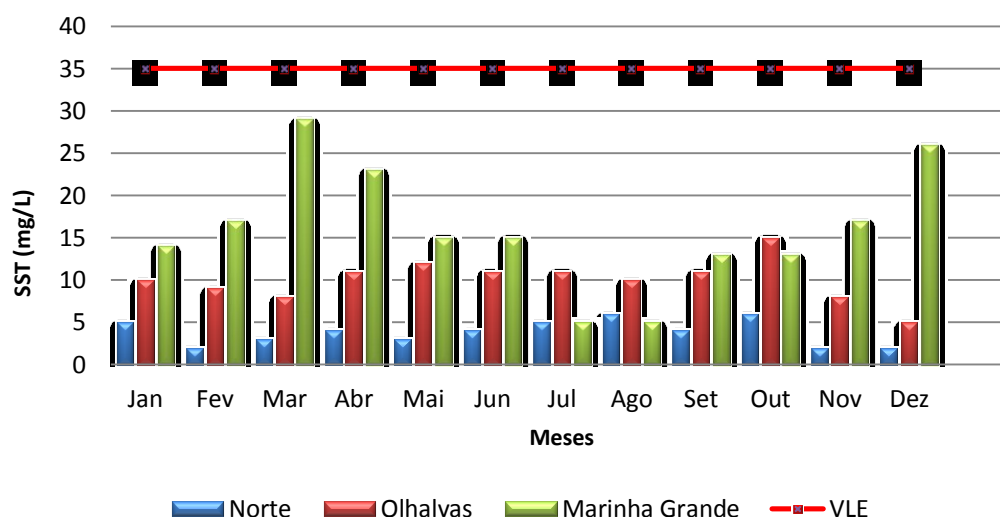
**Tabela 28** - Concentração de SST no efluente tratado nas ETAR (wwtpV26) no ano 2013

Designação da ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
	(mg/L)												
Norte	5	2	3	4	3	4	5	6	4	6	2	2	4
Olhalvas	10	9	8	11	12	11	11	10	11	15	8	5	10
Fátima	6	4	9	9	12	11	12	17	14	13	8	5	10
Juncal	7	14	6	6	6	12	12	4	10	5	10	6	8
Pedreiras	4	7	15	7	4	2	2	2	13	6	4	5	6
Vieira de Leiria	30	30	35	23	27	35	26	19	35	35	35	16	29
Praia do Pedrogão	21	35	35	28	34	9	14	4	27	6	6	2	19
Marinha Grande	14	17	29	23	15	15	5	5	13	13	17	26	16
S. Pedro de Moel	20	28	35	31	31	17	32	34	19	7	4	8	22

As Licenças de Utilização do Domínio Hidrico das ETAR em estudo indicam que o VLE para o parâmetro SST na ETAR de Pedrogão é de 60 mg/L e nas restantes ETAR é de 35 mg/L. De acordo com esta disposição, verifica-se que, durante o ano 2013, não ocorreu nenhuma violação ao valor estabelecido (Tabela 28).

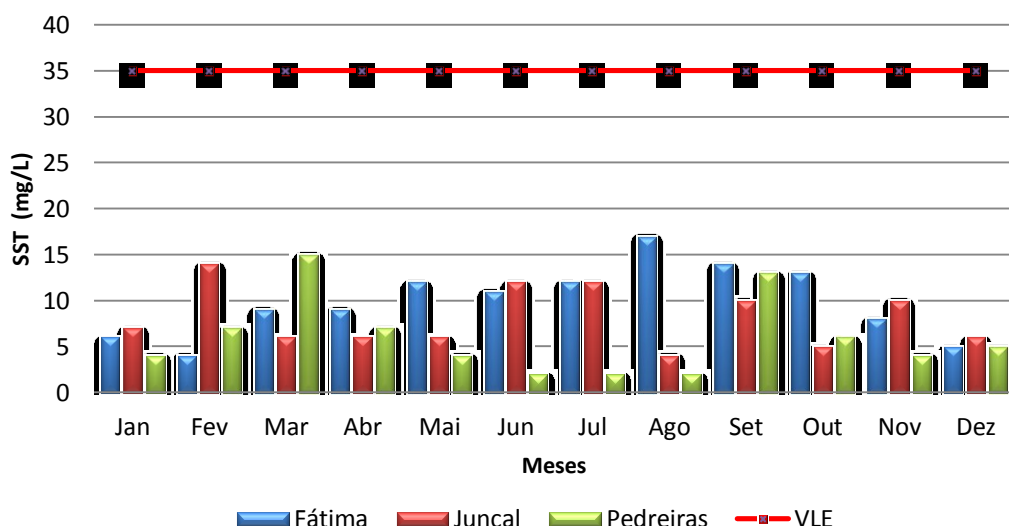
A análise efectuada permitiu ainda verificar que as concentrações mais elevadas de SST no efluente tratado se registaram nas ETAR com sistema de tratamento de lagunagem, onde se obtiveram os teores médios de 19, 22 e 29 mg/L, nas ETAR de Pedrogão, S. Pedro de Moel e Vieira de Leiria, respectivamente (Figuras 33 a 35). No caso da ETAR de Vieira de Leiria, a situação poderá ser justificada pelo caudal tratado, face à capacidade da ETAR, uma vez que a ETAR se encontrava à data de 2013, subdimensionada. Nas ETAR de Pedrogão e de S. Pedro de Moel, os valores mais elevados poderão estar associados à menor robustez destas ETAR, que lhes confere menor flexibilidade na adaptação a alterações e dificulta o processo de optimização. Neste período, verificou-se, por exemplo, que tomadas as medidas operacionais com vista ao ajustamento dos processos de tratamento, nomeadamente a optimização dos períodos de arejamento, garantindo concentrações de oxigénio superiores a 2 mg O<sub>2</sub>/L, não foi possível reduzir a concentração de sólidos suspensos totais. A elevada concentração de sólidos suspensos totais no efluente tratado, em processos de tratamento de lagunagem, é uma das desvantagens correntes desta

tipologia devido às elevadas quantidades de algas geradas. O funcionamento do arejamento durante muitas horas, no período do dia, para garantir a degradação do efluente, não permite a deposição de sólidos na lagoa arejada, que são transferidos para a lagoa de maturação, onde, devido ao tempo de retenção aplicado e à área disponível, não é garantida a eficiência de remoção pretendida.

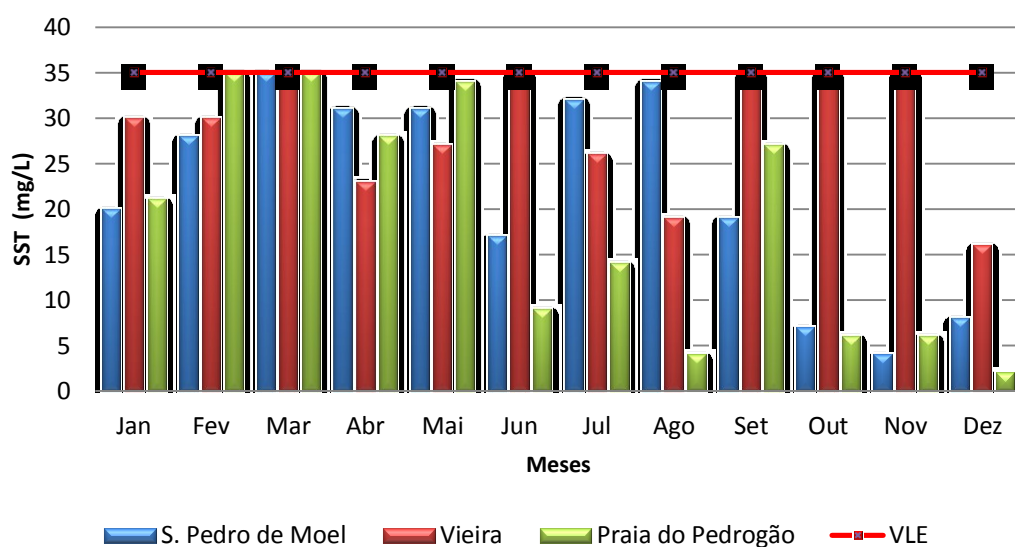


**Figura 33** - Concentração de SST no efluente tratado – ETAR com processo arejamento convencional no ano 2013

As ETAR que integram o tratamento biológico de lamas activadas apresentaram os teores de SST mais baixos (médias anuais entre 4 e 16 mg/l), sendo que, em regime de arejamento convencional, os teores mais baixos de SST foram obtidos na ETAR Norte (média anual de 4 mg/L); e no caso dos sistemas em funcionamento em regime de arejamento prolongado, os valores mais baixos foram registados na ETAR de Pedreiras (média anual de 8 mg/L). Estes resultados corroboram os dados descritos na literatura, que indicam que os sistemas de lamas activadas dão origem a um efluente de elevada qualidade, sendo bastante resistente a cargas orgânicas no efluente (Metcalf&Eddy, 2003).



**Figura 34** - Concentração de SST no efluente tratado – ETAR com processo de arejamento prolongado no ano 2013



**Figura 35** - Concentração de SST no efluente tratado – ETAR com processo de lagunagem no ano 2013

A Tabela 29 sintetiza a informação recolhida, apresentando o valor das variáveis apuradas, bem como a exatidão dos dados de origem e a fiabilidade da fonte de informação. Conforme referido na secção 4.2, adotou-se para o presente projecto a gama de fiabilidade e exactidão constantes do “Guia de avaliação da qualidade dos serviços de água e resíduos prestados aos utilizadores, 2.ª geração do Sistema de Avaliação” (ERSAR, 2013).

Assim, atendendo aos pressupostos constantes das tabelas 5 e 6, considerou-se que, para as variáveis análises requeridas (wwtpV01), análises realizadas (wwtpV02), equivalente de população com tratamento satisfatório com licença de descarga válida (wwtpV03),

equivalente de população com tratamento satisfatório com licença de descarga não válida (wwtpV04), equivalente de população servido por ETAR (wwtpV05), lamas produzidas nos sistema (wwtpV08), lamas de outros sistemas (wwtpV09), produção de energia (wwtpV11), consumo de energia (wwtpV12), água residual tratada e fornecida a outra entidade (wwtpV13), volume de água residual tratada utilizada para uso próprio (wwtpV14), água residual recolhida (wwtpV16), biogás produzido (wwtpV17) e polímero consumido em ETAR (wwtpV19), a fonte de informação consistia em dados baseados em medições exaustivas, registos fidedignos, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas com o melhor método de cálculo (\*\*\*) e assumiu-se que o erro associado aos dados utilizados é menor ou igual a 5% (0-5%).

Para as variáveis lamas com destino adequado (wwtpV06), lamas armazenadas iniciais (wwtpV07), lamas armazenadas finais (wwtpV10), lamas produzidas no sistema (wwtpV15), SV convertido (wwtpV18) e sólidos desidratados (wwtpV20), considerou-se que a fonte de informação é genericamente como a apresentada anteriormente (\*\*\*), mas com algumas falhas não significativas dos dados, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registos não confirmados ou ainda terem-se incluído alguns dados de extrapolação (\*\*); e que o erro associado aos dados fornecidos é pior que  $\pm 5\%$ , mas melhor ou igual a  $\pm 20\%$ .

**Tabela 29** - Resultados de variáveis, fiabilidade e exactidão dos dados











Variável	Valor Obtido	Fiabilidade	Exactidão
<i>Análises Requeridas (wwtpV01)</i>	899	***	0-5%
<i>Análises Realizadas (wwtpV02)</i>	877	***	0-5%
<i>Equivalente de população com tratamento satisfatório (Licença de descarga válida) (wwtpV03)</i>	161550	***	0-5%
<i>Equivalente de população com tratamento satisfatório (Licença de descarga não válida) (wwtpV04)</i>	0	***	0-5%
<i>Equivalente de população servido por ETAR (wwtpV05)</i>	161550	***	0-5%
<i>Lamas com destino adequado (wwtpV06)</i>	10701	***	0-5%
<i>Lamas armazenadas iniciais (wwtpV07)</i>	2000	**	5-20%
<i>Lamas produzidas no sistema (wwtpV08)</i>	11201	**	5-20%
<i>Lamas de outros sistemas (wwtpV09)</i>	0	***	0-5%
<i>Lamas armazenadas finais wwtpV10)</i>	2500	**	5-20%



Variável	Valor Obtido	Fiabilidade	Exatidão
<i>Produção de energia (wwtpV11)</i>	1521058	***	0-5%
<i>Consumo de energia (wwtpV12)</i>	5344677	***	0-5%
<i>Água residual tratada e fornecida a outra entidade (wwtpV13)</i>	0	***	0-5%
<i>Volume de água residual tratada utilizada para uso próprio (wwtpV14)</i>	96697	***	0-5%
<i>Lamas produzidas em ETAR (wwtpV15)</i>	12256	**	5-20%
<i>Água residual tratada (wwtpV16)</i>	13127596	***	0-5%
<i>Biogás produzido (wwtpV17)</i>	645544	***	0-5%
<i>SV Convertido (wwtpV18)</i>	785195	**	5-20%
<i>Polímero consumido em ETAR (wwtpV19)</i>	32709	***	0-5%
<i>Sólidos desidratados (wwtpV20)</i>	2760	**	5-20%

## 5.2 Indicadores de desempenho

Na presente subsecção são apresentados os resultados dos doze indicadores de desempenho adotados para o presente estudo, fazendo-se uma avaliação global (Tabela 30) e, sempre que adequado, por ETAR (tabelas 31 a 39).

**Tabela 30** - Resultados obtidos para os indicadores avaliados (avaliação do sistema)

Código do Indicador	Designação do ID	Resultado	Meta	Avaliação*
<b>wwtpPI01</b>	Análises de águas residuais realizadas (%)	97.5	≡100	
<b>wwtpPI02</b>	Cumprimento dos parâmetros de descarga (%)	100	≡100	
<b>wwtpPI03</b>	Destino de lamas do tratamento (%)	100	≡100	
<b>wwtpPI04</b>	Produção própria de energia (%)	28.4	≥14	
<b>wwtpPI05</b>	Utilização de água tratada (%)	0.73	≥1	
<b>wwtpPI06</b>	Produção de lamas em ETAR (ton/m <sup>3</sup> )	0.0009	≤0.004	
<b>wwtpPI07</b>	Produção de biogás em ETAR (m <sup>3</sup> /Kg SV convertido)	0.82	≥0.80	
<b>wwtpPI08</b>	Consumo de polímero (ton /Kg sólidos desidratados)	12	≤12	
<b>wwtpPI09</b>	Consumo energia no tratamento de águas residuais (kWh/m <sup>3</sup> )	0.40	≤0.63	
<b>wwtpPI10</b>	Eficiência mássica de remoção de CQO (%)	84	≥75	

Código do Indicador	Designação do ID	Resultado	Meta	Avaliação*
wwtpPI11	Eficiência mássica de remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	92	≥70	
wwtpPI12	Eficiência mássica de remoção de SST (%)	90	≥90	

\* simbologia da ERSAR: Vermelho (meta não atingida); Verde (meta atingida)

Da análise da Tabela 30, verifica-se que as metas foram atingidas para os indicadores cumprimento dos parâmetros de descarga (wwtpPI02), destino de lamas do tratamento (wwtpPI03), produção própria de energia (wwtpPI04), produção de lamas em ETAR (wwtpPI06), produção de biogás em ETAR (wwtpPI07), consumo de polímero (wwtpPI08), consumo de energia no tratamento de águas residuais (wwtpPI09), eficiência mássica de remoção de CQO (wwtpPI10), CBO<sub>5</sub> (wwtpPI11) e SST (wwtpPI12).

Não foram atingidas as metas para os indicadores de desempenho análises de águas residuais realizadas (wwtpPI01) e utilização de água tratada (wwtpPI05).

O indicador análises de águas realizadas (wwtpPI01) encontra-se abaixo da meta estabelecida devido à não determinação do parâmetro Ferro, durante todo ano de 2013, na ETAR de Zona Industrial da Marinha Grande (secção 5.1.). A SIMLIS, como medida de melhoria decorrente desta inconformidade, adotou uma mecanismo de auditoria interna às disposições constantes das licenças de descarga.

O indicador cumprimento dos parâmetros de descarga (wwtpPI02) evidência o integral cumprimento das disposições das licenças de descarga em termos da qualidade dos efluentes tratados.

O indicador destino de lamas do tratamento (wwtpPI03) evidência o integral cumprimento das disposições relativas à gestão de lamas desidratadas, tendo-se verificado que todas as lamas foram encaminhadas a destino final adequado. A SIMLIS contratualizou a gestão das lamas desidratadas com uma empresa licenciada, que dispõe de Alvarás que permitem a valorização agrícola de lamas ou a compostagem, o que garante a disponibilidade de destinos de encaminhamento, durante todo o ano.



Para o indicador produção própria de energia (wwtpPI04), o valor global obtido (28.4%), calculado a partir das variáveis produção interna de energia e energia consumida, é

consideravelmente superior à meta estabelecida (14%).

Este facto revela que a produção própria de energia na SIMLIS se encontra otimizada, verificando-se que a valorização de biogás, com produção energética, é altamente vantajosa, permitindo reduzir a dependência energética do exterior, com consequente poupança económica.

Uma análise por ETAR permite verificar que a grande contribuição para a produção própria de energia provém da ETAR Norte, que obtem um resultado de 23.6% (Tabela 31). A situação deve-se às características da ETAR, nomeadamente o facto de tratar o maior volume de água residual afluente ao sistema (Tabela 19) e de receber efluentes suínicos, o que lhe permite converter a maior carga de sólidos voláteis (Tabela 21) e produzir o maior volume de biogás (Tabela 20).

**Tabela 31** - Resultados para o indicador produção própria de energia (wwtpPI04), no ano 2013 (análise por ETAR)

Código do Indicador	Designação do ID	ETAR	Resultado	Meta	Avaliação*
wwtpPI04	Produção própria de energia (%)	Norte	23.6	≥14	
		Olhalvas	4.9		

\* simbologia da ERSAR: Vermelho (meta não atingida); Verde (meta atingida)

A análise do indicador utilização de água tratada (wwtpPI05) permite verificar que o valor global obtido (0.73%) se encontra consideravelmente abaixo da meta (1%). Este facto justifica-se pelas dificuldades em reutilizar água tratada para mais actividades e processos nas ETAR, identificando-se como principais consumidoras de água tratada, as operações de lavagem e de rega. Dá-se como exemplo, a impossibilidade de utilizar água tratada para preparação de polímero ou para alimentação dos compressores de agitação dos digestores, o que corresponderia a um consumo de aproximadamente 100 m<sup>3</sup>/dia. Estas etapas, grandes consumidoras de água, necessitam de água com critérios de qualidade elevados, nomeadamente a nível de pH e sólidos suspensos, que não podem ser garantidos com a utilização de efluente tratado, consequência da sua variabilidade em termos qualitativos.





Numa análise por ETAR (Tabela 32), verifica-se que a que apresenta maior utilização de água tratada (wwtpPI05) é a ETAR de Olhalvas, uma vez que possuiu a maior área ajardinada, permitindo-lhe uma reutilização significativa de água tratada na rega. A ETAR

com menor percentagem de utilização de água tratada foi a de Pedreiras, uma vez que se trata da que tem menor dimensão e, conseqüentemente, está associada a requisitos pouco significativos de água para lavagens e rega.

A ETAR Norte, embora se encontre distribuída por uma área de vários hectares, não possui áreas ajardinadas que exijam o consumo de água, tendo sido adotado, no momento de conceção da ETAR, dotar os espaços envolventes com espécies autóctones em detrimento dos espaços com relva. Assim, o consumo de água tratada nesta ETAR está associado fundamentalmente às operações de lavagem, não sendo suficiente para lhe garantir o cumprimento da meta estabelecida.

Como medida de melhoria, foram implementados processos de reutilização de água nas ETAR de Juncal e de Marinha Grande, a partir do início do ano 2014. De forma a melhorar os critérios de qualidade da água a reutilizar, foram implementados processos de desinfecção do efluente tratado, em todas as instalações, de modo a potenciar a sua reutilização num maior número de usos, nomeadamente a possibilidade de fornecimento de água às explorações agrícolas próximas das ETAR.

**Tabela 32** - Resultados para o indicador utilização de água tratada (wwtpPI05) no ano 2013 (análise por ETAR)

Código do Indicador	Designação do ID	ETAR	Resultado	Meta	Avaliação*
wwtpPI05	Utilização de água tratada (%)	Norte	0.80	≥1	
		Olhalvas	1.05		
		Fátima	0.78		
		Pedreiras	0.32		

\* simbologia da ERSAR: Vermelho (meta não atingida); Verde (meta atingida)






O indicador produção de lamas em ETAR (wwtpPI06) revela que o valor global obtido (0.0009 ton/m<sup>3</sup>) se encontra abaixo da meta definida (0.004 ton/m<sup>3</sup>), verificando-se uma correta gestão dos processos de tratamento, com vista à otimização da produção de lamas e conseqüente redução de custos de encaminhamento.

Apesar de operar segundo um processo de lamas activadas em regime de arejamento prolongado, o que justificaria uma produção de lamas mais baixa, a ETAR que apresenta a

maior produção de lamas é a de Fátima (0.0023 ton/m<sup>3</sup>). Esta situação estará relacionada com a ocorrência de vários picos de caudal e carga orgânica durante o ano de 2013, associados a fenómenos de bulking em períodos pontuais de forte afluência de peregrinos (maio, junho, agosto e outubro), que tiveram como consequência da gestão interna, a operação de parâmetros, tais como, a matéria total em suspensão (MS), o tempo de residência e a idade de lamas, abaixo dos valores recomendados para sistemas de arejamento prolongado, resultando numa menor degradação de lamas no processo e no aumento dos volumes de lamas produzidos.

Os resultados indicam que a ETAR Norte apresenta a segunda maior produção de lamas (Tabela 33), o que pode ser justificado pela integração de ESB na etapa da digestão anaeróbia (secção 1.1.).

**Tabela 33** - Resultados para o indicador produção de lamas em ETAR (wwtpPI06) no ano 2013 (análise por ETAR)

Código do Indicador	Designação do ID	ETAR	Resultado	Meta	Avaliação*
<b>wwtpPI06</b>	Produção de lamas em ETAR (ton/m <sup>3</sup> )	Norte	0.0011	≤0.004	
		Olhalvas	0.0007		
		Fátima	0.0023		
		Juncal	0.0007		
		Marinha Grande	0.0005		



\* simbologia da ERSAR: Vermelho (meta não atingida); Verde (meta atingida)

O valor global do indicador produção de biogás em ETAR (wwtpPI07) (0.82 m<sup>3</sup>/Kg de SV convertidos) encontra-se acima do valor definido para a meta.

Nas ETAR Norte e de Olhalvas (Tabela 34), onde o processo de tratamento promove a produção de biogás, os valores obtidos para este indicador são de 0.83 e 0.79, respectivamente. Este facto permite verificar que, em ambos os casos, o processo de digestão anaeróbia funciona de forma eficiente (note-se que, embora o valor obtido na ETAR de Olhalvas se encontre abaixo da meta definida, situa-se próximo desta). Importa ainda referir que, no caso da ETAR Norte, o sucesso verificado nesta etapa do processo se deveu à adopção de uma monitorização mais intensiva durante o ano de 2013, que permitiu ultrapassar os constrangimentos associados à afluência inconstante, em termos qualitativos

e quantitativos, de efluentes suíncolas brutos à digestão anaeróbia, e consequente variação das cargas orgânica e hidráulica alimentadas.

**Tabela 34** - Resultados para o indicador produção de biogás em ETAR (wwtpPI07) no ano 2013 (análise por ETAR)

<b>Código do Indicador</b>	<b>Designação do ID</b>	<b>ETAR</b>	<b>Resultado</b>	<b>Meta</b>	<b>Avaliação*</b>
<b>wwtpPI07</b>	Produção de biogás em ETAR (m <sup>3</sup> /Kg SV convertido)	Norte	0.83	≥0.80	
		Olhalvas	0.79		

\* simbologia da ERSAR: Vermelho (meta não atingida); Verde (meta atingida)

Os resultados obtidos mostram que o indicador consumo de polímero (wwtpPI08), relativo ao sistema, atingiu o valor da meta definida para o ano de 2013 (12 ton/kg sólidos desidratados). A análise dos dados por ETAR (Tabela 35), revela que a meta só não foi atingida na ETAR de Olhalvas.




No que diz respeito ao consumo de polímero nestas ETAR, verifica-se que o processo de desidratação da ETAR de Fátima consumiu 10 ton/Kg de sólidos desidratados, o da ETAR Norte, 11 ton/Kg de sólidos desidratados e o da ETAR de Olhalvas, 17 ton/Kg de sólidos desidratados. Como já foi referido, estes resultados, associados às condições de operação existentes na ETAR de Olhalvas, que justificam o consumo de polímero significativamente mais elevado nesta ETAR, parecem indicar que a desidratação de lamas resultantes de processos de lamas activadas em regime convencional sujeitas a digestão anaeróbia (ETAR Norte) ou de lamas resultantes de processos de arejamento prolongado, sem digestão (ETAR de Fátima) exige consumos de polímero equivalentes.

A ETAR Norte, embora tenha atingido a meta proposta (11 Kg/ton sólidos desidratados), foi responsável por 85% do consumo total de polímero na SIMLIS, que correspondeu, no período em análise, a um valor médio total de 35 toneladas, com um custo aproximado de 100000 Euros. O elevado consumo de polímero nesta ETAR, em termos globais, é consequência dos elevados caudais tratados, a que acrescem os caudais dos efluentes suíncolas brutos recebidos.

Face aos resultados obtidos, a direcção de operação tomou medidas que tiveram como

consequência um investimento substancial na formação dos colaboradores que operam a desidratação, em particular os que executam as suas tarefas na ETAR de Olhalvas, de forma a identificar os pontos fracos do processo e a otimizar o consumo de polímero. Optou-se ainda pela aquisição de um agitador para o silo de lamas digeridas desta ETAR, de forma a garantir uma menor variabilidade na concentração de lamas à entrada da centrífuga.

**Tabela 35** - Resultados para o indicador consumo de polímero (wwtpPI08) no ano 2013 (análise por ETAR)










Código do Indicador	Designação do ID	ETAR	Resultado	Meta	Avaliação*
<b>wwtpPI08</b>	Consumo de polímero (ton /Kg sólidos desidratados)	Norte	11	≤12	
		Olhalvas	17		
		Fátima	10		

\* simbologia da ERSAR: Vermelho (meta não atingida); Verde (meta atingida)

Relativamente ao indicador consumo de energia no tratamento de águas residuais (wwtpPI09), o valor global apurado foi de 0.40 kWh/m<sup>3</sup>, encontrando-se abaixo da meta definida. Este resultado indica que o investimento na adoção de medidas de optimização energética atingiu os resultados pretendidos.

A análise por ETAR (Tabela 36), revela que a ETAR que tem menor consumo energético associado ao tratamento das águas residuais é a ETAR de Vieira de Leiria, dada a inexistência de equipamentos que exijam o fornecimento de energia (secção 1.7). A ETAR que tem maior consumo é a de Pedrogão, devido aos baixos caudais afluentes à ETAR, relativamente aos caudais de projecto, e às dificuldades verificadas na gestão do processo de tratamento, tendo-se verificado a necessidade de recorrer a tempos de arejamento elevados, mesmo nos períodos de inverno, em que afluem à ETAR os caudais mais baixos, para atingir os níveis de qualidade exigidos.

**Tabela 36** – Resultados, por ETAR, para o indicador consumo de energia no tratamento de águas residuais(wwtpPI09) no ano 2013 (análise por ETAR)

Código do Indicador	Designação do ID	Resultado	ETAR	Meta	Avaliação*
<b>wwtpPI09</b>	Consumo energia no tratamento de águas residuais (kWh/m <sup>3</sup> )	0.38	Olhalvas	≤0.63	
		0.39	Norte		
		0.92	Fátima		
		0.57	Juncal		
		0.29	Pedreiras		
		0.08	Vieira de Leiria		
		1.25	Praia do Pedrogão		
		0.49	Marinha Grande		
		0.55	S. Pedro de Moel		

\* simbologia da ERSAR: Vermelho (meta não atingida), Verde (meta atingida)

Atendendo à tipologia de tratamento, verifica-se que a ETAR que consome menos energia é a que inclui a sequência de lagoas anaeróbia, facultativa e de maturação, na qual o indicador wwtpPI09 assume o valor de 0.08 kWh/m<sup>3</sup>. Seguem-se as ETAR que operam com processos de lamas activadas em regime de arejamento convencional, nas quais se verificaram consumos inferiores a 0.50 kWh/m<sup>3</sup>.

Nas outras instalações, os consumos energéticos são, de um modo geral, mais elevados. Nos processo de lamas activadas em regime de arejamento prolongado, o indicador apresenta valores de 0.57 kWh/m<sup>3</sup> na ETAR de Juncal e 0.92 kWh/m<sup>3</sup> na ETAR de Fátima. A ETAR de Pedreiras constitui uma excepção ao reportado, apresentando um baixo consumo energético (0.29 kWh/m<sup>3</sup>).

Nos sistemas de lagoas arejadas verificou-se uma amplitude significativa nos resultados obtidos, variando entre o 0.55 kWh/m<sup>3</sup> na ETAR de S. Pedro de Moel e os 1.25kWh/m<sup>3</sup> na ETAR de Praia do Pedrogão.

Estes resultados indicam, tal como seria de esperar, que a etapa de arejamento afecta significativamente o consumo energético das ETAR, sendo de referir que, apesar da diversidade de resultados, as únicas instalações em que a meta não foi atingida foram as ETAR de Praia de Pedrogão e Fátima.

No caso específico das ETAR dotadas de tratamento por arejamento convencional, nomeadamente as ETAR Norte e de Olhalvas, verifica-se que o arejamento é promovido

por difusores de bolha fina (secção 1.1 e 1.2), que garantem uma maior transferência de oxigénio (2 – 2.5 kgO<sub>2</sub>/kWh), contribuindo para o seu melhor desempenho energético. A ETAR de Marinha Grande, apesar de incluir a mesma tipologia de tratamento, apresenta um consumo ligeiramente superior a estas ETAR, uma vez que possuiu arejadores de eixo horizontal, que permitem atingir transferências de oxigénio inferiores (até 2 kgO<sub>2</sub>/kwh).

O maior consumo de energia nas ETAR com arejamento prolongado pode estar associado à operação em baixa carga, que decorre com valores baixos da relação F/M no tanque de arejamento e períodos de arejamento elevados. A falta de alimento obriga os microrganismos a metabolizarem o seu próprio material celular, promovendo-se a auto-oxidação. Ainda que, tendo em conta este aspeto, a taxa de consumo de oxigénio seja baixa, a quantidade de oxigénio consumido por unidade de carga orgânica eliminada é elevada. O baixo consumo energético na ETAR de Pedreiras deve ser considerado como um caso particular, justificando-se pela reduzida % de utilização de ETAR no ano 2013 (figura 29) e pelo facto do período de oxigenação necessário à manutenção dos requisitos de qualidade do efluente ser de apenas 30 minutos por dia.

No caso das ETAR de lagunagem, a amplitude dos resultados obtidos relaciona-se com a inexistência de equipamentos de arejamento na ETAR (0.08 kWh/m<sup>3</sup> na ETAR de Vieira) e a necessidade de assegurar elevados tempos de arejamento, de modo a garantir que os parâmetros de qualidade requeridos no efluente tratado são atingidos (1.25 kWh/m<sup>3</sup> na ETAR de Pedrogão). A ETAR de S. Pedro de Moel apresenta um consumo mais próximo do das ETAR dotadas de processo de tratamento de arejamento prolongado (0.55 kWh/m<sup>3</sup>). Apesar dos factos apontados, os resultados obtidos não permitem estabelecer um padrão de consumo para as ETAR de lagunagem, pelo que não é possível assegurar uma comparação efectiva com os restantes processos de tratamento em análise.

Tendo em conta que, durante o ano de 2013, o consumo de energia e o encaminhamento de resíduos reflectiram os maiores gastos verificados no sistema, o indicador consumo de energia em ETAR é determinante no controlo orçamental da entidade gestora. Assim, desde há vários anos, são tomadas medidas de racionalização energética, nomeadamente optimizando o funcionamento dos sistemas de fornecimento de oxigénio, operando preferencialmente em horas de cheia e vazio; e optimizando o funcionamento dos equipamentos de elevação, com recurso à variação de velocidade.







Importa ainda referir que a ETAR Norte está identificada como consumidor intensivo de energia, com consumos superiores a 500 Tep. Decorrente deste facto, foi necessário elaborar um plano de racionalização de consumos e auditorias energéticas para esta ETAR.




No que diz respeito aos indicadores eficiência mássica de remoção de CQO (wwtpPI10) e eficiência mássica de remoção de CBO<sub>5</sub> (wwtpPI11), verifica-se que as ETAR que operam com processo de lamas activadas (arejamento prolongado ou por arejamento convencional) apresentam eficiência de remoção de CQO e CBO<sub>5</sub> superior; e as ETAR que incluem processos de lagunagem as que revelam menor eficiência.

Esta situação vai de encontro ao reportado por outros autores, que referem que os sistemas de tratamento por lamas activadas dão origem a um efluente estável e de muito boa qualidade, e que suportam pontas de carga orgânica afluente, sem que o rendimento do processo fique comprometido de uma forma significativa (Metcalf&Eddy, 2003;Gray, 2005).

No presente estudo, as ETAR com processos de tratamento lamas activadas apresentam uma eficiência de remoção de CQO superior a 85% e de CBO<sub>5</sub> superior a 91% (tabelas 37 e 38). Em contrapartida, a ETAR que apresenta menor eficiência de remoção de CQO e de CBO<sub>5</sub> é a ETAR de Praia do Pedrogão (67 e 87%, respectivamente), que integra um sistema de lagunagem.










**Tabela 37** – Resultados , por ETAR, para o indicado eficiência mássica de CQO (wwtpPI10) no ano 2013 (análise por ETAR)

Código do Indicador	Designação do ID	Resultado	ETAR	Meta	Avaliação*
wwtpPI10	Eficiência mássica de remoção de CQO (%)	85	Olhalvas	≥75	
		89	Norte		
		83	Fátima		
		89	Juncal		
		91	Pedreiras		
		80	Vieira de Leiria		

Código do Indicador	Designação do ID	Resultado	ETAR	Meta	Avaliação*
		67	Praia do Pedrogão		
		91	Marinha Grande		
		87	S. Pedro de Moel		

\* simbologia da ERSAR: Vermelho (meta não atingida); Verde (meta atingida)

**Tabela 38** - Resultados , por ETAR, para o indicador eficiência mássica de CBO<sub>5</sub> (wwtpPI11) no ano 2013 (análise por ETAR)

Código do Indicador	Designação do ID	Resultado	ETAR	Meta	Avaliação*
<b>wwtpPI11</b>	Eficiência mássica de remoção de CBO <sub>5</sub> (%)	92	Olhalvas	≥70	
		97	Norte		
		91	Fátima		
		96	Juncal		
		95	Pedreiras		
		88	Vieira de Leiria		
		87	Praia do Pedrogão		
		92	Marinha Grande		
		92	S. Pedro de Moel		










\* simbologia da ERSAR: Vermelho (meta não atingida); Verde (meta atingida)

No que diz respeito à análise dos resultados obtidos para o indicador eficiência mássica de remoção de SST (wwtpPI12) verifica-se que, em termos globais, o valor obtido é igual ao definido para a meta (90%).

No entanto, a análise da Tabela 39 evidencia que, para as ETAR com processo de tratamento por lamas activadas a meta foi atingida (≥90%) e que para as ETAR cujo processo de tratamento é a lagunagem, nomeadamente as de Vieira de Leiria, S. Pedro de Moel e Pedrogão, a eficiência mássica de remoção de SST é inferior a 90%, não tendo sido atingida a meta.

Como já referido, a elevada concentração de algas no efluente tratado nos processos de lagunagem, condicionam a eficiência mássica de remoção.

**Tabela 39** - Resultados , por ETAR, para o indicador eficiência mássica de SST (wwtpPI12) no ano 2013 (análise por ETAR)

Código do Indicador	Designação do ID	Resultado	ETAR	Meta	Avaliação*
wwtpPI12	Eficiência mássica de remoção de SST (%)	94	Olhalvas	≥90	
		98	Norte		
		94	Fátima		
		95	Juncal		
		91	Pedreiras		
		77	Vieira de Leiria		
		80	Praia do Pedrogão		
		94	Marinha Grande		
		87	S. Pedro de Moel		

\* simbologia da ERSAR: Vermelho (meta não atingida); Verde (meta atingida)

## Conclusão

---

A presente secção resume as principais conclusões relativas à análise dos resultados dos indicadores de desempenho das ETAR em exploração pela SIMLIS, no ano de 2013.

Pode-se concluir que foram atingidas as metas definidas para os indicadores cumprimento dos parâmetros de descarga (wwtpP02), destino de lamas do tratamento (wwtpP03), produção própria de energia (wwtpP04), produção de lamas em ETAR (wwtpP06), produção de biogás em ETAR (wwtpP07), consumo de polímero (wwtpP08), consumo de energia no tratamento de águas residuais (wwtpP09) e eficiência mássica de remoção de CQO, CBO<sub>5</sub> e SST (wwtpP10, wwtpP11 e wwtpP12). Não foram atingidas as metas para os indicadores de desempenho análises de águas residuais realizadas (wwtpP01) e utilização de água tratada (wwtpP05).

No que diz respeito aos indicadores de desempenho de ETAR no domínio dos subprodutos, conclui-se que a ETAR Norte foi a maior consumidora de energia e a que apresentou maior produção de lamas. Sendo simultaneamente a ETAR que mais contribuiu para a produção de biogás em ETAR e, conseqüentemente, para a produção própria de energia. Este desempenho é consequência de ser a ETAR que tratou, durante o ano 2013, o maior volume de efluentes urbanos, ao qual acresceu o volume de efluentes suínícolas entregue em auto-tanque.

Os indicadores relacionados com o domínio de eficiência e fiabilidade indicaram que as ETAR com sistema de lamas activadas garantem uma maior eficiência de remoção de matéria orgânica, CQO e CBO<sub>5</sub>, bem como de SST, relativamente às ETAR que operam com sistemas de lagunagem.

Os indicadores de desempenho de ETAR no domínio de água, energia e materiais, revelaram que as ETAR de lamas activadas com arejamento convencional, apresentaram menor consumo específico (kWh/m<sup>3</sup>) do que as ETAR com processo de tratamento de arejamento prolongado ou com sistemas de lagoas arejadas. Exceptua-se a ETAR de Pedreiras que, apesar de operar em regime de arejamento prolongado, apresenta um baixo consumo energético devido às suas condições particulares de funcionamento. No que diz

respeito ao consumo de polímero, não fica evidente, conforme era expectável, que nas ETAR Norte e de Olhalvas, que incluem um processo de digestão anaeróbia a montante da desidratação, se consuma menos polímero do que na ETAR de Fátima, que possuiu apenas espessamento. Face às especificidades identificadas, considera-se que deverá ser dada continuidade às melhorias propostas, nomeadamente no que diz respeito à formação dos operadores. No aspecto da utilização de água, concluiu-se que para garantir uma melhoria no desempenho, será necessário aumentar o número de usos da água reutilizada, nomeadamente, avaliando a viabilidade de usos externos à entidade gestora.

Considera-se que o presente estudo é uma ferramenta de trabalho importante para a SIMLIS, SA, porque permite avaliar o desempenho das várias infraestruturas, no que diz respeito aos domínios consideradas mais relevantes. Conhecer e analisar os dados apresentados, permite otimizar recursos, conhecer as áreas em que é necessário investir os esforços, melhorar a eficiência e eficácia e motivar colaboradores. Uma avaliação deste tipo poderá ser ainda uma ferramenta de apoio à decisão pois, conhecendo os pontos fortes e fracos das várias tipologias de tratamento, a entidade gestora pode, quando, e se necessário, seleccionar a que melhor se adequa à situação específica.

Concluiu-se ainda, tendo em conta a relevância da fiabilidade dos dados utilizados para o cálculo das variáveis e indicadores, que a SIMLIS dispunha, à data, de dados fiáveis, que se traduziram em informação de qualidade, que permitiu que os objectivos propostos no projecto fossem atingidos.

## Bibliografia

---

ALEGRE, Helena, VIEIRA, Paula, QUADROS, Sílvia; PIMENTEL, Flávio; ROSA, Maria (2004), Estações de Tratamento de Águas e de Águas Residuais : Caracterização da Situação Nacional, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

ALEGRE, Helena, VIEIRA, Paula, QUADROS, Sílvia; ROSA, Maria (2006), Proposta de indicadores de desempenho de Estações de Tratamento de águas Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

ALEGRE, Helena, (2007), Indicadores de desempenho de sistemas de abastecimento de água – trabalho em curso no âmbito da iwsa

ALEGRE, Helena, QUADROS, Sílvia; ROSA, Maria (2008), Avaliação de Desempenho de Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas – Proposta de Indicadores de Avaliação de Desempenho Global Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

BATISTA, Jaime, Belo, Pássaro, Alvaro Dulce, Pires, Simão, João (2006), Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal

Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho. Transposição para o direito interno da Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho de 21 de maio de 1991. Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto. Normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei n.º 276/2009. Regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 86/278/CEE, do Conselho de 12 de junho, de forma a evitar os efeitos nocivos para o Homem, para a água, para os solos, para a vegetação e para os animais, promovendo a sua correta utilização. Ministério do

## Ambiente

Decreto-Lei 277/2009, define as atribuições e responsabilidades Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, I. P. (ERSAR, I. P.), instituto público na esfera da administração indirecta do Estado.

ETAR Norte (2003). Memória Descritiva e Justificativa da ETAR Norte, *Projeto base da ETAR Norte*, Setembro.

ETAR Norte (2004). Memória Descritiva e Justificativa do Processo e Equipamento, *Empreitada de Execução da ETAR Norte*, Vol. 1, Dezembro.

ETAR de Olhalvas ( 2001) Memória Descritiva e Justificativa do Processo e Equipamento ETAR de Olhalvas – Hidrocontrato, SMAS de Leiria, 2001

ETAR de Zona Industrial da Marinha Grande (1993) Estação de tratamento de Águas Residuais da Zona Industrial da Marinha Grande, Projeto de execução, Hidroprojeto, Câmara Municipal de Marinha Grande, 1993

ETAR de Juncal (2003) ETAR de Juncal, Emissário e ETAR de Pedreiras, Hidrocontrato, Pasolis, 2003

ETAR de Pedreiras (2003) ETAR de Juncal, Emissário e ETAR de Pedreiras, Hidrocontrato, Pasolis, 2003

ETAR de Fátima (2003) Estação de Tratamento de Águas Residuais de Fátima, Hidrocontrato, Aquino e Rodrigues, 2004

ETAR de Vieira de Leiria (1993) Estação de tratamento de Águas Residuais de Vieira de Leiria, Hidroprojeto, Câmara Municipal de Marinha Grande, 1993

ETAR de Praia do Pedrogão (1996) Estação de tratamento de Águas Residuais de Praia do Pedrogão, Hidroprojeto, SMAS de Leiria , 1996

ETAR de S. Pedro de Moel (1993) Estação de tratamento de Águas Residuais de S. Pedro de Moel, Hidroprojeto, Câmara Municipal de Marinha Grande, 1993

ERSAR 2013, Guia de Avaliação de Qualidade dos Serviços de água e Resíduos prestados aos utilizadores – 2.<sup>a</sup> geração do Sistema de Avaliação, ERSAR, outubro 2013

Gray, N. F. (2005). *Water Technology – An Introduction for Environmental Scientists and Engineers*, Burlington: Elsevier Butterworth – Heinemann.

Internacional ISO 24510: 2007 *Standart first edition- Activites relating to drinking water and wastewater services guidelines for the assessment and the improve of the services users*

Izrail, S. T. & Mathai, P. K. (2006). *Wastewater Sludge Processing*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

LNEC (2008) - Past 21 - Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR Urbanas, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Jeyanayagam, S. (2005), *True confessions of the biological nutrient removal process*, Florida Water Resources Journal, janeiro de 2005

MATOS, M. R.; BICUDO, J. R.; ALEGRE, H (2005). – Indicadores técnicos e socio-económicos no domínio do saneamento básico, Estudo preparatório para a definição de projectos de ambiente elegíveis no contexto do Fundo de Coesão, Vol. 2, estudo efectuado para a Comissão das Comunidades Europeias, relatório 107/93, LNEC, Lisboa

Mano. P. (2014), Remoção de Nutrientes em Estações de Tratamento de Água Residual Urbana, 27 e 28 de Fevereiro de 2014

Metcalf & Eddy (2003). *Wastewater Engineering – Treatment and reuse*, New York: McGraw-Hill Inc.

Moura ,Inês, (2012), Opções de tratamento de Águas Residuais por sistemas clássicos de lamas ativadas numa perspectiva de minimização dos recursos aplicados

Oliveira, J.F dos Santos – A lagunagem em Portugal: Conceitos básicos e aplicações práticas. Lisboa: Edições Universitárias Lusófonas. 1995. ISBN 8296-01-0

OFWAT (B) – 1995-96 *Report on the cost of water delivered and sewage collected, Office of Water Services*, Reino Unido, 1996.

QASIM, S. R. (1999), *Wastewater Treatment Plants, Planning, Design and Operation*, CRS PRESS.

RASARP (2013), Relatório Anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal, 2013, editora ERSAR

Silva, C.D. Prudêncio (2006) – Aplicações de Indicadores de Desempenho na ETAR de Alcantarilha

Silva, C.D. Prudêncio (2008) – Aplicações de Medidas de Avaliação de Desempenho a Estações de Tratamento de Águas de Algarve

VIEIRA, Paula (2006), Caracterização da Situação Actual, *Jornal Águas e Resíduos*

VIEIRA, Paula (2009), Avaliação de Desempenho de Estações de Tratamento de Água para Consumo Humano

Veigas, A.P. Tiago (2007), Contribuição para a Otimização da Operação de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais

Vieira, Vera (2012), Relatório Estágio Vera Vieira, Monitorização e Controlo do Processo de Tratamento da ETAR Norte, SIMLIS, SA

# Anexos

---

Anexo I – Licenças de utilização do domínio hídrico das ETAR

Anexo II – Plano de análises para verificação da conformidade legal – 2013

Anexo III – Determinação da população equivalente – 2013

Anexo IV – Resultados analíticos obtidos- Verificação da conformidade legal 2013

Anexo V – Determinação das lamas produzidas em ETAR

Anexo VI – Determinação dos sólidos voláteis convertidos