

**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Bruno Eduardo Ferreira Coelho

**Plataforma integrada de gestão operacional  
NAVIA no Centro Exploração Minho Litoral –  
adaptação à realidade atual**

Dissertação de Mestrado Integrado  
em Engenharia Biológica

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor João Monteiro Peixoto**  
e da  
**Engenheira Cristina Gonçalves**

## DECLARAÇÃO

Bruno Eduardo Ferreira Coelho

Título da dissertação:

**Plataforma integrada de gestão operacional NAVIA no Centro  
Exploração Minho Litoral- adaptação à realidade atual**

Orientadores:

Professor João Monteiro Peixoto

Engenheira Cristina Gonçalves

Ano de conclusão: 2018

Mestrado Integrado em Engenharia Biológica

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS  
PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO  
INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

A realização desta dissertação contou com apoios e incentivos marcantes, sem os quais seria difícil atingir estes objetivos. Agradeço:

À Engenheira Cristina Gonçalves pela oportunidade deste estágio, pelo tempo e acompanhamento prestados e pelos conhecimentos práticos transmitidos;

Ao Professor João Peixoto pela orientação, delineação de pontos objetivos e acessibilidade concedidas durante a realização deste trabalho;

À empresa Águas do Norte, S.A. que me proporcionou as condições necessárias para a realização deste estágio e à equipa de operação que me acolheu, pela colaboração, compreensão e tempo despendido;

Aos meus pais e ao meu irmão que sempre me apoiaram, incentivaram e transmitiram coragem durante todo o percurso académico;

À Joana pelo companheirismo, amor, dedicação, apoio, ajuda incansável e paciência que foi necessário ter comigo para que isto fosse possível.

Aos meus grandes amigos, Ângelo e Paulo, pelos bons momentos de distração e pelo encorajamento nesta etapa.

A todos um Obrigado!



## RESUMO

A gestão operacional de uma ETAR constitui um ponto fundamental na conservação e continuidade da água, como um bem essencial ao consumo humano. De forma a responder às necessidades ambientais, a empresa Águas do Norte, S.A. contemplou a plataforma integrada de gestão operacional NAVIA como um instrumento indispensável de apoio ao tratamento de água residual.

A presente dissertação assenta na atualização da plataforma NAVIA, alusiva às ETAR e respetivas Estações Elevatórias ao abrigo da equipa Baixo Minho Litoral, que opera em todo o Concelho de Esposende, inserida no Centro Exploração Minho Litoral, com o intuito de agilizar, atualizar e globalizar a informação e parâmetros de controlo operacional.

A reestruturação da plataforma NAVIA resultou na informatização de todas as infraestruturas, em árvores de localizações, dotadas de variáveis de controlo parametrizadas e tarefas operacionais planeadas. Permitiu, ainda, proceder à manipulação do módulo de gestão de reagentes e à configuração de relatórios para exportação de dados.

Com a implementação da plataforma, verificou-se que todos os registos efetuados pelos operadores são dinâmicos, uniformes e simples, assim como a adaptação dos operadores e gestores às novas funcionalidades da plataforma foi eficazmente conseguida. A nível de mais-valia futura, foi possível a eliminação de documentos físicos, sendo suportados por sistemas de registo dinâmico.

A rentabilidade técnica dos gestores constitui a vantagem mais relevante nesta implementação, que representa a compilação de todos os dados, a previsão de situações de alerta, uma visão detalhada de consumos energéticos e uma exportação configurável dos dados operacionais de todas as infraestruturas.

**Palavras chave:** Águas do Norte, S.A.; ETAR; Plataforma de gestão operacional NAVIA.



## **ABSTRACT**

The operations management in a wastewater occurring in a Waste Water Treatment Plant (WWTP) is a fundamental step in the conservation of drinking water, an essential good for human life. To respond to the environmental necessities, Águas do Norte, S.A. saw the integrated operational management platform NAVIA as a key element in the water treatment process.

The present thesis is based on NAVIA's update, involving the WWTP and their adjacent Pumping Stations under control of the Baixo Minho Litoral team, which operate in all the area of Esposende, being part of the Minho Litoral Exploration Centre. The update was carried out with the intent of expediting, modernizing and globalizing the information and the operational control parameters.

The restructuring of the platform resulted in the informatization of all infrastructures in location trees endowed with parametrized control variables and planned operational tasks. Furthermore, it allowed the manipulation of the reagents' management module and the configuration of reports for data exportation.

With the restructuring, it was verified that all records done by the working team are dynamic, uniform and simple. Likewise, it was possible to achieved better understanding of this platform within the working team. Moreover, it was possible to eliminate all physical documents, with reports now supported by dynamic registry systems.

The main advantage of this relies within the velocity and simplicity it brings into managers work, since the platform allows the compilation of all data, prediction of alert situations, a detailed view of energetic consumptions and a customizable data exportation, englobing all infrastructures.

**Keywords:** Águas do Norte, S.A.; WWTP; Operational management platform NAVIA.



## ÍNDICE

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	v
Abstract .....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1. Enquadramento .....	1
1.1 Motivação e Objetivos .....	1
1.2 Estrutura da dissertação .....	2
1.3 Grupo Águas de Portugal.....	3
1.3.1 Águas do Norte, S.A. ....	4
2. Tratamento de águas residuais .....	7
2.1 Tratamento de águas residuais em Portugal .....	7
2.2 Tratamento convencional de águas residuais.....	8
2.3 SBR – <i>Sequencing Batch Reactor</i> .....	9
2.4 Parâmetros analíticos .....	13
2.5 Parâmetros processuais .....	17
2.6 Legislação aplicável.....	18
3. Caracterização da ETAR de Esposende.....	21
3.1 Fase líquida .....	22
3.2 Fase sólida.....	25
3.3 Desodorização.....	27
4. NAVIA.....	31
4.1 Enquadramento com a empresa .....	31
4.2 Origem .....	32
4.3 Plataforma integrada NAVIA .....	32
5. Implementação das alterações da plataforma NAVIA .....	37
6. Conclusões e Recomendações .....	57
Bibliografia .....	59
Anexos .....	61



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores do Grupo Águas de Portugal.....	3
Figura 2. Mapa dos municípios abrangidos pela Águas do Norte, S.A.....	4
Figura 3. Estratégia da empresa Águas do Norte.....	5
Figura 4. Esquema do tratamento convencional por lamas ativadas. ....	9
Figura 5. Fases do tratamento de um por lamas ativadas em SBR.....	10
Figura 6. Esquema do processo de tratamento da ETAR de Esposende. ....	21
Figura 7. Estação elevatória inicial da ETAR de Esposende.....	22
Figura 8. <i>Stepscreens</i> inseridos na etapa de gradagem da ETAR de Esposende.....	23
Figura 9. Órgãos de desarenamento e desengorduramento da ETAR de Esposende. ....	23
Figura 10. Equalização e estação elevatória intermédia da ETAR de Esposende.....	24
Figura 11. Reator biológico do tipo SBR, em fase de arejamento, inserido na ETAR de Esposende. ....	25
Figura 12. Unidade de microtamisação e desinfecção do efluente tratado da ETAR de Esposende. ....	25
Figura 13. Espessadores gravíticos de lamas da ETAR de Esposende.....	26
Figura 14. Centrífugas de desidratação, com agregação da unidade de preparação de polímero da ETAR de Esposende.....	26
Figura 15. Silos de armazenamento de lamas desidratadas da ETAR de Esposende. ....	27
Figura 16. Biofiltro de estilha de pinho, associado à torre de desodorização da ETAR de Esposende. ....	28
Figura 17. Fluxo de trabalho diário. ....	33
Figura 18. Integração dos processos operacionais.....	34
Figura 19. Interligação da informação de operação.....	35
Figura 20. Árvore de localizações dos Subsistemas de Esposende e Marinhas. ....	38
Figura 21. Unidades agregadoras da ETAR de Esposende. ....	39
Figura 22. Interface das variáveis gerais de controlo da ETAR de Esposende. ....	39
Figura 23. Interface da criação de variável totalizadora. ....	40
Figura 24. Interface da linha líquida da ETAR de Esposende.....	41
Figura 25. Interface da variável de uma bomba de elevação inicial. ....	42
Figura 26. Interface das variáveis de controlo analítico no SBR.....	43
Figura 27. Interface das linhas sólida e gasosa e armazenamento de reagentes. ....	44
Figura 28. Interface da Segurança e Saúde no Trabalho e tarefas genéricas.....	44

Figura 29. Interface das tarefas realizadas na ETAR de Esposende. ....	45
Figura 30. Interface da parametrização de variáveis na unidade agregadora Geral, inseridas nas tarefas diárias do operador. ....	46
Figura 31. Interface do planeamento de tarefas a realizar pelo operador responsável pela instalação. ....	47
Figura 32. Interface do módulo de reagentes. ....	48
Figura 33. Exemplo da interface de registo por parte do operador. ....	49
Figura 34. Interface da configuração do relatório de extração de dados. ....	50
Figura 35. Interface das Estações Elevatórias do Subsistema de Esposende. ....	51
Figura 36. Interface da Estação Elevatória de Fão. ....	52
Figura 37. Esquema de tratamento da ETAR de Marinhas. ....	53
Figura 38. Interface das Estações Elevatórias do Subsistema de Marinhas. ....	54

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Requisitos para a descarga final das diferentes estações de tratamento, de acordo com o tipo de zona pertencente.....	19
Tabela 2. Valores Limite de emissão dos parâmetros analíticos das águas residuais ....	20
Tabela 3. Limites de controlo dos parâmetros analíticos determinados diariamente .....	28
Tabela 4. Limites de controlo dos parâmetros determinados semanalmente .....	29



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AdP	Águas de Portugal
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AR	Água Residual
EE	Estação Elevatória
EPI	Equipamento de proteção individual
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
PCO	Plano de Controlo Operacional
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
SBR	<i>Sequencing Batch Reactor</i>
UV	Ultravioleta
$c(\text{NH}_3)$	Concentração de amoníaco
$c(\text{NH}_4^+)$	Concentração de azoto amoniacal
$c(\text{NO}_3^-)$	Concentração de nitratos
$c(\text{O}_2)$	Concentração de oxigénio dissolvido
$c(\text{P})$	Concentração de fósforo
<i>CBO</i>	Carência Bioquímica de Oxigénio
<i>CQO</i>	Carência Bioquímica de Oxigénio
$E_0$	Potencial Redox
<i>F</i>	Quantidade de substrato
<i>F/M</i>	Razão alimento/microrganismos
<i>IVL</i>	Índice Volumétrico de Lamas
<i>M</i>	Quantidade de microrganismos
<i>MS</i>	Matéria Seca
<i>MV</i>	Matéria Volátil
<i>SST</i>	Concentração de Sólidos Suspensos Totais
<i>SSV</i>	Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis
<i>T</i>	Temperatura
$V_{30}$	Sólidos Sedimentáveis
<i>VLE</i>	Valor Limite de Emissão



# 1. ENQUADRAMENTO

## 1.1 Motivação e Objetivos

A água é um bem essencial, único e que devemos preservar para garantir a sobrevivência das próximas gerações. Atualmente, o contínuo aumento da população, o crescimento das zonas urbanas, a contaminação das águas superficiais e as alterações climáticas são fatores que comprometem a qualidade da água para consumo humano.

É essencial uma consciencialização pessoal para a colmatação deste problema, pois a redução do consumo em demasia e as boas práticas domésticas no que diz respeito aos contaminantes são ações que minimizam esta agravante. Mas, em última instância, cabe às entidades gestoras de infraestruturas de tratamento de águas residuais (ETAR) a responsabilidade de realizar os tratamentos adequados de forma a cumprir a legislação, controlando os valores limite de emissão (*VLE*) para o meio ambiente e, conseqüentemente, reduzindo o impacto ambiental causado pelo Homem.

De forma a otimizar e facilitar este trabalho constante do tratamento de água residual, houve a necessidade de criar ferramentas que apoiassem diretamente as entidades gestoras. Assim, a Águas do Norte, S.A. decidiu utilizar o NAVIA, uma plataforma informática que tem como principal objetivo globalizar todos os parâmetros registados pelos operadores necessários para um melhor funcionamento do processo e de todas as instalações, integrando todos os processos numa ETA (Estação de Tratamento de Água) e ETAR, bem como Estações Elevatórias (EE) e coletores. Em ambos os casos, os gestores podem gerar rotinas, analisar e extrair parâmetros operacionais, bem como obter, em formato digital e de forma mais simples de consulta, a compilação de variáveis como resíduos produzidos e reagentes utilizados.

Assim, devido à importância da plataforma num assunto tão vital para a sobrevivência humana como a existência de água própria para consumo, surgiu o desafio de reestruturar, dada a sua desadequação à atualidade, e agilizar o sistema de gestão e controlo nas infraestruturas ao abrigo da equipa Baixo Minho Litoral, inserida no Centro Exploração Minho Litoral, da empresa Águas do Norte, S.A.

A laboração deste projeto passou pelo estudo e necessidade de atualização dos parâmetros e dados registados nas várias infraestruturas para uma melhor gestão de operação, abrangendo 4 ETAR e 32 EE.

O estágio teve a duração de 5 meses na Águas do Norte, S.A. e decorreu nas instalações da ETAR de Esposende. Primeiramente, foi realizado um estudo aprofundado dos processos de tratamento, das funcionalidades dos equipamentos e do trabalho diário realizado pelos operadores em todas as infraestruturas já referidas. Após esse levantamento, foi realizada uma avaliação dos registos dos operadores na plataforma NAVIA e reformulação dos mesmos, atendendo à necessidade de controlo de cada infraestrutura e o processo.

Com isto, delineou-se a árvore base, primeiramente para a ETAR de Esposende e Estação Elevatória de Fão, incorporando-as com todos os registos de controlo operacional aplicável. Como esta estrutura foi bem-sucedida, a tarefa seguinte passou por fazer uma adaptação semelhante às restantes infraestruturas. Numa última fase, houve, novamente, um acompanhamento no terreno, com o objetivo de esclarecer e instruir os operadores de acordo com as novas funcionalidades da plataforma e alteração da execução de algumas tarefas. A nível de gestão, estruturaram-se modelos de relatório no NAVIA, de forma a centralizar toda a informação de operação de cada infraestrutura num único documento, de modo a facilitar a gestão dos subsistemas de saneamento e a produção de dados para reporte.

## **1.2 Estrutura da dissertação**

Para além deste capítulo introdutório onde se expõe o tema do estágio, os objetivos atingidos, as tarefas realizadas e a descrição da empresa, esta dissertação é composta, ainda, por mais 5 capítulos.

No capítulo 2 aborda-se o tratamento de águas residuais, incidindo numa breve descrição da história do tratamento de águas em Portugal, numa descrição do sistema convencional e do tipo SBR (*Sequencing Batch Reactor*) de lamas ativadas. Apresenta-se, ainda neste capítulo, a legislação mais relevante que abrange o tratamento de águas, bem como os parâmetros de controlo mais comuns numa ETAR, de forma a cumprir todos os valores legais.

No capítulo 3 descreve-se a infraestrutura que teve maior destaque neste projeto, a ETAR de Esposende, bem como as suas diferentes fases de tratamento.

No capítulo 4 introduz-se a plataforma NAVIA, apresentando a sua importância na gestão dos sistemas de tratamento de águas, bem como as suas principais funcionalidades.

No capítulo 5 discute-se, na íntegra, todo o trabalho de reestruturação e implementação do NAVIA ao longo do estágio curricular, com a apresentação dos resultados obtidos.

No capítulo 6 sintetizam-se as principais conclusões da dissertação e apresentam-se sugestões para a melhoria do NAVIA.

### 1.3 Grupo Águas de Portugal

O Grupo Águas de Portugal (AdP) foi formado em 1993, de forma a responder com a máxima eficácia aos grandes desafios que o setor do ambiente enfrenta. O Grupo AdP garante a gestão integrada do ciclo urbano da água, operando vários sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais (AdPortugal, 2017).

Através das suas empresas, este Grupo tem uma presença alargada em Portugal continental, prestando serviços aos Municípios, que são simultaneamente acionistas das empresas gestoras dos sistemas multimunicipais (sistemas em “alta”), e servindo diretamente as populações através de sistemas municipais (sistemas em “baixa”) de abastecimento de água e de saneamento. Na Figura 1 são apresentados os grandes ideais de gestão da AdP, que assentam na equidade, sustentabilidade, equilíbrio e promoção do bem-estar.



Figura 1. Valores do Grupo Águas de Portugal (Adaptado de AdPortugal, 2017).

Em termos de cobertura dos serviços a nível nacional, o Grupo AdP integrava, em 2017, 12 entidades gestoras de abastecimento de água em 220 municípios, abrangendo

7,7 milhões de habitantes) e de águas residuais em 222 municípios, representando cerca de 7,6 milhões de habitantes (AdPortugal, 2017).

### 1.3.1 Águas do Norte, S.A.

A Águas do Norte, S.A. é uma empresa integrada no Grupo Águas de Portugal, constituída pelo Decreto-Lei n.º 93/2015, de 29 de maio. Surge então, em 2015, pela agregação das empresas Águas do Douro e Paiva, S.A., Águas do Noroeste, S.A., Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. e SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A. (AdNorte, 2018).

Com isto, foi-lhe atribuída, em período de exclusividade de 30 anos, o direito de exploração e gestão do sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal, que integra 80 municípios, representados na Figura 2, e compreende, nas componentes de abastecimento de água e saneamento 3,7 e 2,9 milhões de habitantes, respetivamente. Ou seja, a empresa é a entidade gestora máxima do sistema multimunicipal responsável pela captação, tratamento e abastecimento de água para consumo público, pela recolha, tratamento e rejeição de efluentes domésticos, urbanos e industriais e de efluentes provenientes de fossas sépticas (AdNorte, 2018).

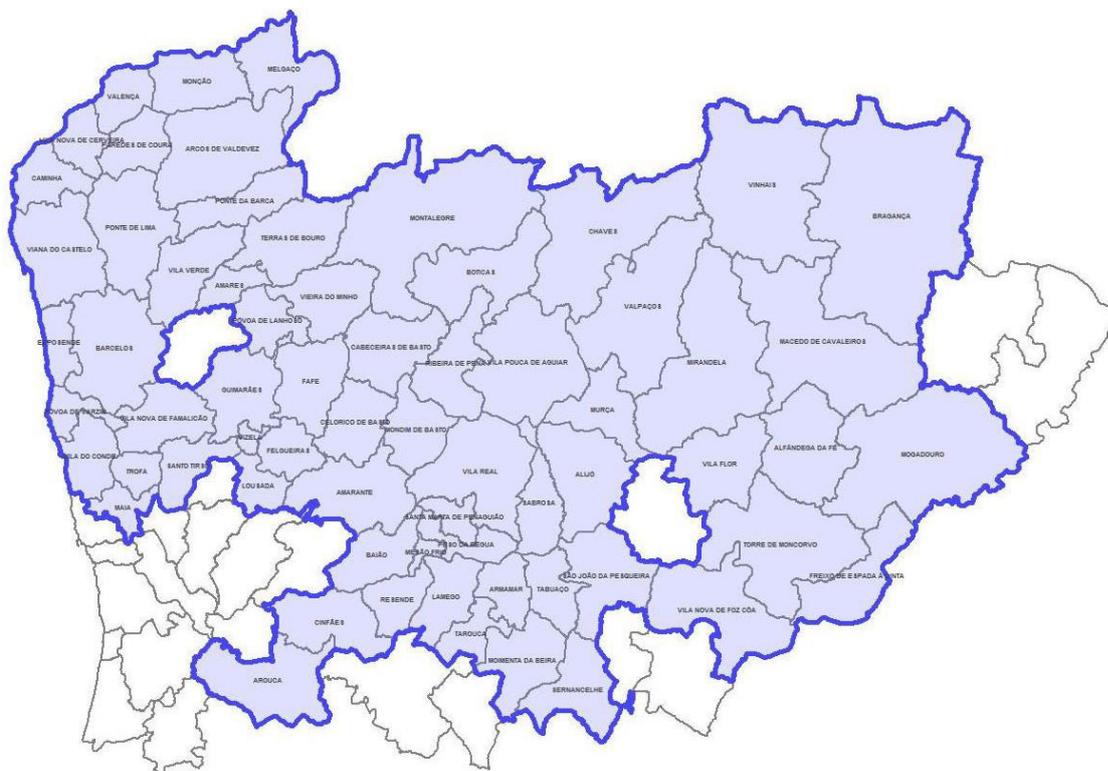


Figura 2. Mapa dos municípios abrangidos pela Águas do Norte, S.A.

A atividade da empresa abrange vários setores de trabalho, como projeto, construção, extensão, conservação, reparação, manutenção e melhoria das infraestruturas e a aquisição dos equipamentos e das instalações necessários ao desenvolvimento das atividades (AdNorte, 2018).

### **Missão**

Elaborar, construir, explorar e gerir o sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal baseando-se na eficiência e sustentabilidade económica, social e ambiental e, assim, contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e para o desenvolvimento socioeconómico da região.

### **Visão**

Ter um reconhecimento a nível nacional no setor da água em termos da qualidade do serviço público prestado e ser um parceiro ativo para o desenvolvimento da região onde se insere.

### **Valores**

Ter por base uma estratégia de ecoeficiência económica, social e ambiental, através do controlo de processos e recursos de forma sustentada ou pela gestão de funções operacionais com eficácia e eficiência (Figura 3).



Figura 3. Estratégia da empresa Águas do Norte (Adaptado de AdNorte, 2018).

A estratégia da empresa visa, ainda, a satisfação e proximidade do cliente criando uma proximidade deste, apostando na melhoria e qualidade constantes do serviço público prestado, assim como cumprir as necessidades e expectativas do Estado e dos Municípios.



## 2. TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

### 2.1 Tratamento de águas residuais em Portugal

A nível mundial, o tratamento de águas residuais é um assunto relativamente recente: a sua notoriedade começou no início do século XX, com a entrada em funcionamento das primeiras ETAR, como a pioneira alemã de Stahnsdorf. Esta prática surge tardiamente quando comparada com o desenvolvimento da Humanidade, refletindo séculos de deposição de excrementos humanos diretamente nas ruas ou nos recursos hídricos, sem qualquer tratamento atenuante (Monte *et al.*, 2016).

Em Portugal, o tratamento das águas residuais começou a ter um maior relevo em 1935, com o estudo de uma estação de tratamento que entrou em atividade em 1937, que iria servir uma população de 25 mil habitantes da cidade de Braga, sendo o efluente tratado descarregado no rio Torto, afluente do rio Cávado (Monte *et al.*, 2016). Este projeto consistia numa ETAR com tratamento de lamas ativadas a média carga recorrendo a sete reatores biológicos cilíndricos, associados a dois decantadores primários e a quatro decantadores secundários. Desta instalação ainda faziam parte um sistema de arejamento de ar comprimido aos reatores biológicos, um espessador que recebia as lamas provenientes dos decantadores, assumindo um processo transitório de espessamento antes da digestão anaeróbia, realizada por dois digestores e, por fim, estas eram desidratadas através de leitos de secagem. Esta instalação perdurou até aos anos 70, por desgaste dos equipamentos eletromecânicos e por insuficiência de tratamento de um caudal que teve um aumento significativo.

Com a entrada de um novo século, o estudo de engenharia do tratamento de águas residuais tem vindo a desenvolver métodos e projetos de forma a colmatar as necessidades das populações. Atualmente, devido aos avanços tecnológicos e ao nível de operação nas ETAR e infraestruturas associadas, o ponto do processo de tratamento de águas que mais prejudica a sua eficácia é o tamanho reduzido da rede de saneamento. Esta rede não abrange a totalidade da população portuguesa, apenas 80 % da mesma, havendo uma falha grave em zonas isoladas ou com acessos dificultados (Monte *et al.*, 2016). É uma problemática que se tenta minimizar pois, além de permitir o tratamento necessário a toda a água residual e a sua devolução ao meio ambiente em condições que não põem em risco os seres vivos por ele abrangidos, colmatar esta falha permitiria, também, diminuir as

preferências da população por zonas mais desenvolvidas em detrimento dos ambientes rurais, podendo ser uma medida de combate indireto à despovoação das zonas rurais.

## **2.2 Tratamento convencional de águas residuais**

Pode-se definir as ETAR como instrumentos que visam a diminuição da carga poluente das Águas Residuais (AR), de forma a que a descarga do efluente tratado não afete negativamente o meio recetor, minimizando o impacte causado nos ecossistemas, ou seja, desempenham um papel fundamental na proteção ambiental.

De uma forma genérica, o tratamento de AR engloba processos e operações unitárias de forma a permitir diferentes níveis de tratamentos. O tratamento aplicado numa ETAR é constituído, geralmente, por quatro fases de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário (Monte *et al.*, 2016).

O tratamento preliminar, também designado por pré-tratamento, visa a remoção em grelhas e/ou tamisadores dos resíduos de maior dimensão existentes no efluente, como trapos, materiais flutuantes, areias e gorduras que possam causar problemas operacionais nos processos seguintes.

Já no tratamento primário, o efluente é sujeito a processos físicos, como a sedimentação e flotação, reunidos num decantador primário, que faz com que as partículas sólidas em suspensão sejam eliminadas por ação da gravidade. O objetivo desta etapa passa também por reduzir os óleos e gorduras do efluente, bem como a Carência Química de Oxigénio (*CQO*) e Sólidos Suspensos Totais (*SST*) (Metcalf & Eddy, 2004).

O tratamento secundário, principal etapa do processo de tratamento de uma ETAR, consiste na utilização de processos químicos e/ou biológicos (aeróbios/anaeróbios), sendo o segundo o mais usado, para remover a maior parte da matéria orgânica em suspensão (pequenas partículas ou partículas coloidais) ou em solução, como açúcares, álcoois e ácidos orgânicos.

Os tratamentos que irão ser expostos de seguida referem-se a tratamentos de sistemas de lamas ativadas, o sistema convencional, e uma alteração a esse sistema convencional, aplicando reatores descontínuos em série (SBR).

Um sistema convencional básico de lamas ativadas é composto por um reator biológico, onde os microrganismos são mantidos em suspensão por via de um sistema de agitação ou arejamento, um decantador, no qual ocorre a separação sólido-líquido, e um

sistema de recirculação de lamas ativadas do decantador para o reator biológico, garantindo que a população microbiana se mantenha constante para a degradação dos nutrientes da água residual, como representado na Figura 4.

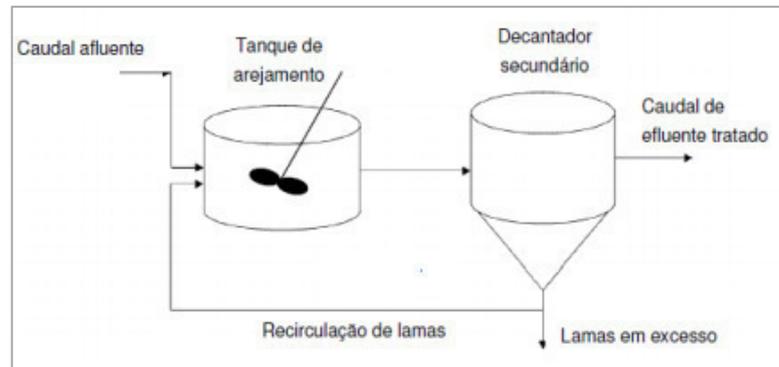


Figura 4. Esquema do tratamento convencional por lamas ativadas (Adaptado de La Motta *et al.*, 2007).

Ao reator biológico, é alimentado oxigénio por um sistema de arejamento de modo a garantir a sobrevivência dos microrganismos presentes. Além desta função, o arejamento provoca a agitação do licor misto, assegurando o contato da superfície dos flocos com a matéria orgânica. O processo de degradação consiste em os microrganismos, nas condições de temperatura, pH, oxigénio, nutrientes e tempo de residência apropriadas, consumirem os nutrientes dissolvidos no efluente através da oxidação biológica, libertando dióxido de carbono, água e outros nutrientes (La Motta *et al.*, 2007). De acordo com Metcalf & Eddy, a concentração de oxigénio dissolvido em toda a área do reator biológico deverá encontrar-se entre  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$  e  $4 \text{ mg L}^{-1}$ .

Por fim, aplica-se um tratamento terciário caso se pretenda afinar o efluente final, dependendo dos valores limites de descarga. Este processo consiste na remoção de bactérias, sólidos em suspensão e compostos tóxicos específicos das águas quando submetidas a uma desinfecção e remoção de nutrientes. Este último processo torna a água mais pura e em condições ambientalmente seguras.

### 2.3 SBR – *Sequencing Batch Reactor*

O processo convencional de tratamento biológico exposto anteriormente descreve um sistema de fluxo contínuo, em que se utilizam, frequentemente, vários reatores em série, podendo os microrganismos neles usados ser preferencialmente aeróbios, anaeróbios ou anóxicos (Morgenroth, 1998). Neste último caso, existe uma alimentação

de água residual constante ao reator biológico, preconizando, também, uma descarga contínua do efluente tratado.

Uma outra possibilidade é o sistema de lamas ativadas ser constituído por um único reator que, além de suportar os microrganismos presentes na degradação, opera como decantador, num sistema de fluxo descontínuo em que as diferentes fases ocorrem sequencialmente ao longo do tempo.

Os reatores do tipo SBR são o exemplo mais comum deste sistema, ocorrendo de forma sequencial o enchimento, arejamento/reacção, sedimentação, descarga e extração de lamas, levando à classificação dos SBR como tratamentos de *fill and draw* (encher e esvaziar). Em termos de projeto, o sistema SBR é constituído por um tanque, por equipamento de arejamento e agitação, um decantador e um sistema de controlo automático (Schultz *et al.*, 1999).

Na Figura 5 está esquematizado o modo de operação de um sistema do tipo SBR.

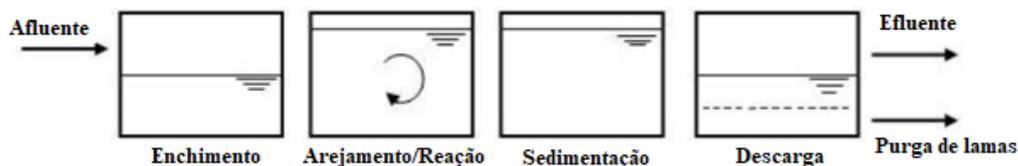


Figura 5. Fases do tratamento de um por lamas ativadas em SBR (Adaptado de Metcalf & Eddy, 2004).

### **Enchimento**

Durante o enchimento, a água residual (afluente) é adicionada à biomassa já existente no tanque desde o ciclo anterior. A duração do período de alimentação depende do número de reatores que a instalação possui, do seu volume e das características do fluxo de águas residuais, que pode ser intermitente ou contínuo. O enchimento pode ser considerado estático, misto ou arejado, consoante a aplicação, ou não, de arejamento e a sua escolha depende do tipo de tratamento que se quer aplicar (Yang *et al.*, 2011).

O enchimento estático é, normalmente, usado durante a fase de arranque de uma instalação, em que não seja necessário nitrificar ou desnitrificar e durante os períodos de baixo caudal de alimentação, de modo a economizar energia. No caso deste enchimento, não existe arejamento nem mistura aquando a entrada do afluente no reator. Uma vez que os arejadores e agitadores estão desligados nesta fase, este tipo de enchimento permite uma entrada mínima de energia, levando assim à acumulação de substrato dentro do

reator, favorecendo os microrganismos floculantes e minimizando a proliferação de organismos filamentosos (USEPA, 1992).

Já no enchimento misto, os agitadores estão em funcionamento, mas o arejamento permanece desligado. Com isto, subsiste uma mistura uniforme da água residual com a biomassa do reator e a ausência de arejamento promove a desnitrificação uma vez que constitui uma condição anóxica de tratamento. As condições anaeróbias também podem ser alcançadas durante a fase de mistura mista, onde a biomassa padece da libertação de fósforo que é reabsorvido pela mesma quando as condições aeróbias são reestabelecidas. Este fenómeno de libertação de fósforo não ocorre em condições anóxicas (Yang *et al.*, 2011).

No caso de um enchimento arejado, estão em pleno funcionamento tanto os arejadores como os agitadores, iniciando reações aeróbias que mantêm baixas concentrações de substrato, podendo ser uma condição fundamental caso exista componentes biodegradáveis que são tóxicos em altas concentrações (Ketchum, 1997).

### **Reação**

Durante a fase de reação, a biomassa consome o substrato sob condições ambientais controladas (aeróbia, anóxica ou anaeróbia), dependendo do tipo de tratamento pretendido. Durante a reação arejada, ocorre a oxidação e a nitrificação da matéria orgânica e, caso a reação seja mista, pode ocorrer desnitrificação. O tempo de reação poderá ser 50 % ou mais do tempo total do ciclo (Yang *et al.*, 2011).

### **Sedimentação**

Concluída a reação promovida pelos microrganismos, ocorre a separação de sólidos por decantação, em condições de repouso (sem entrada ou saída de caudal e sem equipamentos em funcionamento). Este processo de sedimentação origina uma maior eficiência de separação sólido-líquido do que nos decantadores convencionais de fluxo contínuo. O período estabelecido para esta fase está compreendido entre 0,5 h e 1,5 h, de forma a evitar que os sólidos formem um manto flutuante devido à acumulação de gás (Gurtekin, 2014).

### **Descarga**

Após a fase de sedimentação, o sobrenadante clarificado é descarregado do reator como efluente tratado. O mecanismo de descarga pode assumir várias formas, como por

exemplo um tubo fixado num nível predeterminado com o fluxo regulado por uma válvula automática ou uma bomba, ou uma comporta ajustável ou flutuante na superfície do líquido ou imediatamente abaixo da mesma. Em qualquer das opções, o mecanismo de descarga deve ser projetado e operado de maneira a evitar que o sobrenadante existente seja descarregado juntamente com o efluente tratado. A duração desta fase pode variar, normalmente, entre 5 % a 30 % do tempo total do ciclo, no entanto, esta duração não deve ser excessivamente longa de modo a evitar possíveis problemas com o aumento da biomassa (Yang *et al.*, 2011).

### **Extração de lamas**

A extração de lamas é considerada a última fase antes do início de um novo ciclo, podendo ocorrer numa fase de paragem que corresponde à transição de ciclo ou simultaneamente com a fase de descarga do efluente tratado (Gurtekin, 2014). Esta extração consiste na remoção de lamas em excesso no reator, em que o caudal deve ser controlado e corrigido pela exploração, dado que nem sempre será necessário fazer esta purga, exceto quando o SBR é usado para tratamento de um volume elevado de água residual.

De um modo geral, o tratamento do tipo SBR apresenta várias vantagens comparativamente ao sistema de fluxo contínuo. Este tipo de tratamento proporciona a flexibilidade necessária para tratar uma água residual variável (carga e caudal) simplesmente ajustando o ciclo, a durabilidade das fases distintas ou mesmo a combinação de arejamento/agitação durante cada ciclo (Morgenroth, 1998). Os reatores do tipo SBR possibilitam reter contaminantes até que eles tenham sido completamente degradados, tornando o sistema excelente para o tratamento de compostos tóxicos ou perigosos (USEPA, 2000). Outra característica que os distingue dos demais é a capacidade de ajustar a entrada de energia e o caudal fornecido, de acordo com as características do afluente, permitindo evitar gastos energéticos desnecessários. Além disso, a flexibilidade proveniente das várias configurações do reator (variando a relação entre a área da base e a altura do mesmo em função do tratamento a aplicar), permite minimizar a área ocupada pelo mesmo, que pode ser reaproveitada para a colocação de outros equipamentos (USEPA, 2000).

Este sistema apresenta, ainda, a vantagem de operar em fluxo menos turbulento na fase de sedimentação, quando comparado com operações em modo contínuo, levando a

uma reduzida concentração de sólidos suspensos (biomassa) no efluente. Quanto ao espessamento das lamas ativadas, este pode ser estendido durante a fase de sedimentação, diminuindo assim o teor de água da lama purgada.

A sua principal desvantagem é o nível de sofisticação necessário nos sistemas de controlo, em comparação com os sistemas convencionais, especialmente em situações com tempos distintos para as várias fases. Associada a este sistema de controlo está a necessidade de uma manutenção detalhada e frequente dos equipamentos automatizados.

A nível processual, a potencial descarga de biomassa flutuante ou estabilizada durante a fase de extração ou decantação pode causar um possível entupimento dos dispositivos de arejamento durante os ciclos de operação selecionados, dependendo do sistema de arejamento usado pelo fabricante. Por fim, um dos inconvenientes do reator do tipo SBR passa, em alguns casos, pela necessidade de um tanque de equalização a montante dos reatores, uma vez que a alimentação é descontínua à receção do efluente bruto.

Nota-se, então, em termos de custos de construção e manutenção, que este sistema não é competitivo em relação ao tratamento convencional, porém, em termos de inovação, controlo e qualidade de tratamento, o sistema de tratamento do tipo SBR responde a todas essas vertentes, colmatando as várias necessidades de controlo.

Em termos de eficiência, o desempenho dos SBR é caracteristicamente comparável aos sistemas convencionais de lamas ativadas e depende muito do projeto do sistema e das condições específicas impostas no local. Dependendo do modo de operação, estes sistemas podem obter uma boa Carência Bioquímica de Oxigénio (*CBO*), onde a eficiência de remoção se encontra entre 85 % e 95 %, e remoção de nutrientes (USEPA, 1992).

## **2.4 Parâmetros analíticos**

Os parâmetros analíticos a controlar numa ETAR variam de acordo com o tipo de tratamento aplicado. De um modo geral, no tratamento de lamas ativadas, quer do tipo convencional quer por SBR, é essencial deter um conhecimento de parâmetros como temperatura, pH, concentração de oxigénio dissolvido, potencial redox, condutividade, sólidos sedimentáveis, *CBO*, *CQO*, sólidos e concentração de azoto e fósforo.

## **Temperatura**

A medição da temperatura do efluente é, normalmente, realizada nas várias fases de tratamento porque esta afeta a velocidade das reações químicas e a atividade biológica (Pereira, 2017). Este parâmetro tem uma condicionante associada: um aumento de temperatura do efluente pode levar a um decréscimo da concentração de oxigénio dissolvido, afetando assim a degradação biológica.

## **pH**

A medição de pH expressa a intensidade da condição ácida ou alcalina de uma solução. O pH da água residual varia de acordo com a sua origem, encontrando-se próximo da neutralidade em águas residuais domésticas. No processo biológico, o valor de pH deverá ser mantido entre 6 e 9, correspondendo à gama ótima para o desenvolvimento da comunidade microbiológica.

## **Concentração de oxigénio dissolvido**

O oxigénio dissolvido é um parâmetro fundamental no processo biológico dado que é este que permite o crescimento dos organismos aeróbios responsáveis pela degradação da matéria orgânica e condiciona ainda o processo de nitrificação e desnitrificação. Como referido anteriormente, a solubilidade do oxigénio no reator diminui com a temperatura, o que significa que existe uma maior necessidade de oxigénio nos meses mais quentes do ano. A solubilidade do oxigénio em água a 0 °C é de 14,6 mg L<sup>-1</sup>, já a 30 °C é de 7,6 mg L<sup>-1</sup> (Fredette *et. al.*, 2012).

## **Potencial redox**

O potencial redox possibilita conhecer a reação de oxidação que decorre no momento da leitura, pela quantificação da atividade dos eletrões. No caso do sistema de lamas ativadas (processo aeróbio) o valor de potencial redox encontra-se geralmente acima dos 50 mV (Cerdeira, 2008).

No tratamento de AR, o potencial redox permite determinar as reações de oxidação que ocorrem na desinfecção por agentes oxidantes, como o cloro e o ozono, na precipitação de elementos dissolvidos por oxidação com ar ou oxigénio molecular ou ainda, na degradação bioquímica da matéria orgânica (Monte *et al.*, 2016).

### **Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica representa a concentração total de substâncias ionizadas com capacidade de conduzir a corrente elétrica, ou seja, permite estimar o teor de minerais na água residual. Com isto, a condutividade elétrica será tanto maior quanto maior o número de iões que a água residual possui (Cerdeira, 2008). Este parâmetro tem um interesse acentuado em zonas costeiras, uma vez que a sua medição permite perceber se existem infiltrações de água salobra no tratamento, que poderá ser suscetível de condicionar negativamente a atividade microbiana.

Os parâmetros anteriormente referidos podem ser medidos diretamente no local onde o processo ocorre, através de medidores portáteis equipados de sondas que permitam uma rápida leitura, minimizando o erro associado. Num sistema do tipo SBR, a concentração de oxigénio dissolvido pode ainda ser obtida através de uma sonda fixa (*online*), enquanto todos os outros parâmetros são conseguidos da forma descrita.

### **Sólidos sedimentáveis ( $V_{30}$ )**

A determinação de sólidos sedimentáveis permite conhecer as condições de sedimentabilidade e qualidade das lamas biológicas do reator. Esta medição é baseada no volume ocupado pelos sólidos, de 1 L de amostra de efluente, sedimentados num cone *Imhoff* durante um período de 30 min desde o repouso da amostra (Metcalf & Eddy, 2004). Os sólidos sedimentáveis variam entre 300 mL L<sup>-1</sup> e 800 mL L<sup>-1</sup>.

### **CBO**

A *CBO* quantifica a matéria orgânica presente numa amostra de água capaz de ser oxidada biologicamente na presença de oxigénio. Define, então, a quantidade de oxigénio utilizado pelos microrganismos aeróbios não fotossintéticos para transformar, a 20 °C, compostos orgânicos biodegradáveis em CO<sub>2</sub> e água. O meio de incubação deve ter um pH neutro, sem presença de luz e minerais (N, P, Ca, Mg e S). Normalmente, considera-se que após 5 dias de incubação, 60 % a 70 % da matéria orgânica presente na amostra é biologicamente oxidada, pelo que o termo mais utilizado seja *CBO*<sub>5</sub> (Pereira, 2017).

### **CQO**

A *CQO* quantifica a matéria orgânica presente numa amostra de água que pode ser quimicamente oxidada por um reagente oxidante forte. Ou seja, representa a quantidade

de oxigénio necessária para a oxidação química dos compostos orgânicos carbonados a dióxido de carbono e água (Pereira, 2017).

### **Sólidos**

Os sólidos podem encontrar-se suspensos ou dissolvidos nas águas residuais, apresentando vários tamanhos. Os *SST* e os Sólidos Suspensos Voláteis (*SSV*) permitem a determinação da carga poluente de um efluente. Submetendo uma amostra de água residual a uma filtração com um filtro de fibra de vidro, seguida de uma secagem do resíduo obtido a 105 °C, pode-se obter a concentração de *SST* no efluente (Pereira, 2017). Cerca de 2/3 destes sólidos do tratamento de água residual são de natureza orgânica (*SSV*) e, para obter essa concentração, basta aplicar uma calcinação a 550 °C, temperatura que permite a volatilização dos compostos orgânicos (Metcalf & Eddy, 2004). Os *SSV* são utilizados essencialmente para acompanhar o crescimento da biomassa no reator, assim como outras partículas.

### **Concentração de azoto e fósforo**

O azoto e o fósforo são nutrientes importantes para o crescimento biológico. O azoto está presente nas águas residuais na forma orgânica (em moléculas orgânicas tais como proteínas e ácidos nucleicos), como ureia ou na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). A concentração típica de azoto no efluente doméstico varia de 30 mg L<sup>-1</sup> a 40 mg L<sup>-1</sup>, especialmente nas formas  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$ . Os dois processos principais para remoção de azoto são a assimilação e a nitrificação-desnitrificação. Os microrganismos presentes no sistema de tratamento necessitam de azoto para a síntese celular, pelo que esta assimilação resulta em remoção de azoto do meio.

Já o fósforo apresenta concentrações típicas de 10 mg L<sup>-1</sup> a 30 mg L<sup>-1</sup> no efluente doméstico. Os microrganismos utilizam normalmente fósforo durante a síntese celular e para as funções de transporte. Cerca de 10 % a 30 % do fósforo no efluente a tratar será removido normalmente no processo biológico aeróbio para assegurar estas funções (Meireles, 2011).

O efluente final, dependendo dos critérios da licença de descarga, deverá conter menos de 2 mg L<sup>-1</sup> de fósforo. É possível a remoção físico-química por adição de hidróxido de cálcio, sulfato ou cloreto férrico, no entanto, este processo gera lamas biológicas e compromete as etapas seguintes do tratamento, nomeadamente, a desinfecção.

## 2.5 Parâmetros processuais

De forma a conhecer e acompanhar o desempenho dos processos de tratamento de uma ETAR, além do controlo analítico é fundamental a determinação e análise de parâmetros processuais, como o Índice Volumétrico de Lamas (*IVL*), a idade das lamas e as razões alimento/microrganismos (*F/M*), *CBO/CQO*, de recirculação e *SSV/SST*, como descritos de seguida.

### *IVL*

O *IVL* quantifica o grau de sedimentabilidade das lamas e é definido como o volume, ocupado por 1 g de lama seca, após 30 min de sedimentação. Esta determinação é concretizada através do método  $V_{30}$  e da determinação da concentração de *SST* presentes nessa amostra, já referidos anteriormente. A sedimentação das lamas é tanto melhor quanto menor for o valor do *IVL*, e considera-se que, para um tratamento em boas condições, este varia entre  $50 \text{ mL g}^{-1}$  e  $200 \text{ mL g}^{-1}$ . O processo de sedimentação, e consequentemente este parâmetro, são negativamente afetados pelo aparecimento de bactérias filamentosas e pela ocorrência de desnitrificação, o que se reflete num aumento deste índice (Meireles, 2011).

### Idade das lamas

A idade das lamas, ou tempo de retenção de sólidos, é o parâmetro que expressa o período de tempo médio de permanência dos microrganismos no reator biológico. Com este parâmetro, verifica-se que a idade das lamas relaciona a quantidade de sólidos suspensos totais no reator com a quantidade de lamas retiradas do sistema diariamente.

### *F/M*

A razão alimento/microrganismos relaciona a carga orgânica introduzida no sistema, ou seja, a quantidade de substrato (*CQO* ou *CBO*) (*F*) com a quantidade de microrganismos (*M*), presentes no reator. Os valores típicos da razão *F/M* encontram-se entre  $0,05 \text{ d}^{-1}$  e  $1 \text{ d}^{-1}$  (Pereira, 2017). Na prática, este parâmetro permite perceber a seleção dos microrganismos no reator, uma vez que, se existir pouca biomassa, vai existir competição e sobrevivem os microrganismos mais resistentes, os filamentosos.

### **Razão CBO/CQO**

A razão *CBO/CQO* determina a biodegradabilidade do efluente, a partir do qual estes dois parâmetros são determinados. Numa água residual doméstica bruta esta razão encontra-se entre 0,6 e 0,8. Assim, o tratamento biológico torna-se simplificado quando a razão destes parâmetros é igual ou superior a 0,7. Ao invés, se a razão se encontrar em valores inferiores a 0,5, pode indiciar que o efluente possui compostos tóxicos.

### **Razão de recirculação**

A razão de recirculação traduz a relação do caudal de recirculação e o caudal de entrada num sistema de lamas ativadas. A recirculação de lamas no tratamento biológico é fundamental de forma a manter uma concentração apropriada de lamas ativadas. No entanto, num sistema do tipo SBR, pode ou não existir recirculação, depende da seleção de microrganismos. O índice típico da razão de recirculação varia entre 50 % a 150 % do caudal de entrada.

### **Razão SSV/SST**

A razão *SSV/SST* representa a relação, em percentagem, entre a quantidade de sólidos suspensos voláteis e sólidos suspensos totais de uma amostra de lamas em recirculação. Esta razão permite determinar a fração volátil da quantidade de sólidos suspensos na corrente de recirculação, ou seja, permite conhecer a percentagem de sólidos de natureza orgânica (biomassa) fundamentais para uma operação eficaz de um sistema de lamas ativadas.

## **2.6 Legislação aplicável**

A descarga final do efluente proveniente da ETAR no meio hídrico estabelece, inevitavelmente, uma alteração nos ecossistemas e pode acarretar riscos para os mesmos e para a saúde pública. Para reduzir este impacto, é necessário garantir que esta descarga cumpra os valores limites de emissão.

Existem vários documentos legais que regulamentam a descarga de efluente da ETAR, acolhendo as diretivas europeias, que são listados de seguida:

- Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, que transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio de 1991. Este diploma diz respeito à recolha, ao tratamento e à descarga de águas residuais urbanas no meio

ambiente, de forma a minimizar os efeitos destas descargas nas águas superficiais. Define, ainda, as metas temporais e os níveis de tratamento a que devem obedecer os sistemas de drenagem pública que efetuem descargas no meio ambiente, distinguindo as zonas sensíveis e zonas menos sensíveis, apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1. Requisitos (concentração, *c*, e percentagem mínima de redução, *Per*) para a descarga final das diferentes estações de tratamento, de acordo com o tipo de zona pertencente (Adaptado de Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho, 1997)**

<b>Classificação</b>	<b>Parâmetro</b>	<b><i>c</i>/ (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b><i>Per</i>/ %</b>
<b>Zona sensível</b>	<i>CBO</i> <sub>5</sub>	25	70 a 90
	<i>CQO</i>	125	75
	<i>SST</i>	35	90
	Azoto total	15	70 a 80
	Fósforo total	2	80
<b>Zona menos sensível</b>	Apenas restringe o cumprimento das percentagens mínimas de redução acima descritas.		

- Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, que revoga o Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de março. Este decreto tem como objetivo manter a preservação e a melhoria da qualidade das águas para que não comprometa o seu uso. Com isto, o diploma esclarece os requisitos a controlar nas águas para consumo humano, para suporte da vida aquícola, águas balneares e águas de rega. São ainda definidos os valores limite de emissão, estando os principais representados na Tabela 2.
- Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22 de junho, com o objetivo de proporcionar uma correta orientação para a seleção do tipo de tratamento a instalar, em virtude da consciência da necessidade do combate à eutrofização e da inclusão de um tratamento mais avançado que o secundário (Decreto- Lei n.º 149/2004 de 22 de junho, 2004). Inclui na lista de identificação das zonas sensíveis os critérios que, para cada zona, determinaram a respetiva identificação.

Assim, as ETAR devem, em primeira instância, proceder ao cumprimento da legislação apresentada. No entanto, em casos específicos, considerando as alterações hidráulicas que afetam a depuração dos meios recetores e a sazonalidade, a Agência

Portuguesa do Ambiente (APA), entidade reguladora, define os parâmetros analíticos a controlar na descarga do efluente, bem como os respetivos limites de emissão.

**Tabela 2. Valores Limite de emissão (VLE) dos parâmetros analíticos das águas residuais** (Adaptado de Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, 1998)

<b>Parâmetro</b>	<b>VLE/ (mg L<sup>-1</sup>)</b>
pH	6 a 9
<i>CBO</i> <sub>5</sub>	40
<i>CQO</i>	150
<i>SST</i>	60
<b>Azoto total</b>	15
<b>Azoto amoniacal</b>	10
<b>Nitratos</b>	50
<b>Fósforo total</b>	10
<b>Óleos e Gorduras</b>	15

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ETAR DE ESPOSENDE

A ETAR de Esposende, localizada na freguesia de Gandra, possui capacidade para tratar cerca de  $6\,750\text{ m}^3\text{ d}^{-1}$  de águas residuais domésticas, o que se traduz em cerca de 50 mil habitantes-equivalentes. A esta ETAR estão agregados um conjunto de interceptores com 37,9 km de extensão que encaminham parte do efluente doméstico do concelho.

O concelho de Esposende tem ainda outra infraestrutura para a qual é encaminhado o restante efluente, a ETAR de Marinhãs, que está também inserida no Centro Exploração Minho Litoral (Baixo Minho), e foi alvo de estudo neste trabalho nos mesmos moldes da ETAR de Esposende, uma vez que o projeto de construção e processos de tratamento são bastante semelhantes. Ambas as infraestruturas foram reconstruídas e entraram em operação em 2016 por parte da empresa. Só com esta intervenção foi possível melhorar a qualidade das águas na foz do rio Cávado bem como a qualidade de vida da população do concelho, com maior abrangência de ligações dos efluentes.

O dimensionamento da ETAR de Esposende baseia-se, em termos hidráulicos e processuais, para o ano horizonte de projeto em época alta, por se encontrar muito próximo da zona costeira. O sistema de tratamento biológico é composto por três linhas de tratamento por lamas ativadas em regime de arejamento prolongado, realizado em reatores biológicos do tipo SBR. Na Figura 6 estão esquematizadas todas as etapas do processo de tratamento da ETAR.

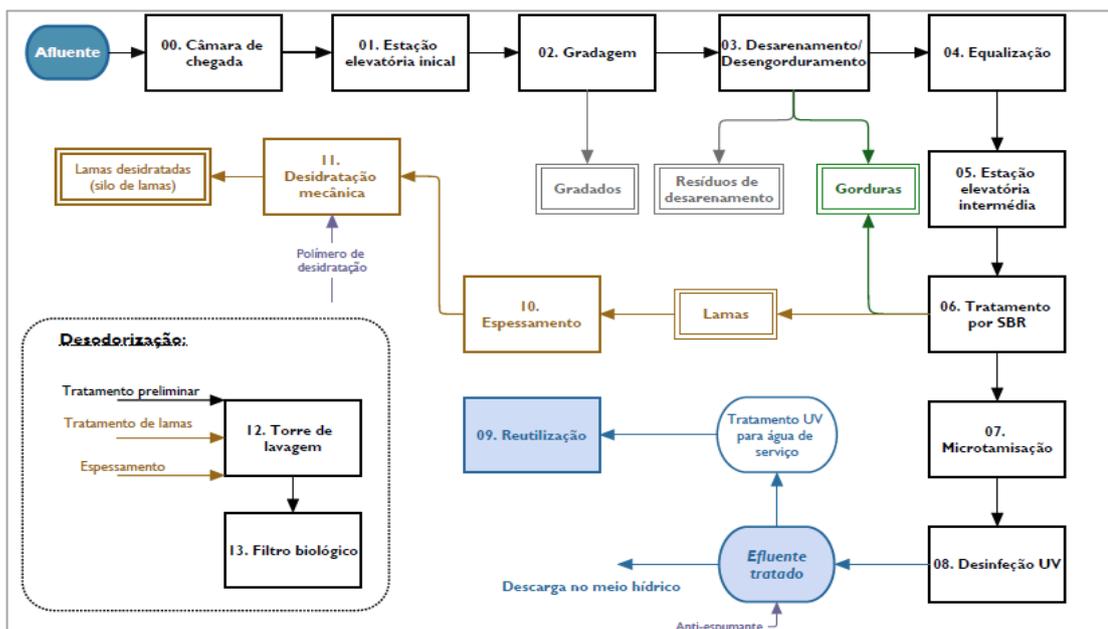


Figura 6. Esquema do processo de tratamento da ETAR de Esposende.

O processo de tratamento foi dividido em três fases principais: líquida, sólida e desodorização/gasosa. A fase líquida estende-se desde a etapa de recepção do efluente doméstico até à sua descarga no meio hídrico, enquanto que a fase sólida é constituída pelo tratamento das lamas provenientes da purga feita nos SBR. Por último, a etapa de desodorização abrange todas as áreas de tratamento onde haja libertação de odores para o ar, e este possivelmente se encontre saturado.

### 3.1 Fase líquida

A câmara de chegada é onde se inicia esta fase, com a recepção de todo o efluente bruto proveniente das condutas que, de seguida, é elevado até aos canais de gradagem pela estação elevatória inicial, constituída por três grupos de bombagem. Na Figura 7 estão representados os grupos de bombagens que conduzem o efluente.



Figura 7. Estação elevatória inicial da ETAR de Esposende.

A etapa da gradagem marca o início do tratamento preliminar, e tem como finalidade filtrar a água residual de modo a reter o máximo possível de materiais flutuantes ou em suspensão. Este processo divide-se em dois canais, cada um com uma gradagem mecânica de tamisador *stepscreen*, como ilustrado na Figura 8. Após a passagem do efluente por este equipamento, os gradados são transportados e armazenados em contentores considerados como resíduos, enquanto as escorrências são enviadas para o início do processo.

O desarenador/desengordurador, apresentado na Figura 9, é o órgão que se encontra a jusante da gradagem. O objetivo desta etapa é, essencialmente, a remoção de areias e gorduras de maneira a diminuir o desgaste, por abrasão, dos equipamentos mecânicos e a

colmatação das tubagens e dos órgãos seguintes de tratamento. Além das vantagens na manutenção de equipamentos e transporte entre os mesmos, a remoção de gorduras neste órgão facilita a remoção de poluentes no tratamento biológico.



**Figura 8.** Stepscreens inseridos na etapa de gradagem da ETAR de Esposende.

O órgão de desarenamento/desengorduramento subdivide-se em duas linhas com duas pontes raspadoras, responsáveis por elevar a mistura de água e gordura através de uma mistura de ar, e com arejamento de forma a impedir uma eventual obstrução pelos materiais sólidos ou fibrosos existentes no líquido a tratar. As areias removidas no fundo de cada órgão são lavadas e encaminhadas para um contentor de resíduos de desarenamento e as gorduras, consideradas como resíduo, são armazenadas em tanque apropriado para o efeito.



**Figura 9.** Órgãos de desarenamento e desengorduramento da ETAR de Esposende.

Concluído o tratamento preliminar, segue-se a etapa de armazenar e/ou misturar as águas residuais, a equalização. É este ponto que permite controlar a alimentação aos reatores, otimizando assim o funcionamento do tratamento biológico. A equalização é constituída por três células em que o efluente é arejado e agitado consoante as suas especificações. A esta etapa associa-se a estação elevatória intermédia, constituída por três grupos de bombagem, com a finalidade de bombear o efluente para os reatores biológicos. A interligação entre estes dois processos é visível na Figura 10.



Figura 10. Equalização e estação elevatória intermédia da ETAR de Esposende.

O tratamento biológico é assegurado, como já referido, por um sistema de lamas ativadas recorrendo a três reatores tipo SBR, com a finalidade de remover matéria orgânica carbonácea e de azoto, através da nitrificação e desnitrificação simultânea, bem como a separação lama-líquido. Cada reator, como o exemplificado na Figura 11, está equipado com sistema de oxigenação através de difusores de bolha fina, dois agitadores submersíveis, um decantador, um sistema de recolha de escumas flutuantes e recolha de lamas em excesso (purga de lamas). Além disto, existe ainda equipamento de controlo analítico (sondas de oxigénio e amoníaco).

Neste tratamento, é possível manipular o tempo de cada ciclo, mais precisamente, o tempo de cada passo (*step*). Com isto, estes SBR estão preparados para operar até nove passos, desde alimentação, agitação, arejamento, sedimentação, descarga, extração de lamas em excesso e pausa. Cada SBR opera de forma independente, não havendo qualquer simultaneidade de passos entre eles. É possível, ainda, seleccionar a época em que se quer operar (Baixa, Alta e Horizonte), que diferem pelo estabelecimento do tempo de cada passo.



**Figura 11. Reator biológico do tipo SBR, em fase de arejamento, inserido na ETAR de Esposende.**

Na última etapa desta fase, o efluente proveniente do tratamento biológico é submetido a uma filtração, recorrendo a um microtamisador (Microtamisação) e posteriormente a uma desinfecção por radiação ultravioleta (UV). Parte deste efluente desinfetado é novamente submetido a uma desinfecção por UV e reutilizado como água de serviço na ETAR (para lavagem de edifícios, equipamentos, arruamentos), sendo o restante devolvido ao meio hídrico. Toda esta etapa ocorre na estrutura de microtamisação e desinfecção, cujo aspeto exterior é possível ser observado na Figura 12.



**Figura 12. Unidade de microtamisação e desinfecção do efluente tratado da ETAR de Esposende.**

### **3.2 Fase sólida**

O tratamento da fase sólida tem início com a remoção de lama em excesso no reator que, depois de recolhida, é encaminhada para dois espessadores gravíticos, apresentados na Figura 13, de forma a promover a sua sedimentação.



**Figura 13. Espessadores gravíticos de lamas da ETAR de Esposende.**

De seguida, a lama é encaminhada para uma sala de desidratação, na qual uma solução de polímero de desidratação, auxiliado pelo efeito mecânico das duas centrífugas de alto rendimento disponíveis, levam à separação da mesma em duas fases: lama e sobrenadante líquido. Na Figura 14 são apresentados os equipamentos utilizados nesta etapa.



**Figura 14. Centrífugas de desidratação, com agregação da unidade de preparação de polímero da ETAR de Esposende.**

Nas centrífugas, as escorrências são encaminhadas para o pré-tratamento, integrando novamente o processo. A lama desidratada é encaminhada para duas tremonhas, por parafuso transportador de lamas. Estas tremonhas constituem, neste caso, um equipamento de auxílio ao processo de elevação de lamas. Por fim, as lamas são encaminhadas para duas unidades de armazenamento cilíndricas, designadas de silos de armazenamento, como ilustrado na Figura 15.



**Figura 15. Silos de armazenamento de lamas desidratadas da ETAR de Esposende.**

### **3.3 Desodorização**

A minimização da emissão de odores assenta em dois objetivos fundamentais a atingir: primeiramente, é necessário garantir que o ar extraído seja corretamente tratado num filtro biológico e com elevada eficiência de tratamento, de forma a minimizar os odores na envolvente da infraestrutura; da mesma forma, é necessário extrair o ar contaminado dos espaços de trabalho de forma a garantir a segurança laboral dos colaboradores e diminuir a degradação da infraestrutura.

O tratamento do ar abrange as principais fontes de odores de toda a ETAR, mais concretamente:

- Câmara de chegada de águas residuais brutas e estação elevatória inicial;
- Zona de gradagem (canais e equipamentos de transporte e de armazenamento de gradados);
- Etapa de desarenamento e desengorduramento (equipamento e tubagens contíguas);
- Espessadores gravíticos das lamas;
- Tanque de gorduras e sala de desidratação e armazenamento de lamas.

Este ar extraído é insuflado no sistema de desodorização por um ventilador centrífugo, sendo posteriormente humidificado na torre de lavagem. Esta torre tem como função primária pulverizar os gases aspirados com a solução de humidificação, sendo estilha de pinho a biomassa utilizada, como é visível na Figura 16.



Figura 16. Biofiltro de estilha de pinho, associado à torre de desodorização da ETAR de Esposende.

Todas as operações descritas são controladas por *software* (SCADA), onde é possível manipular estados de funcionamento dos equipamentos e duração de cada etapa, efetuar o acompanhamento do controlo analítico e receber alarmes relacionados com o controlo de parâmetros e avarias de equipamentos.

Ainda na vertente operacional, é realizado um controlo analítico correspondente às etapas mais determinantes do tratamento. Existe, por parte do operador, um controlo diário dos parâmetros analíticos do efluente bruto à chegada da ETAR, do licor misto e, à saída, do efluente tratado. Na Tabela 3, estão listados os parâmetros medidos e analisados diariamente, de forma a cumprir os limites estabelecidos.

Tabela 3. Limites de controlo dos parâmetros analíticos determinados diariamente

Pontos de amostragem	Parâmetro analítico	Limite mínimo de controlo	Limite máximo de controlo
Obra de entrada	Temperatura, $T/ ^\circ\text{C}$	10	35
	Concentração oxigénio dissolvido, $c(\text{O}_2)/ (\text{mg L}^{-1})$	–	–
	Potencial Redox, $E_0/ \text{mV}$	-50	–
Licor misto	Temperatura, $T/ ^\circ\text{C}$	10	35
	pH	6	9
	Potencial Redox, $E_0/ (\text{mV})$	0	–
	Concentração oxigénio dissolvido, $c(\text{O}_2)/ (\text{mg L}^{-1})$	0,5	2,5
	Concentração de amoníaco, $c(\text{NH}_3)/ (\text{mg L}^{-1})$	10	–
	Sólidos, $V_{30}/ (\text{mL L}^{-1})$	300	950
	Saída	pH	6

Além do controle proveniente do acompanhamento diário dos operadores, são realizadas, semanalmente, análises laboratoriais que permitem obter informações sobre a microbiologia, nutrientes e sólidos do processo, de forma a garantir o cumprimento dos limites instituídos na lei. Os parâmetros controlados laboratorialmente encontram-se descritos Tabela 4, assim como os seus limites de controle correspondentes.

Tabela 4. Limites de controle dos parâmetros determinados semanalmente

Pontos de amostragem	Parâmetro analítico	Limite mín. de controle	Limite máx. de controle
<b>Obra de entrada</b>	Carência química de oxigênio, <i>CQO</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	140	1 500
	Carência bioquímica de oxigênio, <i>CBO<sub>5</sub></i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	1 000
	Sólidos suspensos totais, <i>SST</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	1 000
	Sólidos suspensos voláteis, <i>SSV</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	750
	Fósforo total, <i>c(P)</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	25
	Azoto total, <i>c(N)</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	100
	Azoto amoniacal, <i>c(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	100
<b>Licor misto</b>	Sólidos suspensos totais, <i>SST</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	1 500	5 000
	Sólidos suspensos voláteis, <i>SSV</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	1 200	4 000
<b>Saída</b>	Carência química de oxigênio, <i>CQO</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	100
	Carência bioquímica de oxigênio, <i>CBO<sub>5</sub></i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	20
	Sólidos suspensos totais, <i>SST</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	4 000	12 000
	Sólidos suspensos voláteis, <i>SSV</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	3 200	10 000
	Fósforo total, <i>c(P)</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	15
	Azoto total, <i>c(N)</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	40
	Azoto amoniacal, <i>c(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	35
<b>Lama espessador</b>	Nitratos, <i>c(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	20
	pH	6	10
	Matéria seca, <i>MS</i> / %	1,8	–
<b>Escorrência espessador</b>	Matéria volátil, <i>MV</i> / %	70	–
	pH	6	10
<b>Lama desidratada</b>	Sólidos suspensos totais, <i>SST</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	15 000	60 000
	pH	6	10
	Matéria seca, <i>MS</i> / (%)	18	–
<b>Escorrência desidratada</b>	Matéria volátil, <i>MV</i> / (%)	70	–
	Sólidos suspensos totais, <i>SST</i> / (mg L <sup>-1</sup> )	–	500



## 4. NAVIA

### 4.1 Enquadramento com a empresa

A plataforma integrada NAVIA já era um instrumento de gestão na Águas do Noroeste, S.A. e Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. (empresas “mãe” da Águas do Norte, S.A.), Águas do Douro e Paiva, S.A. e SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A, tendo continuado a ser a plataforma de eleição a quando da criação da Águas do Norte, S.A.

No caso da Águas do Noroeste, S.A., a empresa considerou a implementação de uma plataforma integrada um benefício significativo para a gestão operacional, não só pela elevada dispersão geográfica das infraestruturas como também pelo tempo despendido no acompanhamento direto dos processos de tratamento e gestão de tarefas de operação (Afonso *et al.*, 2010).

Para tal, foi necessário conceber uma plataforma única e comum a todos os utilizadores, implementando o fluxo de trabalho associado à operação e ao seu acompanhamento em tempo real, assim como criar uma base de dados única que garantisse a consistência, a disponibilidade, o tratamento da totalidade de dados operacionais, ferramentas de reporte e quadros indicadores. Além disso, os processos de tratamento eram suficientemente idênticos para ser criada uma base de dados comum para todas as infraestruturas da empresa e, com esta medida, pôr fim aos registos realizados em papel e a uma resposta menos imediata no caso de anomalias (Afonso *et al.*, 2010).

Assim, a empresa implementou, em 2013, a plataforma informática NAVIA como resposta a todas estas vertentes de gestão operacional, sendo que desde essa data o sistema de registo e planeamento na plataforma NAVIA foi mantido em funcionamento sem qualquer alteração significativa.

Este ano, com o avanço tecnológico dos processos e com a criação de novas infraestruturas, a Águas do Norte, S.A. considerou importante a atualização das funcionalidades da plataforma, de modo a garantir que todos os parâmetros operacionais são registados, de acordo com as necessidades de controlo operacional de cada infraestrutura, motivos estes que originaram a necessidade deste estágio.

## 4.2 Origem

A plataforma integrada NAVIA surgiu por própria iniciativa da empresa MdeMáquina, localizada em Matosinhos, em 2002 (Manuel & Tavares, 2009). A escolha desta aplicação informática para a gestão operacional foi conseguida, essencialmente, pela sua vasta experiência no setor das águas e a consciência das possibilidades de otimização no setor provenientes da integração de todas as funcionalidades que a plataforma proporciona. Além disso, ao tratar-se de um projeto pioneiro, comportava um elevado potencial de atração para novos clientes.

De um modo geral, a MdeMáquina conduziu este projeto assentando-o em vários fatores fundamentais para o setor das águas, quer na captação e distribuição de água para consumo, quer no tratamento de AR, destacando-se (Afonso *et al.*, 2010):

- Centralização de todos os dados para fácil análise;
- Automatização dos processos operacionais;
- Definição de várias localizações com o mesmo sistema de tratamento;
- Fácil acesso a todos os utilizadores de acordo com as suas responsabilidades.

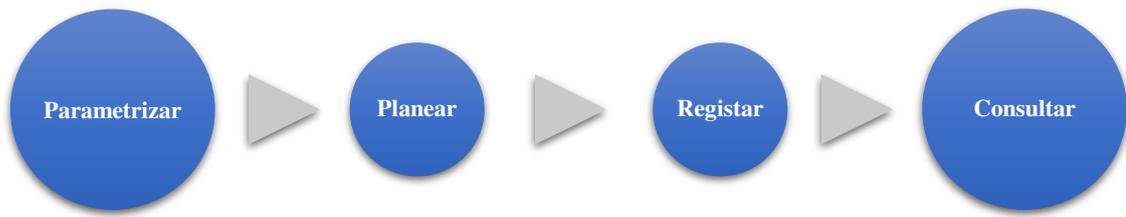
## 4.3 Plataforma integrada NAVIA

Pode-se definir a plataforma NAVIA como sendo um instrumento de apoio operacional, que facilita a gestão diária de uma infraestrutura de água para consumo ou de água residual e permite a obtenção de bons resultados neste tipo de atividade devido ao acompanhamento diário das equipas de operação.

Assim, a plataforma responde a vários entraves que a gestão operacional possa enfrentar (Afonso *et al.*, 2010):

- Localização, organização e tipo de intervenção das instalações e equipamentos;
- Tipo de informação a registar e modo de consulta;
- Constituição, funções e comunicação das equipas de trabalho;
- Planeamento e localização de tarefas a realizar.

A utilização da plataforma NAVIA engloba quatro fases principais: parametrização, planeamento, registo e consulta, esquematizadas na Figura 17. São o suficiente para realizar todas as intervenções necessárias à gestão de uma ETA ou ETAR.

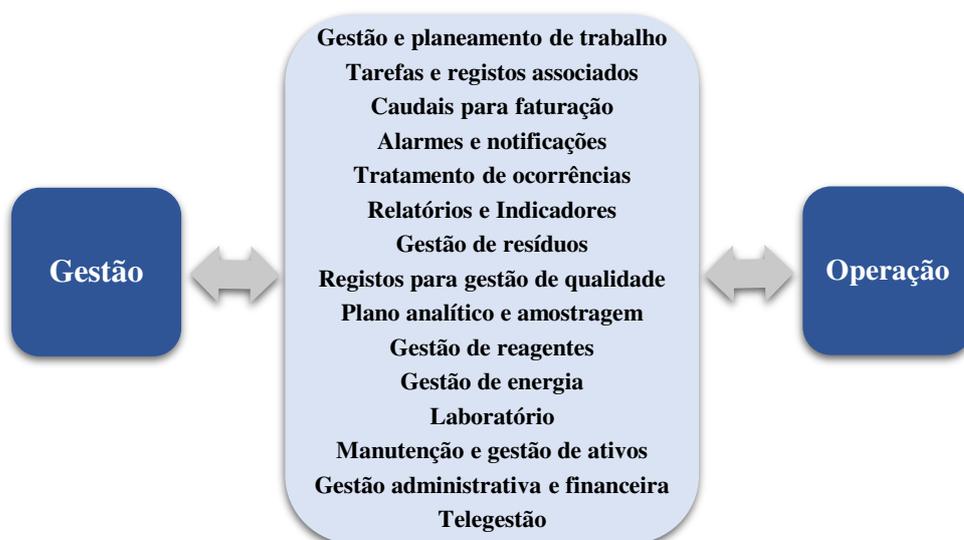


**Figura 17. Fluxo de trabalho diário** (Adaptado de Afonso *et al.*, 2010).

A parametrização integra, por parte do gestor, a definição das variáveis a registar pelo operador num determinado período de tempo. Já o planeamento é uma fase desenvolvida como um calendário com as diversas instalações e respetivas tarefas, sendo o seu agendamento e periodicidade definidos pelo gestor. O registo é essencialmente efetuado pelo operador que, tendo acesso à internet, introduz os dados que ficam disponíveis em tempo real. Cumpridas todas essas etapas é possível consultar todos os dados quer através das tarefas parametrizadas quer procurando uma variável específica.

Na prática, a plataforma assegura uma diversidade de processos existentes na gestão operacional, esquematizados na Figura 18, e dos quais se destacam o planeamento de tarefas e geração automática da agenda dos operadores com o plano de trabalhos, o registo, tratamento e análise de incidentes com as instalações ou os equipamentos, o planeamento e execução de controlo analítico, a capacidade de gestão de reagentes (receção, *stocks* e qualidade) e de gestão de resíduos (controlo de quantidade de lamas, gradados e resíduos de desarenamento armazenados) (Manuel & Tavares, 2009). Incorpora, ainda, um sistema automático de alertas e notificações, permite a aquisição, controlo e emissão de relatórios de faturação, edição e análise de dados de relatórios e indicadores e, por fim, é um software compatível com a telegestão, manutenção e laboratório (Saião *et al.*, 2018).

De uma forma genérica, a plataforma sustenta toda a informação de operação, tornando-se a ferramenta mais completa e abrangente, sendo usada por toda a equipa, da operação à gestão, contemplando duas vertentes distintas: uma com funcionalidades manipuladas pelo gestor e outra com funcionalidades da responsabilidade do operador (Afonso *et al.*, 2010). A primeira diz respeito à parametrização de processos, ao planeamento de tarefas e consulta e exportação de dados, enquanto que a segunda remete para o registo, edição e consulta de dados.



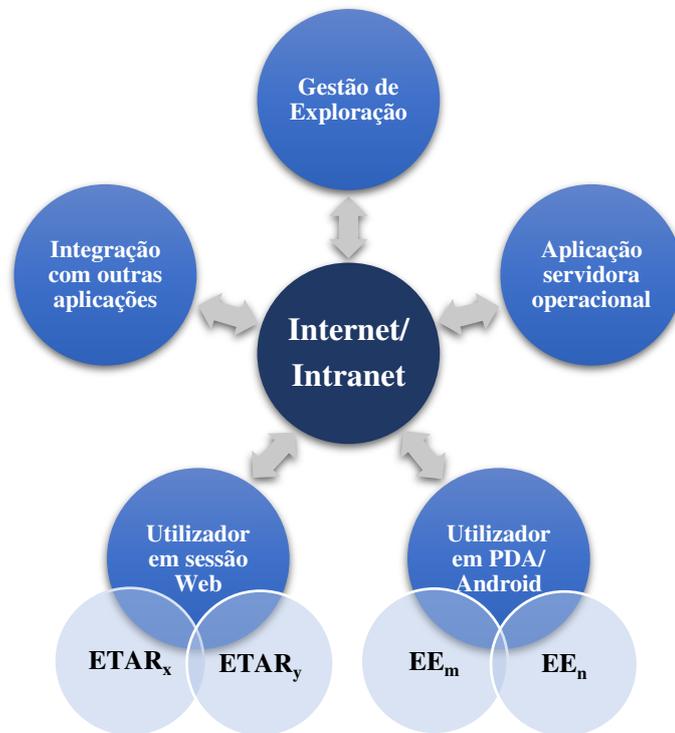
**Figura 18. Integração dos processos operacionais** (Adaptado de Afonso *et al.*, 2010).

Sendo uma ferramenta eletrónica com ligação à internet permite, ainda, a consulta instantânea dos dados inseridos pelos operadores, através de PDA (*Personal Digital Assistant*) industriais por *browser* ou mesmo em sistema operativo *Android*, em qualquer local ligado à rede interna da empresa, eliminando a distância entre os operadores no terreno e os membros da empresa noutras localizações (Saião *et al.*, 2018). Na Figura 19 está representado o princípio que se estabelece na instalação de uma empresa do setor das águas.

A centralização dos dados permite uma atuação mais rápida e eficaz em caso de uma anomalia, reduzindo o impacto dos imprevistos operacionais nos processos de tratamento e, conseqüentemente, assegurando a prestação de um melhor serviço à população, uma vez que a ação passa a ser preditiva em vez da abordagem corretiva clássica.

Além das vantagens já mencionadas, a plataforma permite, ainda, a eliminação completa do registo em papel, com todos os benefícios para o meio ambiente que isso acarreta; um aumento da pró-atividade dos operadores que, graças aos mecanismos de automação e notificação instantânea são imediatamente informados de qualquer desvio às condições ideais de operação e, por parte das equipas de gestão, o conjunto de ferramentas de consulta e de *reporting* dão o *feedback* necessário para a análise de resultados e implementações de melhorias (Afonso *et al.*, 2010). Trata-se, também, de um

sistema completo e integrado, em que uma só aplicação gere todos os processos associados, com capacidade de ser adaptado à realidade de cada empresa e às necessidades e competências dos seus utilizadores.



**Figura 19. Interligação da informação de operação** (Adaptado de Manuel & Tavares, 2009).



## 5. IMPLEMENTAÇÃO DAS ALTERAÇÕES DA PLATAFORMA NAVIA

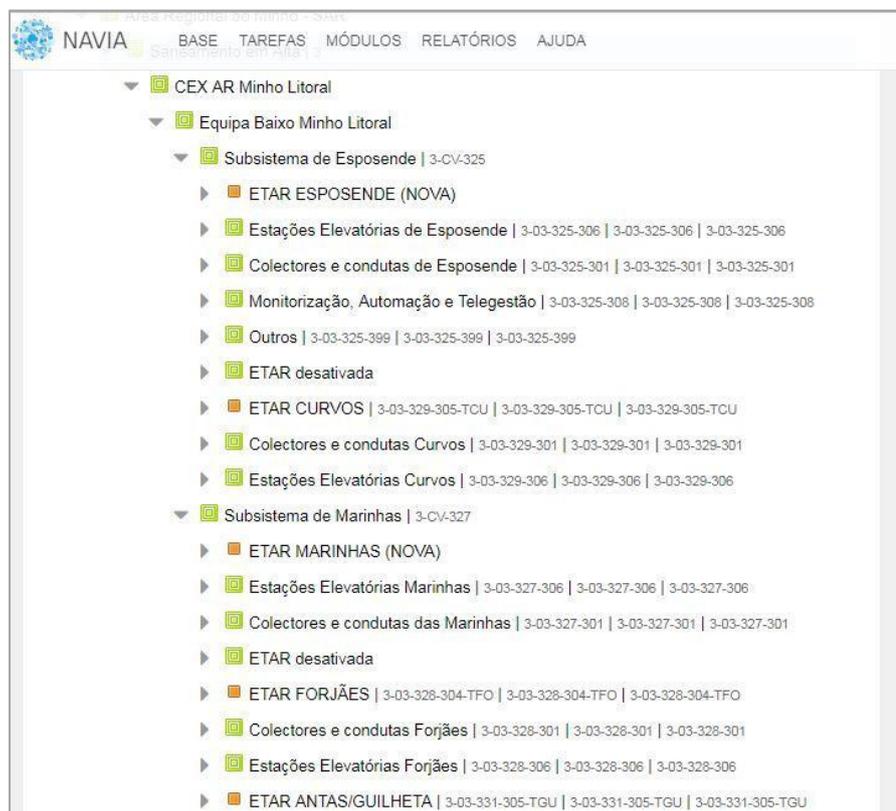
O processo de reestruturação da plataforma fundamentou-se na informação recolhida no terreno, acompanhando todas as etapas e parâmetros do tratamento, bem como os operadores nas suas tarefas diárias.

Este capítulo segue o fluxo de trabalhos do NAVIA apresentado na Figura 17: em primeira instância, é feita a exposição das principais atualizações da árvore de localizações e da parametrização das variáveis, de seguida, é apresentado o processo de planeamento das tarefas e, por fim, é exibida a forma de registo e de consulta dos resultados, no NAVIA.

De forma a compilar todos os dados e parâmetros de controlo operacional, foi, ainda, realizado um Plano de Controlo Operacional (PCO), para cada infraestrutura que engloba este projeto, uma vez que estes planos não se encontravam implementados devido à recente reconstrução e entrada de funcionamento das estruturas, a plataforma tinha uma incompatibilidade de registo com os processos atuais.

Primeiramente, estabeleceu-se um PCO para a ETAR de Esposende, apresentado no Anexo I, e só depois para a ETAR de Marinhas. Além destas duas infraestruturas, numa segunda fase de implementação, fizeram parte desta atualização as outras duas ETAR que estão ao abrigo do Centro de Exploração em questão: a ETAR de Forjães e a ETAR de Guilheta. A Figura 20 expõe a árvore de localizações referente aos dois subsistemas que integram as infraestruturas referidas. A árvore de localizações representa a constituição geral de cada subsistema, permitindo os pontos de acesso às várias infraestruturas, às configurações específicas de cada etapa e à criação de variáveis. Esta é constituída por nós agregadores, nós, unidades agregadoras e unidades *standard*.

Por análise da Figura 20 podemos verificar que os nós agregadores representam a entidade global que agrupa várias entidades específicas. Neste caso, são exemplo de nós agregadores, o Centro Exploração de Águas Residuais Minho Litoral (CEX AR Minho Litoral) que agrega a Equipa Baixo Minho Litoral, da qual, por sua vez, fazem parte os dois subsistemas já referidos. Os nós agrupam toda a informação referente a uma grande instalação (ETAR), ou mesmo de uma pequena instalação (EE). Ou seja, cada subsistema foi subdividido em nós que dizem respeito às ETAR (a laranja), às EE e a outras estruturas que as apoiam.



**Figura 20. Árvore de localizações dos Subsistemas de Esposende e Marinhas.**

O primeiro passo desta etapa de trabalho incidiu sobre o Subsistema de Esposende, mais concretamente, em reestruturar a árvore de localizações na íntegra de acordo com as atuais instalações e processos. Em resultado da elaboração do PCO da ETAR de Esposende, esquematizou-se o processo de tratamento desta, já apresentado na Figura 6, com todas as etapas, depósito de resíduos e reagentes.

Dada a diversidade de etapas que integram a ETAR, decidiu-se dividir o processo operacional em unidades agregadoras, que agrupam as várias fases de tratamento e/ou um conjunto de condições específicas. Com base no esquema da ETAR, foram criadas sete unidades: uma de abrangência geral, uma linha para os compostos líquidos, uma linha para a fase sólida, uma linha referente à fase gasosa, uma etapa de armazenamento de reagentes, outra referente à segurança e saúde no trabalho e, por último, uma unidade de tarefas genéricas, como pode ser verificado na Figura 21.

Estas unidades agregadoras são constituídas por unidades *standard*, que representam a entidade mais específica da plataforma, e estão associadas aos pontos de leitura de variáveis, parâmetros, operações, equipamentos ou depósitos. Na Figura 22, são exemplificadas variáveis (unidades *standard*) que integram a unidade Geral da ETAR.



Figura 21. Unidades agregadoras da ETAR de Esposende.

ETAR ESPOSENDE (NOVA) » Geral				
DESCRÇÃO	PARÁMETRO	DOMÍNIO	TIPO	
Consulta rápida				
Variáveis (19)				
Energia vazio 8.1				
Energia ponta 8.2				
Energia cheia 8.3				
Energia super vazio 8.4				
Energia total 20				
Consumo específico ener...				
Volume água rede				
Caudal fossas sépticas				
Caudal escorrências				

Figura 22. Interface das variáveis gerais de controlo da ETAR de Esposende.

Nesta secção da árvore de localizações foram agrupadas unidades como o estado do tempo, energia e caudais, não só para facilitar os operadores aquando o registo dos dados no terreno, mas também para facilitar a análise dos mesmos. A reestruturação da unidade Geral passou por manter as variáveis que se enquadravam no processo de tratamento, acrescentando um histórico de registo das mesmas, e pela criação das variáveis que careciam de registo na plataforma.

Para criar uma nova variável na plataforma foi necessário, primeiramente, definir o tipo de variável pretendida. As variáveis dividem-se em: *standard*, que permite uma gestão do estado de um equipamento, energia ou parâmetros analíticos; *calculada*, permitindo a obtenção de um valor ou parâmetro a partir de duas ou mais variáveis já

existentes, com base numa equação que as relacione; totalizador, utilizada quando se pretende registar o valor acumulado de uma certa variável e mensal, permitindo obter dados com periodicidade de um mês, por manipulação do período de controlo.

A criação das novas variáveis seguiu o modelo usado pelo NAVIA, exemplificado na Figura 23.

Criar variável totalizadora

Parâmetro Caudal

Descrição Caudal

Fontes de origem

DESCRICÃO	UNIDADE DE MEDIDA	
Totalizador	m3/d	EDITAR
Parcial	m3/d	EDITAR

Alarmes

ALARME TIPO	LIMITE SUPERIOR (M3/D)	LIMITE INFERIOR (M3/D)	VARIACÃO DIÁRIA	VARIACÃO DIÁRIA
Valor crítico	> ▾ [ ]	< ▾ [ ]	> ▾ [ ]	< ▾ [ ]
Valor de alerta	> ▾ [ ]	< ▾ [ ]	> ▾ [ ]	< ▾ [ ]
Valor paramétrico ⚠	> ▾ [ ]	< ▾ [ ]	> ▾ [ ]	< ▾ [ ]

Período de estabilização 3 Horas ▾

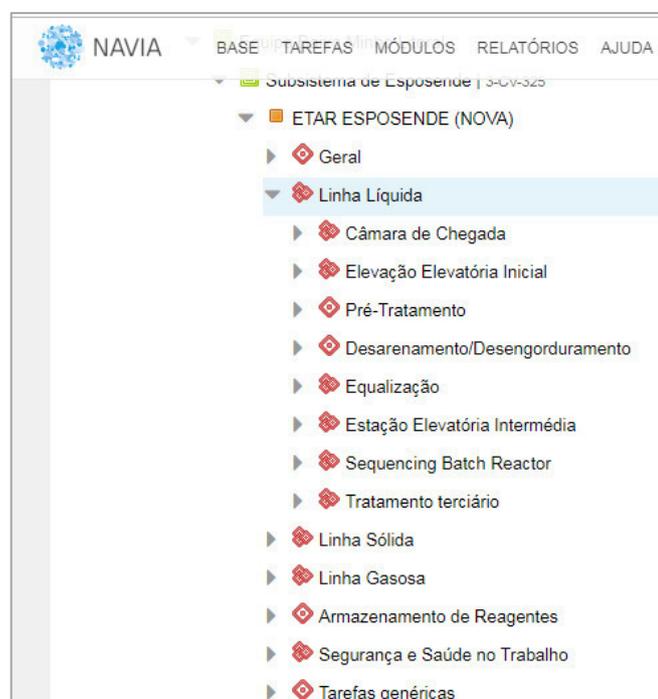
Figura 23. Interface da criação de variável totalizadora.

De acordo com o exemplo, as variáveis que se utilizaram para registar os diferentes caudais ao longo do processo são do tipo totalizador, uma vez que é o valor que os próprios medidores de caudal permitem ler para obter o caudal diário, da mesma forma para as variáveis de energia. Para a criação de todas as variáveis, foi necessário definir o parâmetro e um domínio, correspondendo à unidade de medida e ao tipo de resposta, respetivamente. Para além das variáveis do tipo totalizador que foram usadas para o registo dos caudais, criou-se, também, uma variável calculada, representativa do consumo específico de energia. Esta variável descreve a energia consumida, em kWh, por cada metro cúbico de efluente tratado na instalação e apresenta-se como um indicador do relatório para reporte do responsável da Exploração.

Ainda ao nível das variáveis, a plataforma é dotada de um sistema de alarme, nesta interface de criação de variável, definido individualmente para cada situação. Aqui,

podem ser definidos limites para o valor da variável, desde limite superior, inferior, média diária e variação diária, consoante a adaptação ao que se pretende controlar. Este sistema de alarme pode ser do tipo valor crítico, valor alerta e valor paramétrico. Na ETAR de Esposende, em todos os caudais foram estabelecidos valores de alerta de acordo com o PCO elaborado, pois é o valor alerta que controla o nível excessivo de caudal.

Desenvolvendo a linha líquida do tratamento, esta foi dividida em outras unidades agregadoras seguindo a ordem dos processos e etapas descritas no esquema de tratamento, desde a câmara de chegada ao tratamento terciário de desinfecção, como apresentado na Figura 24.

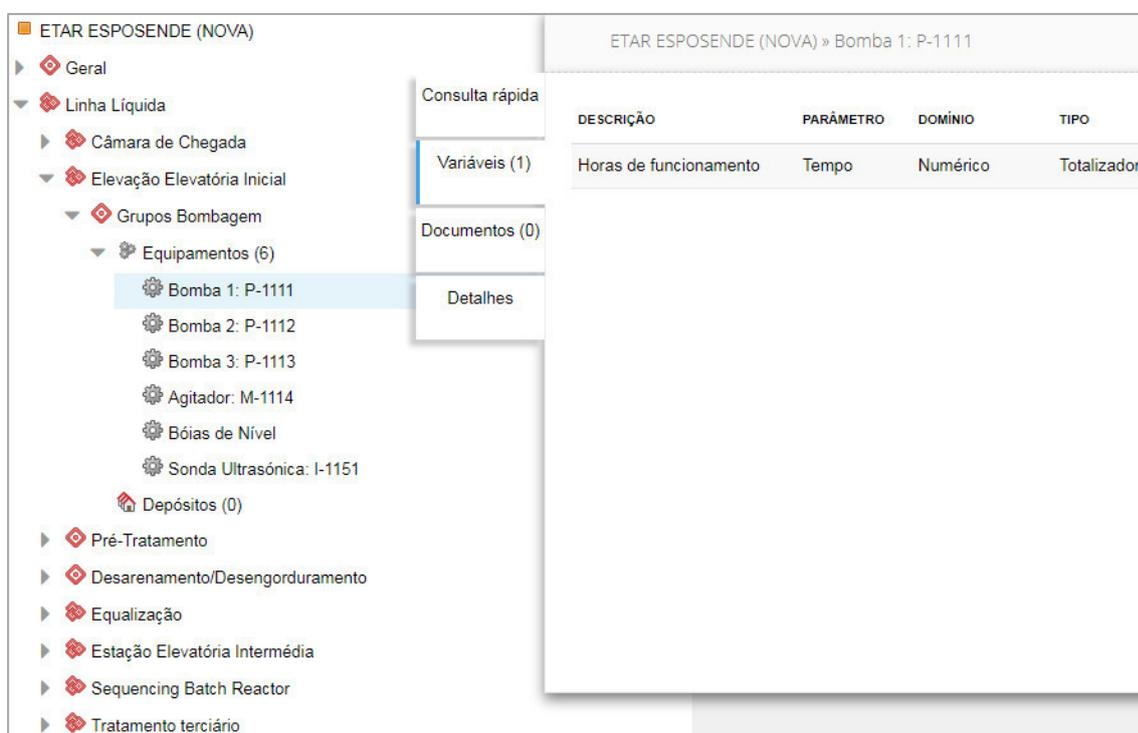


**Figura 24. Interface da linha líquida da ETAR de Esposende.**

Em cada uma das etapas apresentadas na interface da linha líquida foram incluídas variáveis referentes ao estado e tempo de funcionamento de equipamentos, como bombas e compressores, ou mesmo parâmetros analíticos. Em todos os equipamentos estava implementado que se registasse o estado de funcionamento destes, ou seja, com a consulta dos dados apenas se podia concluir se o equipamento estava em boas condições de funcionalidade. No entanto, considerou-se que equipamentos como bombas e compressores deveriam ser mais controlados devido à sua máxima importância no processo, desde a elevação do efluente ou extração de resíduos, no caso das bombas, ou até mesmo a função de arejamento, no caso dos compressores. Foi, então, implementada

a variável totalizadora em todas as bombas e compressores incorporados na linha líquida. A variável utilizada foi do tipo totalizador uma vez que estes valores são obtidos através do SCADA, que apenas monitoriza o tempo total de funcionamento de cada equipamento.

Na linha líquida, os equipamentos que careceram desta alteração foram as bombas da estação de elevação inicial, demonstradas na Figura 25, e da estação de elevação intermédia, os compressores e as bombas de extração de gorduras do desarenamento e desengorduramento e, por fim, as bombas de extração de lamas e compressores de cada um dos SBR.



**Figura 25. Interface da variável de uma bomba de elevação inicial.**

Assim, com a variável de tempo de funcionamento associada às bombas é possível ter a perceção sobre o bom estado do equipamento, uma possível obstrução e uma análise de rentabilidade e durabilidade da bomba. Já nos compressores, esta mesma variável permite perceber quando é aconselhável a troca do equipamento, ou seja, uma vez que os compressores de arejamento funcionam em alternância, a variável horas de funcionamento toma uma posição de indicador caso um equipamento esteja em funcionamento há muito tempo. Nas restantes etapas, mantiveram-se as variáveis que correspondiam ao estado de funcionamento dos equipamentos de maneira a criar uma tarefa de verificação geral de equipamentos, bem como os depósitos dos gradados,

resíduos de desarenamento e gorduras, que permitem deter o conhecimento sobre o nível dos contentores para um melhor controlo no sistema de recolha dos mesmos.

Em sequência da elaboração do PCO, estabeleceu-se o controlo dos parâmetros analíticos em dois pontos característicos, pré-tratamento e tratamento biológico. No pré-tratamento, foram inseridas as variáveis temperatura, pH, concentração de oxigénio dissolvido e potencial redox, de forma a perceber as características do efluente e prever o comportamento e influência destes parâmetros no tratamento biológico. Já no tratamento biológico, foram adicionadas as mesmas variáveis controladas no pré-tratamento, com acréscimo do ensaio  $V_{30}$ , como representado na Figura 26. Para cada reator foram criados os parâmetros de controlo, bem como os respetivos valores de alerta.

The screenshot shows a software interface for configuring control variables. On the left, a tree view shows the hierarchy: Geral > Linha Líquida > SBR1. A context menu is open over SBR1, with 'Variáveis (6)' selected. The main panel displays the configuration for 'ETAR ESPOSENDE (NOVA) » SBR1'.

DESCRIÇÃO	PARÂMETRO	DOMÍNIO	TIPO
Recolha de amostra	Estado	Executado/Nã...	Standard
Temperatura	Temperatura	Numérico	Standard
pH	pH	Numérico	Standard
+Oxigénio dissolvido	Concentraç...	Numérico	Standard
(*)Potencial Redox	Potencial R...	Numérico	Standard
+Ensaio V30	Concentraç...	Numérico	Standard

**Figura 26. Interface das variáveis de controlo analítico no SBR.**

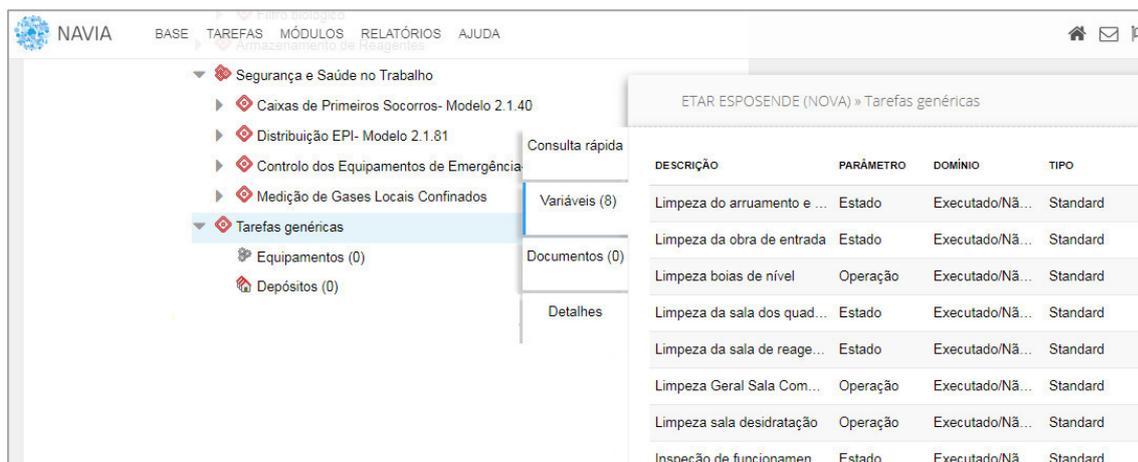
Concluída a reestruturação da árvore de localizações da linha líquida, procedeu-se à revisão nas linhas sólida e gasosa e armazenamento de reagentes, apresentadas na Figura 27. Na linha sólida, o registo baseou-se, essencialmente, no tempo de funcionamento das bombas de alimentação da solução de polímero às centrífugas bem como as bombas de lamas para desidratação, de maneira a controlar o rendimento dos equipamentos e controlar o fluxo das correntes de lama e polímero. As variáveis de estado dos equipamentos foram mantidas para dar origem a uma verificação geral de funcionamento. Na linha gasosa, considerou-se relevante controlar e acompanhar o estado de funcionamento dos equipamentos e tubagens, dado que o processo de desodorização não necessita de monitorização constante, em comparação ao tratamento do efluente.



**Figura 27. Interface das linhas sólida e gasosa e armazenamento de reagentes.**

O armazenamento de reagentes foi criado na íntegra. A criação desta unidade agregadora teve como objetivo reunir todos os dados referentes aos reagentes usados na ETAR, de forma a controlar os stocks e movimentos dos mesmos. Para isso, criaram-se três depósitos, dois correspondem aos tipos de polímero utilizado na desidratação de lama e outro que corresponde ao antiespumante usado após a desinfecção do efluente.

As duas últimas unidades agregadoras foram, como o armazenamento de reagentes, criadas nesta atualização, e correspondem à Segurança e Saúde no Trabalho e a tarefas genéricas, exemplificadas na Figura 28.



**Figura 28. Interface da Segurança e Saúde no Trabalho e tarefas genéricas.**

É da responsabilidade da Exploração monitorizar os equipamentos ou instrumentos relativos à Segurança e Saúde no Trabalho, de acordo com modelos internos de verificação. Portanto, incorporou-se no NAVIA uma unidade agregadora que reuniu os dados referentes à verificação da caixa de primeiros socorros e dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), ao controlo dos equipamentos de emergência, desde extintores, mantas ignífugas até às boias de salvamento e varas, e à medição de gases de locais confinados. Já a unidade agregadora de tarefas genéricas foi criada com vista em reunir, de uma forma geral, tarefas de limpeza de espaços exteriores e interiores, equipamentos e para se proceder à verificação dos equipamentos que não foram incorporados com a variável de tempo de funcionamento.

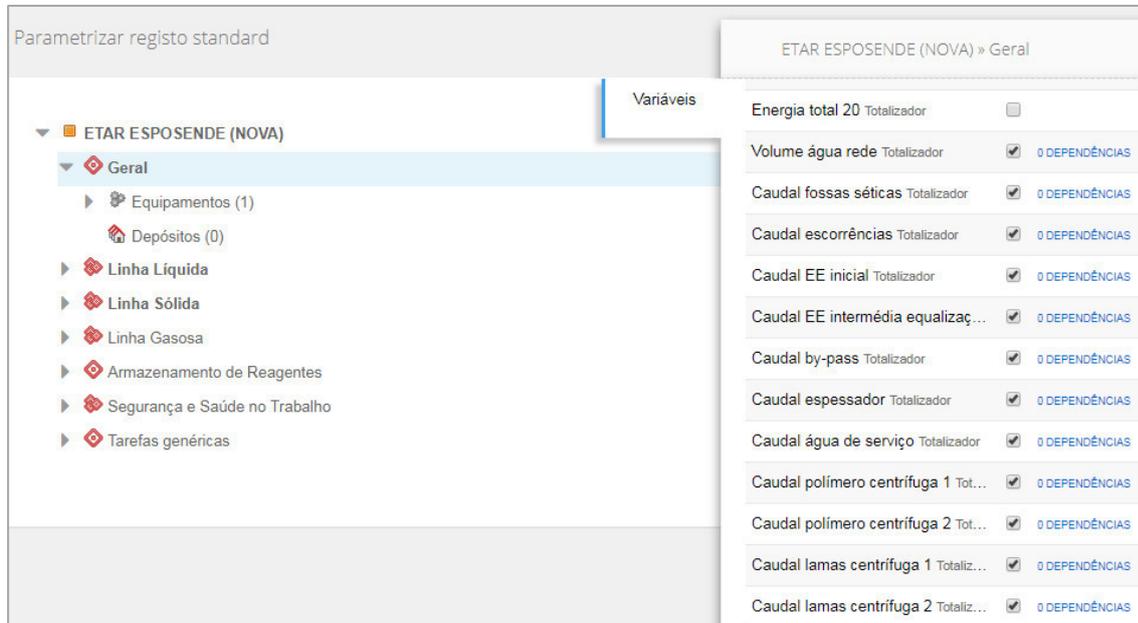
Após as alterações à árvore de localizações, desde a modificação e criação de variáveis até ao acréscimo de unidades agregadoras descritas acima, o passo seguinte visou a parametrização de todos os registos pretendidos, sendo necessária a criação de uma categoria para cada tipo de registo, desde o registo diário, registo de energia, depósito de reagentes, manutenção de primeiro nível, recolha de amostra ou mesmo a verificação de Segurança e Saúde no Trabalho, exemplificados na Figura 29.

MODELO	CATEGORIA	AUTOR	DATA
<input type="checkbox"/> Depósito de reagentes (S)	Ronda Registo standard	Cristina Go...	13/Jul/2018
<input type="checkbox"/> Manutenção 1º Nível (Q)	Manutenção 1º Nível Registo standard	Cristina Go...	13/Jul/2018
<input type="checkbox"/> Recolha semanal amostra	Registo Standard Registo standard	Cristina Go...	11/Mai/2018
<input type="checkbox"/> Registo diário	Registo Standard Registo standard	Cristina Go...	11/Mai/2018
<input type="checkbox"/> Registo energia (S)	Registo Standard Registo standard	Cristina Go...	13/Jul/2018
<input type="checkbox"/> SST- Verificação Caixa Primeiro...	Ronda Registo standard	Cristina Go...	03/Jul/2018
<input type="checkbox"/> SST- Verificação de medição de...	Ronda Registo standard	Cristina Go...	03/Jul/2018
<input type="checkbox"/> SST- Verificação EPI	Ronda Registo standard	Cristina Go...	03/Jul/2018

**Figura 29. Interface das tarefas realizadas na ETAR de Esposende.**

Na interface apresentada, foi possível definir o conjunto de variáveis que se queriam agregadas em cada uma destas tarefas, podendo ser definidas como rondas, registo *standard* ou manutenção de primeiro nível. Com isto, as variáveis foram agrupadas tendo em consideração a periodicidade pretendida, bem como a semelhança entre as suas

características. Assim, criou-se um registo diário composto pelos caudais anteriormente referidos, tanto da fase líquida como da fase sólida, o tempo de funcionamento dos equipamentos, o nível dos depósitos de resíduos e os parâmetros de controlo analítico. O modo de parametrização destas variáveis está exemplificado na Figura 30.



**Figura 30. Interface da parametrização de variáveis na unidade agregadora Geral, inseridas nas tarefas diárias do operador.**

Como se pode perceber pela Figura 30, na interface da parametrização são apresentadas, novamente, as variáveis que estão incluídas em cada ramo da árvore de localizações, existindo a possibilidade de as integrar nas diferentes tarefas, procedendo a uma seleção no campo após a identificação da variável.

Quanto às restantes tarefas, criadas da mesma forma, foram introduzidas mais duas tarefas do tipo registo *standard*, uma para registar a energia despendida na instalação e outra para registar os *stocks* dos reagentes existentes na instalação. Criou-se, também, uma ronda que se baseia na manutenção de primeiro nível, onde foram incluídas todas as variáveis impostas na unidade agregadora de tarefas genéricas, bem como a manutenção (lubrificação) das centrífugas e do gerador de emergência, que apoia a parte energética no caso de avaria de alimentação de eletricidade. A designação de ronda é apenas uma forma de distinguir tarefas, uma vez que as funcionalidades de registo *standard* e ronda coincidem. Por último, criaram-se, individualmente, rondas referentes ao controlo das

variáveis inseridas na Segurança e Saúde no Trabalho, de acordo com a periodicidade pretendida para cada uma delas.

Após a parametrização das variáveis pretendidas, seguiu-se o planeamento das tarefas já apresentadas que consistiu, essencialmente, no agendamento de cada tarefa consoante a sua necessidade. Na Figura 31 está representada a interface respetiva ao planeamento das tarefas a realizar pelo operador.

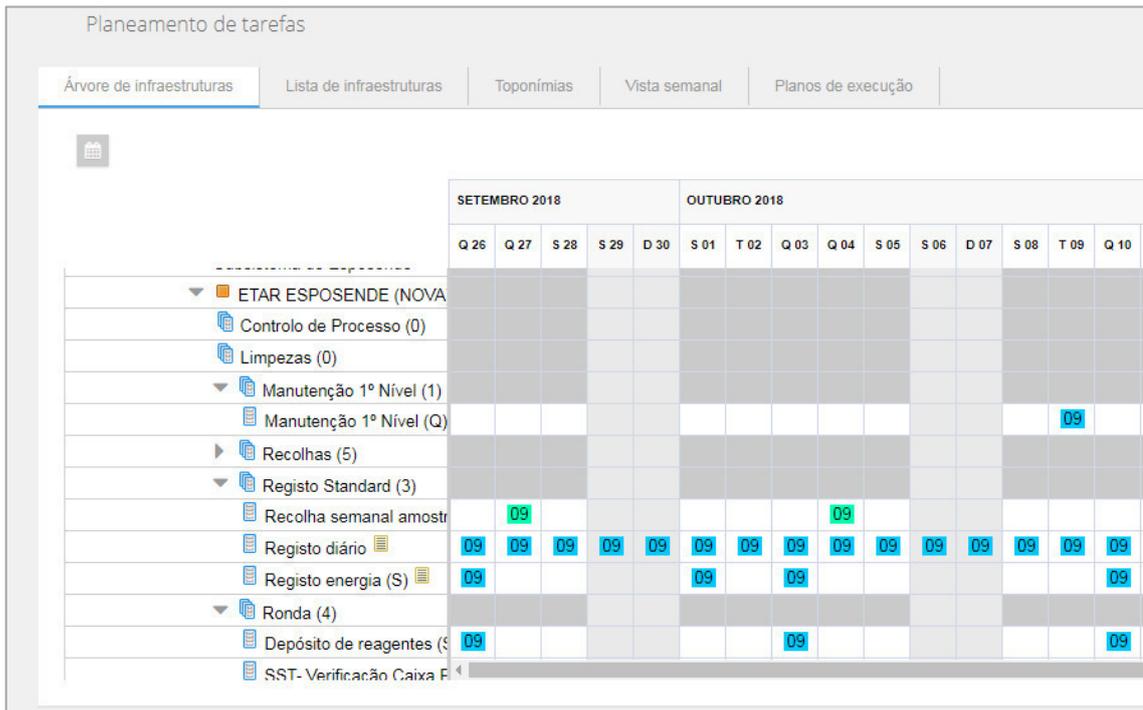


Figura 31. Interface do planeamento de tarefas a realizar pelo operador responsável pela instalação.

Nesta secção, o próprio *software* agrupou as tarefas por categorias, facilitando o seu planeamento. Este compreendeu uma imposição de data e hora de realização da tarefa e a definição da sua periodicidade ao longo do tempo.

Em termos de implementação, considerou-se adequado gerar todas as tarefas para as 9:00 horas, de forma a coincidir com o início do horário laboral dos operadores. Quanto à periodicidade, o registo foi desenvolvido de forma diária para os sete dias da semana, havendo um acompanhamento linear nos processos de tratamento. No que diz respeito à manutenção de primeiro nível, estabeleceu-se uma verificação quinzenal, enquanto que a recolha de amostra laboratorial, o depósito de reagentes e o registo de energia foram tarefas criadas para um registo de controlo semanal, no entanto, também se criou uma tarefa de registo de energia no primeiro dia de cada mês, de forma a controlar

de forma mais eficaz os gastos mensais. Por fim, as rondas de execução das tarefas relativas à Segurança e Saúde no Trabalho foram impostas consoante a periodicidade estabelecida nos modelos internos da empresa, anualmente para a verificação dos EPI, trimestralmente para a mala de primeiros socorros e equipamentos de emergência e semestralmente para o equipamento portátil de medição.

No que diz respeito ao módulo de reagentes, representado na Figura 32, este foi parametrizado com o intuito de promover a melhoria da gestão de *stocks*, bem como obter um maior controlo de entrada e saída dos mesmos.

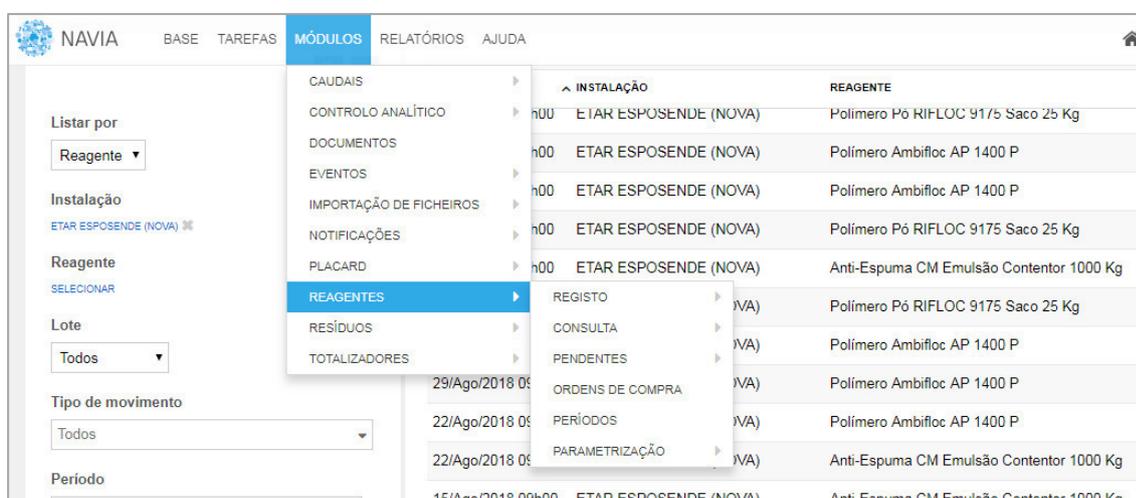


Figura 32. Interface do módulo de reagentes.

Pela análise da Figura 32, que traduz as funcionalidades do módulo de reagentes, podemos averiguar que este permite o registo do tipo de reagente associado ao depósito criado na árvore de localizações, a consulta de todos os reagentes existentes na instalação, a realização de ordens de compra e a parametrização do próprio registo. O controlo de reagentes implementado visou o registo de *stock* do número de sacos de 25 kg de polímero, bem como o registo do volume, em L, de antiespumante em *stock* nas cubas de 1 000 L. Neste módulo é necessário registar todo o tipo de movimentação dos reagentes, desde trasfegas, receção ou rejeição de encomenda, para que o NAVIA consiga fazer os balanços da quantidade de reagente disponível na ETAR.

Relembrando o ciclo de etapas que o NAVIA suporta, já foram expostas as etapas de parametrização e planeamento. Posto isto, o NAVIA reúne as condições necessárias para que o operador possa registar todos os dados, que são apresentados em formulários, como o exemplificado na Figura 33.

Na página pessoal de cada operador estão listados todos os registos que deverão realizar no próprio dia para a ETAR de Esposende, bem como registos que estejam suspensos de dias anteriores. A interface de registo origina formulários individuais, organizados por infraestrutura, que integram todas as variáveis delineadas na parametrização das mesmas.

ETAR ESPOSENDE (NOVA) » Linha Líquida » Sequencing Batch Reactor » SBR1

Unidade

<b>Temperatura</b>	<input type="text"/>	°C	32.29   11/Set/2018 09h00
<b>pH</b>	<input type="text"/>	pH	7.16   11/Set/2018 09h00
<b>+Oxigénio dissolvido</b> +Eq.	<input type="text"/>	mg/L	0.78   11/Set/2018 09h00
Portátil			
<b>+Oxigénio dissolvido</b> Fixo	<input type="text"/>	mg/L	0.84   11/Set/2018 09h00
<b>(*)Potencial Redox</b> (*)Eq.	<input type="text"/>	mV	17.1   11/Set/2018 09h00
Portátil			
<b>+Ensaio V30</b>	<input type="text"/>	mL/L	900   11/Set/2018 09h00

**Imagens**

INSERIR

Bomba extração lamas 1: P-3211

<b>Horas de funcionamento</b>	<input type="text"/>	h	ULTIMO REGISTO	DATA	PARCIAL	MÉDIA DIÁRIA
Totalizador			834	28/Set/2018 09h00	0	0
	<input type="checkbox"/>	volta contador				

**Figura 33. Exemplo da interface de registo por parte do operador.**

Com a análise do exemplo da Figura 33, podemos verificar que é identificada a variável que se pretende registar, seguido de um campo para digitar o valor da mesma e, por questões de compreensão imediata desse valor, é referenciado o último valor registado e respetiva data. Além disso, no caso das variáveis de tempo de funcionamento (variável totalizadora), o NAVIA permite, de imediato, consultar o valor parcial e a média diária da variável.

A última etapa do ciclo de funcionalidades do NAVIA implementada na instalação diz respeito à consulta e extração de dados. O NAVIA é dotado de uma funcionalidade de consulta individual de variáveis, tendo acesso ao histórico completo ou à opção de extrair o gráfico de tendência das mesmas, modo de obtenção de dados que se notou não

ser prático nem cómodo para análise. Apesar disto, a plataforma permite a elaboração de um relatório configurado pelo gestor das infraestruturas, sendo que esta hipótese foi considerada a melhor solução para extração de dados.

No módulo de relatórios, na opção de configuração, gerou-se um documento relativo à ETAR de Esposende, apresentado na Figura 34, e organizaram-se as variáveis em tabelas divididas em registo de energia, dos caudais, do tempo de funcionamento dos equipamentos e, por fim, dos parâmetros de controlo analítico.

The screenshot displays the NAVIA software interface for configuring a report. The main window shows a table for 'ETAR Esposende' with columns for 'Energia (kWh)' and rows for 'C1' and 'C2'. A modal window titled 'A20' is open, showing configuration options for 'Lista de variáveis'. It includes a dropdown for 'Agregação' set to 'Dias', checkboxes for 'Linha de' (Somatório, N° resultados, Máximo, Mínimo, Média, Percent), and a list of variables with 'EDITAR' and 'REMOVER' buttons. A 'GUARDAR' button is at the bottom right of the modal.

ID	VARIÁVEL				
C1	ETAR ESPOSENDE (NOVA) » Geral Volume água rede Totalizador			EDITAR	REMOVER
C2	ETAR ESPOSENDE (NOVA) » Geral Caudal fossas sépticas Totalizador			EDITAR	REMOVER
	ETAR ESPOSENDE (NOVA) » Geral				

Figura 34. Interface da configuração do relatório de extração de dados.

A agregação das variáveis manipula a periodicidade com que estas são apresentadas na tabela, sendo que neste caso, se optou por exportar os dados diários para seguir com maior detalhe o processo. A consulta por parte do técnico de Exploração pode ser realizada através da opção de consulta de resultados, seleccionando a infraestrutura e o período em que se pretende consultar as variáveis, sendo possível a extração destas tabelas para ficheiro Excel. Assim, além de se obterem os dados de uma infraestrutura compilados num único documento, estas características permitem que o responsável de Exploração tenha maior facilidade em utilizar os dados para os reportar internamente à empresa, dado que estes ficheiros de reporte também são do tipo Excel.

Com isto, podemos considerar que a ETAR de Esposende ficou dotada de um sistema de registo e análise de dados adequados às necessidades operacionais para um controlo eficiente e preventivo de ocorrências.

Numa fase posterior à atualização da plataforma na instalação da ETAR de Esposende, as infraestruturas que foram alvo de reestruturação correspondem às estações elevatórias do Subsistema de Esposende, distribuídas ao longo da conduta deste subsistema, que permitem o bombeamento do efluente até à ETAR. As EE foram listadas no nó agregador de Estações Elevatórias de Esposende, como apresentado na Figura 35.

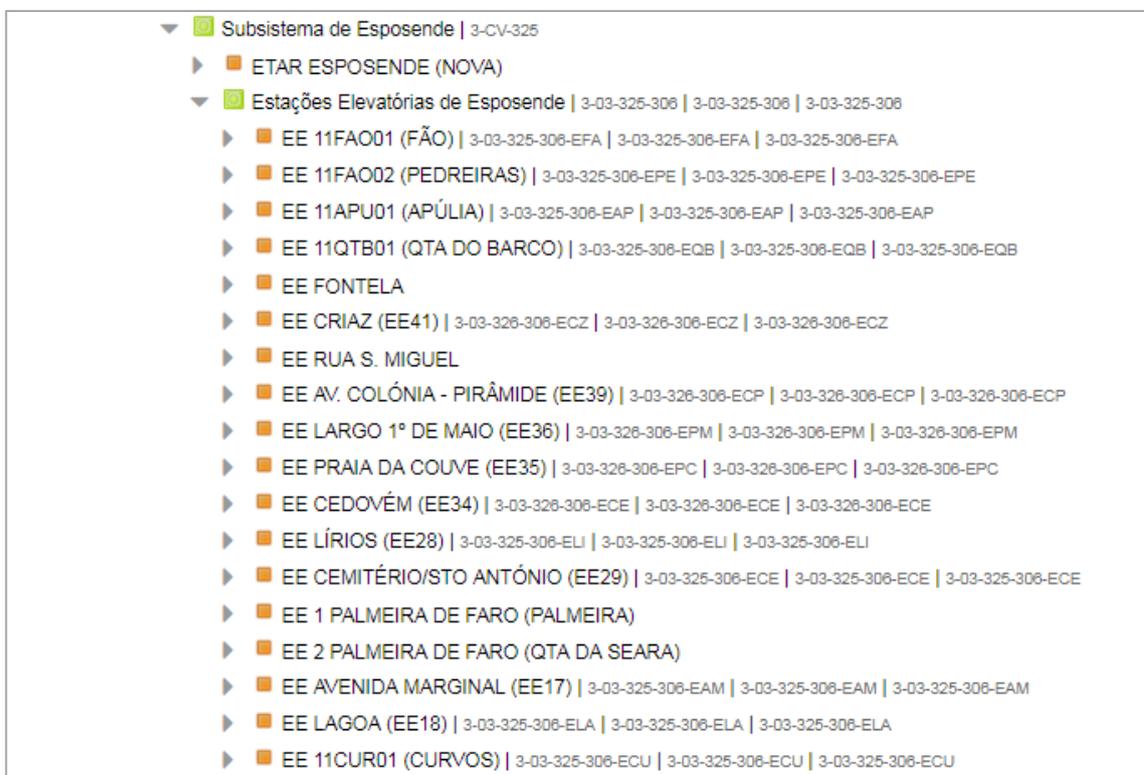
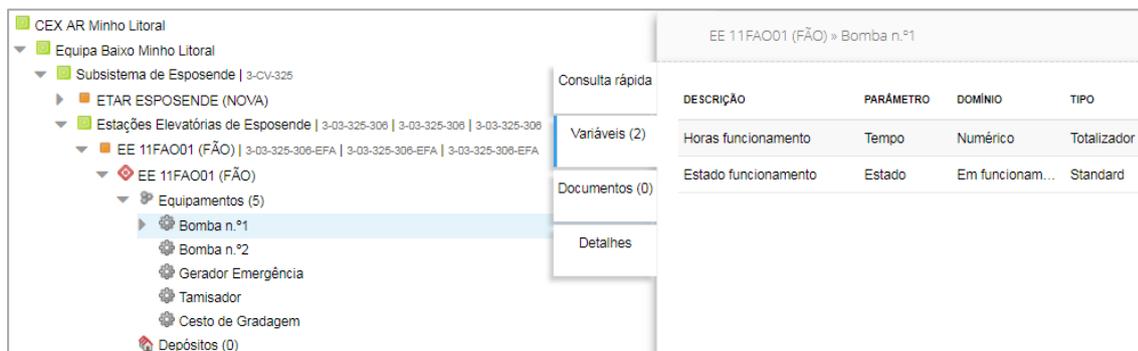


Figura 35. Interface das Estações Elevatórias do Subsistema de Esposende.

É de salientar que existem, principalmente, dois tipos de estações elevatórias, as de grande dimensão, que estão inseridas num edifício (mais recentes), e as de pequena dimensão. As primeiras, das quais são exemplo a EE Fão, EE Pedreiras, EE Apúlia e EE Quinta da Barca, têm ao seu dispor um sistema automático de controlo, um sistema de gradagem e tamisagem, um gerador de energia em caso de emergência e, claro, um grupo de bombagem do efluente.

De forma a ilustrar a atualização do NAVIA nas EE, a Figura 36 apresenta a árvore de localizações alusiva à EE de Fão. Neste caso, considerou-se essencial registar a

energia, o caudal, o tempo de funcionamento das duas bombas, o estado e limpeza da grelha e do tamisador e a manutenção do gerador de emergência.



**Figura 36. Interface da Estação Elevatória de Fão.**

Pelo contrário, as EE de pequena dimensão são constituídas apenas por um poço, um grupo de bombagem e um sistema de controlo de nível e funcionamento, sendo as variáveis a controlar o tempo de funcionamento das bombas, energia, caudal e limpeza geral. A parametrização das variáveis e o planeamento das tarefas que integram as EE foram efetuadas nos mesmos moldes que na ETAR de Esposende, mantendo, assim, a categoria e a periodicidade do mesmo tipo de tarefas. Em termos de relatórios para análise, considerou-se uma mais-valia reunir os dados relativos a todas as EE do subsistema num único documento, facilitando assim a análise das mesmas.

Ao ser efetuada a atualização da plataforma até este ponto, concluiu-se, na totalidade, a reestruturação pertencente ao Subsistema de Esposende à qual se seguiu a reestruturação do Subsistema de Marinhas.

Para a ETAR de Marinhas, infraestrutura que recebe a maior parte do saneamento do subsistema, apenas existia um registo básico, que assentava em variáveis de energia e de caudais e, por isso, criou-se na íntegra a árvore de localizações que reunia as condições necessárias para implementar um registo adequado para esta infraestrutura. A vantagem desta implementação residiu, como já referido no início deste capítulo, no facto desta infraestrutura se assemelhar à ETAR de Esposende, ao nível das etapas de tratamento e do controlo requerido. O processo de tratamento encontra-se esquematizado na Figura 37.

Apesar da semelhança entre as infraestruturas, existem duas alterações a nível processual. A primeira alteração diz respeito ao tratamento preliminar, que se processa numa unidade compacta, promovendo num único órgão a separação de gradados, resíduos

de desarenamento e gorduras. Já a segunda alteração corresponde à existência de apenas uma estação elevatória de efluente, que tem como função o bombeamento do efluente aos reatores biológicos. A esta estação elevatória está associada a equalização, que apenas assume a característica de reservatório caso exista entrada de caudal superior à capacidade de tratamento da ETAR. Ainda a nível de equipamentos, a ETAR de Marinhas está equipada apenas por uma linha de desidratação de lamas, isto é, tem ao seu dispor uma centrífuga, uma tremonha e um silo de armazenamento.

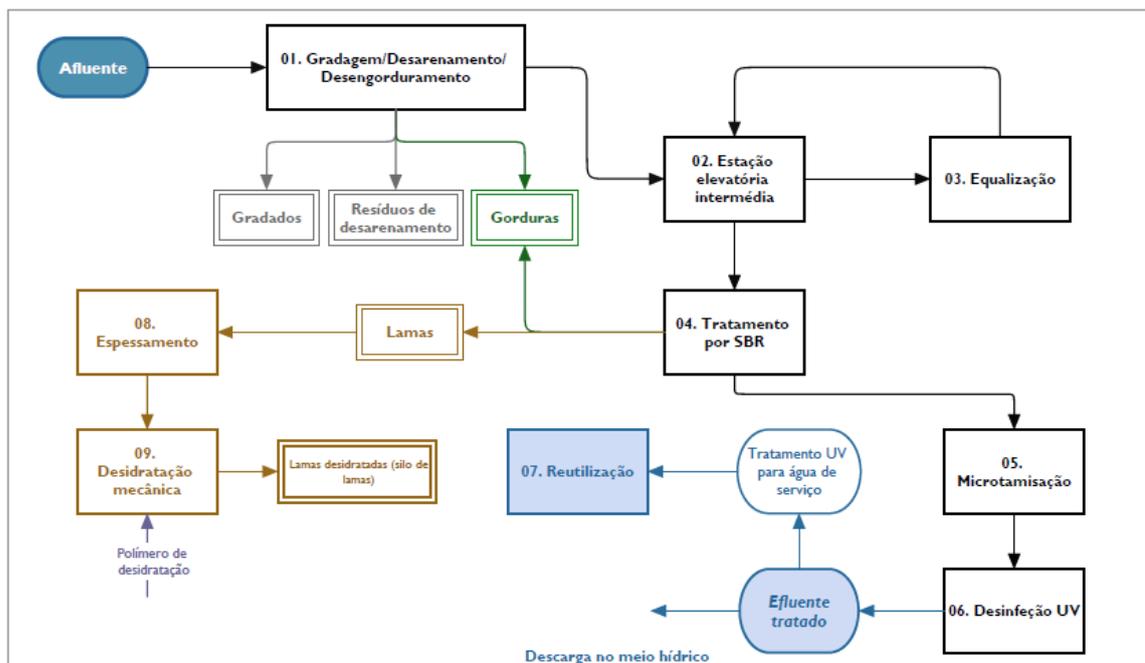
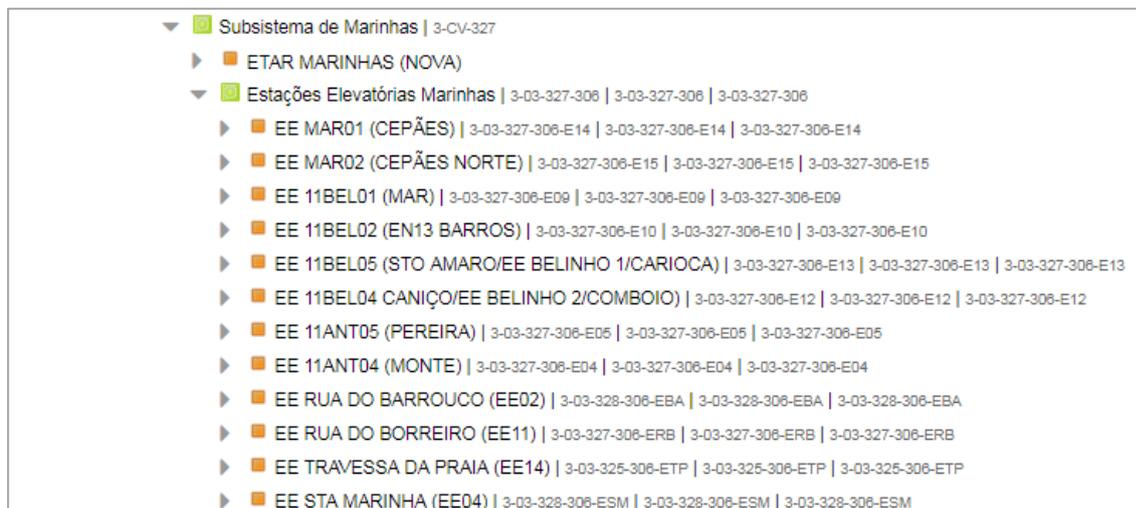


Figura 37. Esquema de tratamento da ETAR de Marinhas.

A árvore de localizações da ETAR de Marinhas manteve a estrutura da ETAR de Esposende, com as sete unidades agregadoras referidas anteriormente: geral, linha líquida, linha sólida, linha gasosa, armazenamento de reagentes, Segurança e Saúde no Trabalho e tarefas genéricas. A criação de variáveis constituintes destas unidades agregadoras seguiu o modelo usado na ETAR de Esposende, com a exceção da fase de pré-tratamento da linha líquida, onde se adicionou uma variável de estado de funcionamento do equipamento de pré-tratamento compacto e na fase de elevação, uma vez que esta instalação não possui estação elevatória inicial.

A parametrização de variáveis e do módulo de reagentes, o planeamento de tarefas e a configuração dos relatórios seguiu, como esperado, o modelo incrementado na ETAR de Esposende.

Como seria expectável, as EE de todo o subsistema de Marinhas foram alvo de alterações e reestruturação ao nível do controlo de equipamentos, caudais e energia. Na Figura 38 apresentam-se todas as EE pertencentes ao subsistema de Marinhas.



**Figura 38. Interface das Estações Elevatórias do Subsistema de Marinhas.**

A reestruturação de cada EE apresentada na Figura 38 guiou-se pelas anteriores, ou seja, para as EE de grandes dimensões, exemplo das EE de Cepães, Cepães Norte, Mar e Barros, organizou-se a árvore de localizações de acordo com as EE de Esposende com as mesmas características. As restantes EE deste subsistema, que são infraestruturas mais simples, seguiram pelo mesmo modelo.

Em segundo plano, considerou-se relevante atualizar o NAVIA de duas ETAR, Forjães e Guilheta, que pertencem ao subsistema de Marinhas. Estas duas infraestruturas, características de um processo biológico recorrendo a um sistema convencional de lamas ativadas, não foram sujeitas a uma reestruturação tão extensa quanto as restantes, uma vez que ambas estão inseridas num projeto que prevê a sua desativação e criação de uma estação elevatória de substituição, encaminhando o efluente para a ETAR de Marinhas. Mesmo assim, foram realizadas alterações ao nível do controlo analítico, inserindo variáveis de controlo à entrada, no tanque de arejamento e no decantador secundário, do tempo de funcionamento das bombas e arejadores das instalações.

Com este último ponto, concluiu-se, na íntegra, a atualização da plataforma NAVIA em todas as infraestruturas que estão ao abrigo da equipa de exploração do Baixo Minho Litoral.

De um modo geral, após três meses da reestruturação, verificou-se que a plataforma integra todas as funcionalidades e parâmetros necessários para satisfazer as necessidades da gestão operacional das infraestruturas.



## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A adaptação da plataforma integrada de gestão operacional NAVIA à realidade atual foi alcançada com sucesso, tanto a nível estrutural como funcional, dado que todas as infraestruturas da equipa do Baixo Minho Litoral estão informatizadas num registo que se acomoda às necessidades de operação.

A plataforma NAVIA mostrou-se com grande potencialidade para agregar vários tipos de registo, congregando dados provenientes de infraestruturas com diferenças significativas a nível de processo. Após o trabalho realizado na plataforma, é notório que:

- Todos os processos associados à operação são suportados pela plataforma;
- Todas as árvores de localizações encontram-se criadas e parametrizadas, bem como as variáveis que as constituem;
- Todos os registos efetuados pelos operadores são dinâmicos, uniformes e simples;
- Ocorreu uma rápida e eficiente adaptação dos operadores e do responsável de Exploração às novas funcionalidades da plataforma;
- O planeamento das tarefas está escalado de acordo com a necessidade de gestão de operação, além de adaptado ao horário laboral do operador;
- Ocorreu a eliminação de documentos físicos, sendo substituídos por um registo em PDA ou em sistema *Android*.

Ao nível da rentabilidade da plataforma, a reestruturação consistiu numa mais-valia para a empresa: ao nível do apoio técnico, por compilar informação, prever situações de alerta e calcular o consumo de reagentes; ao nível de reporte, por conceder uma visão detalhada de consumos específicos, que constituem um indicador a reportar à entidade competente, a Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR); e ao nível de exportação de dados, pela facilidade de configuração de relatórios que permitem uma rápida e detalhada análise sobre os parâmetros registados.

Assim, a plataforma NAVIA impõe-se como uma ferramenta de gestão operacional apta a integrar todos os processos de tratamento de água residual, desde a sua recolha à deposição no meio hídrico, apresentando todas as funcionalidades, de forma organizada e planeada, necessárias a uma gestão eficiente e controlada.

Ao longo da implementação, foram questionados alguns pontos da plataforma, como a existência, na base de dados do NAVIA, de variáveis que registavam o mesmo parâmetro, mas apresentavam designações diferentes, o que acarretou um problema em selecionar as variáveis que iriam integrar a plataforma. Assim, recomenda-se que num trabalho futuro seja efetuada a uniformização da designação das variáveis, evitando situações de ambiguidade quanto à função das mesmas.

Além disso, é necessária uma melhoria na criação de variáveis calculadas, que ainda apresenta algumas dificuldades na parametrização. Com isto, sugere-se que seja efetuada uma revisão neste campo, de forma a que o gestor da plataforma consiga parametrizar as variáveis que facilitem o cálculo de indicadores ou outros parâmetros processuais.

## **BIBLIOGRAFIA**

- AdNorte (2018). Relatório e Contas do Ano de 2017.
- AdPortugal (2017). Relatório e Contas 2017.
- Afonso, L., Bastos, P., Tavares, J., & Costa, C. (2010). A importância de uma plataforma agregadora de processos na gestão operacional de um sistema municipal, 401(3).
- Cerdeira, L. (2008). Acompanhamento do Arranque /Exploração de uma ETAR. Tese de mestrado desenvolvida no âmbito da disciplina de Projeto de Desenvolvimento em Ambiente Empresarial.
- Decreto-Lei n.º 149/2004 de 22 de junho (2004). Alteração DL 152-1997 - Tratamento de águas residuais urbanas. Diário da República - 1 Série-A N.º 145 de 22 de junho de 2004.
- Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho (1997). Transposição da Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio de 1991 para o direito interno. Diário Da República - 1 Série-A, N.º 139, 2959–2967.
- Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto (1998). Regulamentação da qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Diário Da República: I Série, 176, 3676–3722.
- Fredette, T. J., Foran, C. M., Brasfield, S. M., & Suedel, B. C. (2012). Environmental engineering of navigation infrastructure: A survey of existing practices, challenges, and potential opportunities. *Integrated Environmental Assessment and Management* (Vol. 8).
- Gurtekin, E. (2014). Sequencing Batch Reactor. ISEM2014 Adiyaman, 472–480.
- Ketchum, L. H. (1997). Design and physical features of Sequencing Batch Reactors. *Water Science and Technology*, 35(1), 11–18.
- La Motta, E. J., Rojas, J. A., & McCorquodale, J. A. (2007). Using the Kinetics of biological Flocculation and the Limiting Flux Theory for the Preliminary Design of Activated Sludge Systems. I: Model Development. *Journal of Environmental Engineering*, 133(1), 111–116.
- Manuel, J., & Tavares, T. (2009). Automação e Controlo do Sistema de Abastecimento de Água do Cabril.
- Meireles, M. de F. R. (2011). Optimização da Estação de Tratamento de Águas Residuais de Crestuma.

- Metcalf & Eddy (2004). Wastewater Engineering, Treatment and Reuse (International Edition). New York: McGraw-Hill Company, Inc.
- Monte, H. M. do, Santos, M. T., Barreiros, A. M., & Albuquerque, A. (2016). Tratamento de Águas Residuais - Operações e Processos de Tratamento Físico e Químico.
- Morgenroth, E. (1998). Sequencing Batch Reactor Technology: Concepts. Design and Experiences.
- Pereira, A. (2017). Material de apoio a TECNOLOGIAS AMBIENTAIS– Caracterização de Efluentes Líquidos. Departamento de Engenharia Biológica, Universidade Do Minho, Braga.
- Saião, J., Felizardo, N., Estevens, L., Carreira, D., Tavares, J., Barrocas, G., & Nogueira, S. (2018). Gestão integrada e em tempo real de empreendimentos hidráulicos de regadio o caso de estudo de alqueva (EDIA) baseado na plataforma tecnológica NAVIA™, 1–13.
- Schultz, T. E., Grady, C. P. . J. P. L., Daigger, G. T., & Lim, H. C. H. C. (1999). Biological wastewater treatment. Hazardous Waste (Vol. October).
- USEPA (1992). Sequencing Batch Reactors For Nitrification And Nutrient Removal.
- USEPA (2000). Wastewater Technology Fact Sheet Dechlorination. Environmental Protection Agency, 1–7.
- Yang, H., Ye, H., Zhai, S., & Wang, G. (2011). Leak detection of gas transport pipelines based on wigner distribution. 2011 International Symposium on Advanced Control of Industrial Processes (ADCONIP), (May), 258–261.

## **ANEXOS**

### Anexo I. Tabela do Plano de Controlo Operacional da ETAR de Esposende

Etapa	Localização/Ponto de amostragem	Descrição/Parâmetro	Frequência	Limites de controlo	Unidade	Ações corretivas	Responsável	Local de Registo
GERAL	Equipamento HST (Higiene e Segurança no Trabalho)	Equipamentos de trabalho	Anual	Decreto Lei n.º 50/2005	-	-	Operador	NAVIA
		Mala primeiros socorros (ETAR e viaturas)	Trimestral	Estipulado no impresso 2.1.40	-	-		
		Equipamentos de emergência (extintores, chuveiros de emergência e lava olhos, mantas ignífugas)	Trimestral	De acordo com as MAP da infraestrutura	-	-		
		Equipamento portátil de medição	Semestral	Estipulado pela DEX-Instrumentação e automação	-	-		
	Quadro elétrico geral	Energia (vazio, ponta, cheia, supervazio, total)	Semanal	-	kWh	-	Operador	NAVIA
	Água Potável	Caudal	Diária	> 3	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Fossas sépticas	Caudal	Diária	> 80	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Escorrências	Caudal	Diária	> 1 608	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Elevatória inicial	Caudal	Diária	-	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Elevatória intermédia equalização	Caudal	Diária	> 9 000	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Bypass	Caudal	Diária	-	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Espessador gravítico	Caudal	Diária	-	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Água de Serviço	Caudal	Diária	-	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Polímero centrífuga 1	Caudal	Diária	-	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Lamas centrífuga 1	Caudal	Diária	-	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Polímero centrífuga 2	Caudal	Diária	-	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Lamas centrífuga 2	Caudal	Diária	-	m <sup>3</sup>	-	Operador	NAVIA
	Gerador de emergência	Combustível	Semanal	< 25	%	Repor combustível do gerador		Operador
Funcionamento do gerador		Semanal	Em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação			

**Anexo I.** (Continuação da Tabela do PCO da ETAR de Esposende)

Etapa	Localização/Ponto de amostragem	Descrição/Parâmetro	Frequência	Limites de controlo	Unidade	Ações corretivas	Responsável	Local de Registo
<b>TRATAMENTO PRELIMINAR</b>	00. Câmara de chegada	Cestos de gradados	Semanal	Colmatado	-	Limpeza do cesto de gradagem grossa	Operador	NAVIA
	01. Estação elevatória inicial	Tempo de funcionamento das bombas	Diária	-	h	-	Operador	NAVIA
		Funcionamento do agitador	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação		
		Funcionamento das boias de nível	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	Limpeza das boias de nível		
		Funcionamento da sonda ultrassónica	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	Lavagem da sonda e respetivos cabos de comando. Caso de necessidade, reportar ao técnico responsável para a sua reparação		
	02. Gradagem	Controlo visual	Diária	Condições anormais	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA/ WEMAKE se necessário	Operador	NAVIA
		Grade manual	Diária	Colmatada	-	Limpeza da grade		
		Funcionamento da sonda ultrassónica	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	Lavagem da sonda e respetivos cabos de comando. Caso de necessidade, reportar ao técnico responsável para a sua reparação		
		Funcionamento das comportas automáticas	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação		
		Tempo de funcionamento dos <i>stepscreen</i>	Diária	-	h	-		
		Funcionamento do transportador de gradados	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação		
		Nível do contentor de gradados	Diária	> 75	%	Troca de contentor por vazio. Aviso ao técnico responsável para solicitar substituição do contentor		

Anexo I. (Continuação da Tabela do PCO da ETAR de Esposende)

Etapa	Localização/Ponto de amostragem	Descrição/Parâmetro	Frequência	Limites de controlo	Unidade	Ações corretivas	Responsável	Local de Registo
TRATAMENTO PRELIMINAR	PA	Funcionamento do amostrador automático	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação	Operador	NAVIA
		Temperatura	Diária	<10 e >35	°C	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas		
		Concentração O <sub>2</sub>	Diária	-	mg L <sup>-1</sup>			
		Potencial Redox	Diária	<(- 50)	mV			
		Carência química de oxigénio (CQO)	Semanal	<140 e >1 500	mg L <sup>-1</sup>	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas	Técnico analista	LCAI/SAR
		Carência bioquímica de oxigénio (CBO <sub>5</sub> )		>1 000	mg L <sup>-1</sup>			
		Sólidos suspensos totais (SST)		>1 000	mg L <sup>-1</sup>			
		Sólidos suspensos voláteis (SSV)		>750	mg L <sup>-1</sup>			
		Fósforo total (P)		>25	mg L <sup>-1</sup>			
	Azoto total (N)	>100		mg L <sup>-1</sup>				
	Azoto amoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	>100		mg L <sup>-1</sup>				
	03. Desarenamento/ Desengorduramento	Funcionamento das pontes raspadoras	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação	Operador	NAVIA
		Tempo de funcionamento dos compressores	Diária	-	h	-		
		Funcionamento dos arejadores	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação		
		Funcionamento do classificador de areias	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação		
Nível do contentor de areias		Diária	>75	%	Troca de contentor por vazio. Aviso ao técnico responsável para solicitar substituição do contentor			
Funcionamento do concentrador de gorduras		Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação			
Tempo de funcionamento das bombas de gorduras		Diária	-	h	-			

Anexo I. (Continuação da Tabela do PCO da ETAR de Esposende)

Etapa	Localização/Ponto de amostragem	Descrição/Parâmetro	Frequência	Limites de controlo	Unidade	Ações corretivas	Responsável	Local de Registo	
TRATAMENTO PRELIMINAR	03. Desarenamento/ Desengorduramento	Funcionamento do triturador	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação	Operador	NAVIA	
		Funcionamento do agitador do tanque de gorduras	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação			
		Nível do contentor de gorduras	Diária	75	%	Troca de contentor por vazio. Aviso ao técnico responsável para solicitar substituição do contentor			
	04. Equalização	Comporta de <i>bypass</i>	Diária	Não fechada			Avisar técnico responsável caso atinja o limite de controlo	Operador	NAVIA
		Funcionamento das válvulas da câmara chegada	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação			
		Abertura das válvulas da câmara de chegada	Diária	100	%	-			
		Nível do tanque	Diária	100	%	Avisar técnico responsável caso atinja o limite de controlo			
		Funcionamento dos agitadores	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação			
		Funcionamento das boias de nível	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	Limpeza das boias de nível			
		Funcionamento dos difusores	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação			
		Tempo de funcionamento dos compressores	Diária	-	h	-			
	05. Estação elevatória intermédia	Tempo de funcionamento das bombas	Diária	-	h	-		Operador	NAVIA
		Funcionamento da sonda ultrassónica	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	Lavagem da sonda e respetivos cabos de comando. Caso de necessidade, reportar ao técnico responsável para a sua reparação			
		Funcionamento das boias de nível	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	Limpeza das boias de nível			

Anexo I. (Continuação da Tabela do PCO da ETAR de Esposende)

Etapa	Localização/Ponto de amostragem	Descrição/Parâmetro	Frequência	Limites de controlo	Unidade	Ações corretivas	Responsável	Local de Registo
<b>TRATAMENTO BIOLÓGICO</b>	PA (Licor misto)	Oxigénio dissolvido (medição manual)	Diária	<0,5 e >2,5	mg L <sup>-1</sup>	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas	Operador	NAVIA
		Oxigénio dissolvido (medição <i>online</i> )		<0,5 e >2,5	mg L <sup>-1</sup>			
		Amoníaco, NH <sub>3</sub> (medição <i>online</i> )		<10	mg L <sup>-1</sup>			
		Medição V <sub>30</sub>		<300 e >950	mL L <sup>-1</sup>			
		Temperatura		<10 e >35	°C			
		pH		<6 e >9	Escala Sorensen			
		Potencial Redox		<0	mg L <sup>-1</sup>			
		Sólidos suspensos totais (SST)	Semanal	<1 500 e >5 000	mg L <sup>-1</sup>	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas	Técnico analista	LCAI/SAR
	Sólidos suspensos voláteis (SSV)	<1 200 e >4 000		mg L <sup>-1</sup>				
	06. Tratamento por SBR (3 unidades de tratamento)	Funcionamento dos agitadores	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação	Operador	NAVIA
		Funcionamento das sondas de nível	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	Lavagem da sonda e respetivos cabos de comando. Caso de necessidade, reportar ao técnico responsável para a sua reparação		
		Funcionamento do decantador	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação		
		Limpeza do decantador	Bissemnal	Apresenta sujidade	-	Limpeza geral		
		Funcionamento da recolha de escumas	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação		
		Limpeza da recolha de escumas	Bissemnal	Apresenta sujidade	-	Limpeza geral		
		Tempo de funcionamento da bomba de extração lamas	Diária	-	h	-		
		Funcionamento da sonda <i>online</i> O <sub>2</sub>	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	Lavagem da sonda e respetivos cabos de comando. Caso de necessidade, reportar ao técnico responsável para a sua reparação		
Funcionamento da sonda <i>online</i> NH <sub>3</sub>		Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-				

Anexo I. (Continuação da Tabela do PCO da ETAR de Esposende)

Etapa	Localização/Ponto de amostragem	Descrição/Parâmetro	Frequência	Limites de controlo	Unidade	Ações corretivas	Responsável	Local de Registo
TRATAMENTO BIOLÓGICO	Sala de compressores/ arejadores dos SBR	Tempo de funcionamento dos compressores	Diária	-	h	-	Operador	NAVIA
		Funcionamento do ventilador sala compressores	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação		
		Funcionamento do termostato	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-			
		Funcionamento do compressor de ar serviço	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-			
TRATAMENTO TERCIÁRIO	PA (Água residual tratada- junção das três linhas)	pH	Diária	[6-8]	Escala Sorensen	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas	Operador	NAVIA
		Carência química de oxigénio (CQO)	Semanal	>100	mg L <sup>-1</sup>	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas	Técnico analista	LCAI/SAR
		Carência bioquímica de oxigénio (CBO <sub>5</sub> )		>20	mg L <sup>-1</sup>			
		Sólidos suspensos totais (SST)		<4 000 e >12 000	mg L <sup>-1</sup>			
		Sólidos suspensos voláteis (SSV)		<3 200 e >10 000	mg L <sup>-1</sup>			
		Fósforo total (P)		>15	mg L <sup>-1</sup>			
		Azoto total (N)		>40	mg L <sup>-1</sup>			
		Azoto amoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		>35	mg L <sup>-1</sup>			
	Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	>20		mg L <sup>-1</sup>				
	07. Microtamisação	Limpeza dos bicos de lavagem do microtamisador	Diária	Colmatado	-	Limpeza geral	Operador	NAVIA
		Funcionamento do medidor online de sólidos	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação		
	08. Desinfeção	Funcionamento dos módulos UV	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação	Operador	NAVIA
		Funcionamento do compressor de limpeza UV	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-			
		Tempo de funcionamento das lâmpadas UV	Diária	-	h			
09. Reutilização	Funcionamento do grupo hidropressor	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e efetua as ações adequadas à gravidade da situação	Operador	NAVIA	
	Funcionamento do sistema de desinfeção da água de serviço	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-				

Anexo I. (Continuação da Tabela do PCO da ETAR de Esposende)

Etapa	Localização/Ponto de amostragem	Descrição/Parâmetro	Frequência	Limites de controlo	Unidade	Ações corretivas	Responsável	Local de Registo
LINHA SÓLIDA	10. Espessamento	Funcionamento dos espessadores	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação	Operador	NAVIA
	PA (Lama espessada)	pH	Semanal	<6 e >10	Escala de Sorensen	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas	Técnico analista	LCAI/SAR
		Matéria Seca (MS)		>1,8	%			
		Matéria Volátil (MV)		< 70	%			
	PA (Escorrência do espessador)	pH	Semanal	<6 e >10	Escala de Sorensen	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas	Técnico analista	LCAI/SAR
		Sólidos suspensos totais (SST)		<15 000 e >60 000	mg L <sup>-1</sup>			
	11. Desidratação mecânica	Funcionamento da unidade preparação de polímero	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação	Operador	NAVIA
		Tempo de funcionamento das bombas de polímero	Diária	-	h	-		
		Funcionamento das centrífugas	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação		
		Funcionamento do parafuso de lamas desidratadas	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e efetua as ações adequadas à gravidade da situação		
	PA (Lama desidratada)	pH	Semanal	<6 e >10	Escala Sorensen	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas	Técnico analista	LCAI/SAR
		Matéria Seca (MS)		<18	%			
		Matéria Volátil (MV)		<70	%			
PA (Escorrências)	Sólidos suspensos totais (SST)	Semanal	>500	mg L <sup>-1</sup>	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas	Técnico analista	LCAI/SAR	

**Anexo I.** (Conclusão da Tabela do PCO da ETAR de Esposende)

Etapa	Localização/Ponto de amostragem	Descrição/Parâmetro	Frequência	Limites de controlo	Unidade	Ações corretivas	Responsável	Local de Registo
<b>LINHA GASOSA</b>	Ventilação	Funcionamento dos ventiladores de desodorização	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação	Operador	NAVIA
	12. Torre de lavagem	Funcionamento do medidor de nível	Diária	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e avisa o técnico responsável para proceder à sua reparação	Operador	NAVIA
		pH	Diária	<6 e >10	Escala de Sorensen	Avisar técnico responsável que tomará as ações adequadas		
	13. Filtro biológico	Funcionamento do sistema de rega	Semanal	Mau funcionamento/ em avaria	-	O responsável da instalação regista a ocorrência no NAVIA e efetua as ações adequadas à gravidade da situação	Operador	NAVIA
<b>TAREFAS GENÉRICAS</b>	Exterior	Limpeza dos arruamentos	Mensal	Apresenta sujidade	-	Limpeza e aviso do técnico responsável para resolução das situações necessárias	Operador	NAVIA
	Sala dos quadros elétricos	Limpeza da sala	Mensal	Apresenta sujidade	-			
	Salas Reagentes		Mensal	Apresenta sujidade	-			
	Sala dos compressores		Mensal	Apresenta sujidade	-			
	Desidratação de lamas	Limpeza geral	Semanal	Apresenta sujidade	-			
	Espaços verdes	Limpeza geral	Mensal	Apresenta sujidade	-			
	Geral	Inspeção de equipamentos	Quinzenal	-	-			