

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

***Indicadores de eco-eficiência como parte do
Sistema de Gestão Ambiental da Águas do
Ave, S.A: aplicação às ETAR de S. Gonçalo,
Esposende e Vila Meã.***

Dissertação de Mestrado

Desenvolvida no âmbito da disciplina de

Projecto em Ambiente Empresarial

Março a Julho de 2009

João Tiago Monteiro Moreira

Águas do Ave, S.A.



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

Orientador na FEUP: Prof. Carlos Costa

Orientador na Empresa: Eng.^a Joana Monteiro

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2008/2009

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Ambiental - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Dissertação aprovada em prova pública pelo presidente do Júri.

Prof. Paulo Tenreiro dos Santos Monteiro

SUMÁRIO

Neste trabalho foi desenvolvido um conjunto de indicadores de eco-eficiência passíveis de serem integrados no Sistema de Gestão Ambiental da Águas do Ave, S.A. Os indicadores, desenvolvidos segundo a metodologia do *World Business Council for Sustainable Development*, foram aplicados às Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de S. Gonçalo, de Esposende e de Vila Meã.

No processo de selecção de indicadores para a criação de rácios de eco-eficiência recorreu-se à Norma ISO 14031. De modo a poder calcular-se os indicadores seleccionados, assim como os rácios de eco-eficiência, foi levantada e trabalhada informação interna da Empresa para o ano de 2008.

Os resultados obtidos foram, maioritariamente, discutidos em termos de eco-eficiência. Embora não se tenha realizado um estudo de *benchmarking*, concluiu-se que das três ETAR, a de Vila Meã foi a mais e a de Esposende a menos eco-eficiente.

Concluiu-se ainda que a melhor estratégia para aumentar a eco-eficiência das ETAR estudadas baseia-se na implementação de medidas que possam conduzir à diminuição dos seus Impactes Ambientais Negativos.

Palavras-chave:

Sistemas de Gestão Ambiental

Indicadores e rácios de eco-eficiência

Estações de Tratamento de Águas Residuais

Impactes Ambientais Negativos

ABSTRACT

The creation of eco-efficiency indicators capable of being integrated into the Environmental Management System of the Company Águas do Ave, S.A is this dissertation's main goal. Their construction relies on the World Business Council for Sustainable Development methodology. Once constructed, the eco-efficiency indicators were applied to the Wastewater Treatment Plants of S. Gonçalo, Esposende and Vila Meã.

The selection of the indicators was based on the International Standard ISO 14031. In order to calculate the selected indicators, as well as the eco-efficiency ratios, internal information, which ranges from January to December 2008, was collected and worked out.

The results were mainly discussed in terms of eco-efficiency. Even though none benchmarking study has been carried out, it can be said that Vila Meã was, in 2008, the most eco-efficient infrastructure while Esposende gets the worst grade on this matter.

Furthermore, it can be said that the best way to increase the eco-efficiency of the studied facilities consists of the implementation of measures which should lead to reductions of strength of the Environmental Negative Impacts associated to those plants.

Key words:

Environmental Management Systems

Indicators and ratios of eco-efficiency

Wastewater Treatment Plants

Environmental Negative Impacts

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objectivo e âmbito do trabalho	1
1.3. Estrutura e organização da tese	1
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	3
2.1. Sistemas de Gestão Ambiental: o que são? Onde se aplicam?	3
2.2. A eco-eficiência: o que é? Onde se aplica?	4
2.2.1. Papel das empresas e objectivos da eco-eficiência	5
2.2.2. Medir a eco-eficiência	6
2.2.3. Indicadores de eco-eficiência	6
2.2.4. Resultados; comunicação e análise de tendências	7
2.3. Estações de Tratamento de Águas Residuais	8
2.3.1. Linha de tratamento da fase líquida	9
2.3.2. Linha de tratamento da fase sólida	12
3. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO	15
3.1. Caracterização geral do Sistema Multimunicipal	15
3.2. Caracterização geral do Sistema de Gestão Ambiental da Empresa	18
3.2.1. SIQAS e Política da Empresa	18
3.2.2. Metodologia de identificação e avaliação dos Aspectos Ambientais	21

3.3.	Caracterização da ETAR de S. Gonçalo	24
3.4.	Caracterização da ETAR de Esposende e da Estação de Tratamento de Lamas	28
3.5.	Caracterização da ETAR de Vila Meã	32
4.	METODOLOGIA E RESULTADOS OBTIDOS	37
4.1.	Cálculo dos indicadores	40
4.2.	Cálculo dos rácios de eco-eficiência	44
5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	47
6.	ESTRATÉGIAS DE MELHORIA PARA OS SISTEMAS ESTUDADOS	53
7.	CONCLUSÕES	59
8.	UMA ÚLTIMA PALAVRA	61
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	ANEXO	I
	Abordagem geral de um Sistema de Gestão Ambiental segundo a Norma ISO 14001	I

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 – Representação do Sistema de Abastecimento de Águas da Empresa. [7]	16
Fig. 2 – Representação do Sistema de Saneamento de Águas da Empresa. [7].....	17
Fig. 3 – Estrutura organizacional da Águas do Ave, S.A. [8]	19
Fig. 4 – Política de Qualidade, Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social da Águas do Ave, S.A., aprovada a 1 de Agosto de 2008 e em vigência. [7]	20
Fig. 5 – Metodologia seguida pela Empresa para identificar e avaliar os seus Aspectos Ambientais. [9]	21
Fig. 6 – Filtro de banda da ETL. [16]	30
Fig. 7 – Centrífuga da ETL. [16]	30
Fig. 8 – Leito percolador da ETAR de Vila Meã. [19].....	33
Fig. 9 – Principais etapas para o estabelecimento e melhoria de um Sistema de Gestão Ambiental segundo os requisitos da Norma ISO 14001. [1].	I

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição média do biogás resultante da digestão anaeróbia de lamas de tratamento de um esgoto urbano. [6]	13
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens associadas ao uso de filtros de banda, centrífugas e leitos de secagem. [6]	14
Tabela 3 – Critérios de avaliação utilizados pela Empresa para determinar o grau de significância dos Aspectos Ambientais identificados. [10]	22
Tabela 4 – Critérios de avaliação utilizados pela Empresa para determinar o grau de significância dos Aspectos Ambientais identificados. [10]	23
Tabela 5 – Parâmetros de medição obrigatória à saída da ETAR de S. Gonçalo e respectivos limites de emissão. [11].....	24
Tabela 6 – Aspectos Ambientais Significativos associados à ETAR de S. Gonçalo. [13]	27
Tabela 7 – Parâmetros de medição obrigatória à saída da ETAR de Esposende e respectivos limites de emissão. [14].....	28
Tabela 8 – Aspectos Ambientais Significativos associados à ETAR de Esposende e à ETL. [17].....	31
Tabela 9 – Aspectos Ambientais Significativos associados à ETAR de Vila Meã. [20].....	35
Tabela 10 – Indicadores de eco-eficiência, do tipo de influência ambiental, seleccionados com base na Norma ISO 14031. [21].....	37
Tabela 11 – Indicador de influência ambiental e indicadores de valor seleccionados com base em documentos do WBCSD. [3].....	38
Tabela 12 – Dados de 2008 (de Janeiro a Dezembro) utilizados nos cálculos dos indicadores desenvolvidos e medidos.....	39
Tabela 13 – Volume de lamas líquidas geradas na ETAR de Esposende em 2008. Consumos de água e de energia nos tratamentos das águas residuais e das lamas produzidas na ETAR de Esposende.	42
Tabela 14 – Resultados do cálculo dos indicadores de valor para as três ETAR.	43

Tabela 15 – Resultados do cálculo dos indicadores de influência ambiental para as três ETAR.....	43
Tabela 16 – Resultados do cálculo dos restantes cinco indicadores desenvolvidos.....	44
Tabela 17 – Rácios de eco-eficiência calculados com o indicador “caudal facturado por metro cúbico de água tratada” como numerador da equação (1).....	45
Tabela 18 – Rácios de eco-eficiência calculados com o indicador “receitas provenientes do caudal facturado por metro cúbico de água tratada” como numerador da equação (1).....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

SGA	Sistema(s) de Gestão Ambiental
AA	Aspecto(s) Ambiental(is)
AAS	Aspecto(s) Ambiental(is) Significativo(s)
IA	Impacte(s) Ambiental(is)
IAS	Impacte(s) Ambiental(is) Significativo(s)
<i>WBCSD</i>	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>
ETAR	Estação(ões) de Tratamento de Águas Residuais
AR	Água(s) Residual(is)
ETA	Estação(ões) de Tratamento de Águas
SIQAS	Sistema Integrado de Qualidade, Ambiente e Segurança
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
CQO	Carência Química de Oxigénio
SST	Sólidos Suspensos Totais
ETL	Estação de Tratamento de Lamas de Esposende
hab. eq.	Habitante(s) Equivalente(s)
<i>si</i>	Sem informação
<i>nc</i>	Não calculado

INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Os efeitos positivos inerentes ao funcionamento de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) são evidentes e inegáveis. Contudo, a construção e exploração destas infra-estruturas, assim como todas as que lhes estão associadas, originam Impactes Negativos no Ambiente que devem ser considerados desde a fase de concepção do projecto.

Neste capítulo, os Sistemas de Gestão Ambiental desempenham um importante papel, ao facilitarem o processo de controlo desses Impactes Negativos no meio Ambiente e ao objectivarem a redução da poluição e a gestão racional dos recursos naturais.

A eco-eficiência é uma ferramenta de Gestão Ambiental que procura melhorias ambientais que potenciem, paralelamente, benefícios económicos. Assim, a implementação de uma estratégia de eco-eficiência no Sistema de Gestão Ambiental da Empresa Águas do Ave, S.A. perspectiva-se como um bom caminho a seguir, na medida em que contribuirá para que a Empresa “faça mais com menos”.

1.2. Objectivo e âmbito do trabalho

Este trabalho visa a implementação de uma estratégia de eco-eficiência no Sistema de Gestão Ambiental da Águas do Ave, S.A. Para tal, desenvolvem-se indicadores e rácios de eco-eficiência que serão aplicados e calculados para as ETAR de S. Gonçalo, de Esposende e de Vila Meã. Objectiva-se que, ao serem integrados no Sistema de Gestão Ambiental da Empresa, os indicadores e os rácios de eco-eficiência facilitem os processos de identificação de oportunidades de melhoria e poupança de custos.

1.3. Estrutura e organização da tese

A tese está dividida em nove capítulos, consistindo o primeiro na introdução e o nono nas referências bibliográficas.

No segundo capítulo deste trabalho apresentam-se os conceitos de Sistema de Gestão Ambiental, de eco-eficiência e indicadores de eco-eficiência, assim como de Estações de Tratamento de Águas Residuais.

No terceiro capítulo é feita a caracterização do caso de estudo, mais concretamente da Empresa, do seu Sistema de Gestão Ambiental e das três ETAR estudadas.

No quarto capítulo são desenvolvidos e calculados os indicadores e os rácios de eco-eficiência.

No quinto capítulo os resultados obtidos são discutidos e comparados para as três estações analisadas.

O sexto capítulo apresenta um conjunto de medidas que se julga poderem levar a aumentos nos rácios de eco-eficiência calculados quando postas em prática.

No sétimo capítulo são resumidas as principais conclusões tiradas neste trabalho.

O oitavo capítulo resume brevemente aquilo que foram, para mim, estes últimos meses enquanto estudante.

Em anexo apresenta-se o modo como decorre a implementação e a manutenção de um Sistema de Gestão Ambiental segundo a Norma ISO 14001.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. *Sistemas de Gestão Ambiental: o que são? Onde se aplicam?*

Motivos como a crescente consciencialização das fragilidades do meio ambiente, o aparecimento de legislação mais restritiva, o facto da opinião pública estar cada vez mais atenta e sensível a questões ambientais e a procura generalizada de um desenvolvimento sustentável fazem com que as organizações desejem atingir e demonstrar um desempenho ambiental consistente, através do controlo dos Impactes ambientais Negativos que resultam das suas actividades, produtos e serviços, reduzindo a poluição e gerindo de forma racional os recursos naturais. Deste modo, a solução passa muitas vezes pela implementação de um Sistema de Gestão Ambiental.

Importa especificar o que são organizações e Sistemas de Gestão Ambiental (SGA). Uma organização é uma companhia, sociedade, empresa, firma, autoridade ou instituição, ou parte ou combinação destas, pública ou privada, que tenha a sua própria estrutura funcional e administrativa. [1]

Um SGA é a parte do Sistema Global de Gestão de uma organização, através do qual esta controla os seus Aspectos Ambientais, ou seja, as actividades, produtos e processos que provocam, ou podem vir a provocar, Impactes Ambientais. [1]

A Gestão Ambiental nas empresas assenta em diversos instrumentos e metodologias, cuja aplicação promove a melhoria dos seus desempenhos ambientais. Além das boas práticas ambientais, existem ferramentas que podem ser utilizadas por qualquer organização que pretenda melhorar e controlar de uma forma mais eficaz o seu desempenho ambiental. São exemplos de ferramentas de Gestão Ambiental:

- A ecologia industrial;
- A eco-eficiência;
- O ecodesign. [1]

Existem em Portugal dois principais referenciais para a implementação de um SGA, sendo eles o EMAS, aplicável a actividades industriais e aos países da União Europeia, e a Norma NP EN ISO 14001:2004, referencial internacional largamente reconhecido e aceite, aplicável a qualquer tipo de organização. Não se verificam grandes diferenças entre estes dois referenciais, embora o EMAS seja um pouco mais restritivo em algumas cláusulas do

que a Norma NP EN ISO 14001:2004. No entanto, esta Norma tem como vantagens o facto de ser um referencial bastante mais reconhecido internacionalmente e de se aplicar a qualquer organização. [1]

É importante mencionar que um referencial não define métodos nem técnicas de Gestão Ambiental. Em vez disso, define critérios uniformes segundo os quais o Sistema deve ser projectado, implementado e avaliado. [1]

A certificação comprova que o SGA está de acordo com os requisitos normativos seleccionados e que tal é reconhecido por uma entidade externa – a entidade certificadora. [1]

Uma descrição de como decorre a implementação e a manutenção de um SGA segundo a Norma ISO 14001 é apresentada em Anexo.

2.2. A eco-eficiência: o que é? Onde se aplica?

O conceito de eco-eficiência nasceu antes da Cimeira da Terra, que decorreu em 1992, no Rio de Janeiro. A ideia surgiu com a publicação do livro “Changing Course”, escrito por Stephan Schmidheiny com o *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*. [2]

Esta associação mundial, que junta mais de 200 empresas que trabalham exclusivamente com o sector empresarial e com o conceito de desenvolvimento sustentável, vê a eco-eficiência como “uma filosofia de gestão que encoraja o mundo empresarial a procurar melhorias ambientais que potenciem, paralelamente, benefícios económicos”. [2]

A eco-eficiência resulta não apenas em grandes empresas transnacionais, como também em pequenas e médias empresas. Do mesmo modo, pode ser utilizada quer por países em vias de desenvolvimento e economias emergentes, quer por nações industrializadas. [2]

Apesar de todas as suas vantagens, a eco-eficiência não é suficiente por si só, uma vez que apenas integra dois dos três pilares da sustentabilidade (a economia e o ambiente), não contendo no seu âmbito o progresso social. Mais ainda, o mundo empresarial não consegue atingir sozinho a eco-eficiência. O progresso passa por caminhar para além das acções internas de cada empresa, o que requer uma cooperação estreita entre as diversas partes interessadas. [2]

2.2.1. Papel das empresas e objectivos da eco-eficiência

O *WBCSD* identifica sete tópicos chave que qualquer empresa deve ter em conta, ao olhar para a melhoria da sua eco-eficiência:

- Redução da intensidade material;
- Redução da intensidade energética;
- Redução da dispersão de substâncias tóxicas;
- Aumento da reciclabilidade;
- Optimização do uso de materiais renováveis;
- Prolongamento do ciclo de vida do produto;
- Aumento da intensidade do serviço. [2]

Estes sete aspectos estão directamente ligados aos três objectivos gerais da eco-eficiência:

- Redução do consumo de recursos naturais – redução da intensidade material e energética, englobando a reciclabilidade e a durabilidade do produto;
- Redução dos Impactes Negativos no Ambiente – minimização de emissões gasosas, descargas líquidas e dispersão de substâncias tóxicas;
- Aumentar o valor do produto ou serviço – criação de serviços adicionais com o objectivo de beneficiar os clientes. [2]

2.2.2. Medir a eco-eficiência

Os inúmeros motivos que levam as empresas a medirem a sua eco-eficiência vão desde a análise do seu desempenho e progresso, à identificação de oportunidades de melhoria e poupança de custos. É também possível que uma empresa pretenda demonstrar por que razão, em certos casos, a melhoria é limitada ou mesmo impossível. [3]

A eco-eficiência pode ser calculada com a equação (1):

$$\text{Eco - eficiência} = \frac{\text{valor do produto ou serviço}}{\text{influência ambiental}} \quad (1)$$

As empresas ambicionam atingir rácios de eco-eficiência cada vez mais elevados, o que se traduz em “criar mais valor com menos Impacte”. [3]

2.2.3. Indicadores de eco-eficiência

Existem dois grupos de indicadores de eco-eficiência, os de aplicação genérica e os de aplicação específica. Dentro de cada uma destas categorias existem indicadores de valor e de influência ambiental. Os indicadores de aplicação genérica para o valor do produto ou serviço são:

- Quantidade de bens ou serviços produzidos ou fornecidos aos clientes;
- Vendas Líquidas. [3]

Os indicadores de aplicação genérica relacionados com a influência ambiental na criação do produto ou serviço são:

- Consumo de energia;
- Consumo de materiais;
- Consumo de água;
- Emissões de gases com efeito de estufa;
- Emissões de substâncias deterioradoras da camada de ozono. [3]

Como se pode constatar, e não é por acaso, o número de indicadores de aplicação genérica é bastante reduzido. Se tal não se verificasse os relatórios perderiam muito em compreensibilidade e clareza, especialmente para o exterior da empresa. Somente os

indicadores mais representativos devem ser usados, concentrando-se a medição do desempenho nas questões mais relevantes e fornecendo-se a informação mais útil aos órgãos de decisões. [3]

O *WBCSD* refere que qualquer indicador deve:

- Ser relevante e significativo na protecção do ambiente e da saúde humana e/ou na melhoria da qualidade de vida;
- Fornecer informação aos órgãos de decisão, com o objectivo de melhorar o desempenho da organização;
- Reconhecer a diversidade inerente a cada negócio;
- Apoiar o *benchmarking* e monitorizar a evolução;
- Ser claramente definido, mensurável, transparente e verificável;
- Ser compreensível e significativo para as várias partes interessadas;
- Basear-se numa avaliação geral da actividade da empresa, produtos e serviços;
- Ter em consideração questões relevantes e significativas, quer a montante, quer a jusante da empresa. [3]

O *WBCSD* recomenda ainda a utilização da Norma ISO 14031, “Avaliação do Desempenho Ambiental”, aquando da selecção dos indicadores específicos. Esta norma define procedimentos gerais para a selecção de indicadores ambientais. [3]

A agregação de indicadores leva, por vezes, a que se perca informação importante sobre o desempenho da empresa. Por conseguinte, a agregação de indicadores deve ser efectuada com cuidado e de forma transparente. Esta questão é particularmente relevante quando a informação é tornada pública e/ou quando diferentes empresas, produtos ou processos são comparados. [3]

2.2.4. Resultados; comunicação e análise de tendências

A informação sobre a eco-eficiência pode ser utilizada por um vasto público, interno e externo às empresas. Internamente, os órgãos de gestão usam a informação para tomar decisões relativas a, por exemplo, formas de melhorar produtos e processos. Os

destinatários externos abrangem investidores, contabilistas, accionistas, entre outros, bem como as comunidades locais que podem estar interessadas no desempenho das unidades fabris localizadas nas suas áreas residenciais. Os consumidores também desempenham um papel importante, podendo as suas decisões serem tomadas de acordo com a informação do desempenho da eco-eficiência. [3]

É importante que as empresas apresentem o âmbito e as limitações dos seus indicadores. A comunicação deverá incluir aspectos como a exactidão e precisão, o grau de agregação da informação, os limites das comparações, etc. [3]

O *benchmarking* auxilia na avaliação do desempenho de ano para ano e na comparação dos resultados obtidos com os objectivos a que as empresas se propuseram. Comparações entre empresas só deverão ser feitas quando estas providenciam o mesmo produto/serviço, quando usam as mesmas formas de cálculo, quando as fronteiras dos sistemas são iguais, etc. [3]

De modo a estudar as alterações no desempenho, é fundamental recolher informação sobre a evolução das tendências. O desempenho pode também ser apresentado em comparação com a média da própria indústria, caso essa informação esteja disponível. [3]

2.3. Estações de Tratamento de Águas Residuais

Neste subcapítulo resume-se o que são Estações de Tratamento de Águas Residuais, explicando-se, sem entrar em pormenores, em que consiste cada etapa do tratamento da fase líquida e da fase sólida. O texto que se segue dedica especial atenção aos tipos de tratamento que são utilizados nas ETAR estudadas.

As ETAR podem receber águas residuais com diferentes composições, o que implica a adopção de diferentes tipos de operações e processos de tratamento em sua função. De acordo com as definições dos respectivos diplomas legais, nomeadamente do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, as águas residuais podem ser classificadas em:

- Águas residuais domésticas – águas residuais de serviços e de instalações residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de actividades domésticas;

- Águas residuais industriais – todas as águas residuais provenientes de qualquer tipo de actividade que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais;
- Águas residuais urbanas – águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e/ou com águas pluviais. [4]

Numa ETAR existem duas linhas de tratamento, sendo elas a linha de tratamento da fase líquida e a linha de tratamento da fase sólida. A primeira linha divide-se, normalmente, em quatro tipos de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário. A linha de tratamento da fase sólida consiste no espessamento, estabilização e desidratação das lamas geradas nos tratamentos da fase líquida. [5]

2.3.1. Linha de tratamento da fase líquida

Na linha de tratamento da fase líquida, o tratamento preliminar consiste num conjunto de operações físicas que visam remover da água residual (AR) materiais grosseiros, areias e gorduras. O objectivo desta etapa é proteger os órgãos e os processos de tratamento a jusante, bem como evitar obstruções dos circuitos hidráulicos. Normalmente, as principais operações do tratamento preliminar são:

- Gradagem – consiste num sistema de grelhas, instalado num ou mais canais por onde circula a água residual, que retém os sólidos de maiores dimensões (ex. latas, papéis, paus, folhas, etc.); [5]
- Tamisação – com o mesmo objectivo do sistema anterior, apresenta uma maior eficiência de remoção por possuir uma malha mais fina que retém os sólidos de menores dimensões. Esta etapa é geralmente usada de forma complementar à gradagem; [5]
- Desarenação – podendo ser efectuada de várias formas, o objectivo desta operação é retirar as areias do afluente. Pode consistir, por exemplo, num tanque onde o afluente passa a uma velocidade reduzida, permitindo que as areias decantem por gravidade; [5]
- Remoção de óleos e gorduras – pode-se recorrer à injeção de uma corrente de ar ascendente no seio do afluente, levando à acumulação de gorduras na superfície. [5]

Concluído o tratamento preliminar, o afluente segue para jusante, dando-se início ao tratamento primário. Esta etapa pode recorrer a processos físicos e químicos e tenta reduzir

em, pelo menos, 50% os SST e em 20% a CBO₅ do efluente. Na maioria dos casos, o tratamento primário é efectuado através de sedimentação/decantação ou flutuação:

- Sedimentação/decantação – esta operação é realizada num decantador onde a água permanece o tempo suficiente para permitir que as partículas suspensas sedimentem no fundo, por acção da gravidade. Nesta etapa removem-se ainda as escumas que se acumulam à superfície dos decantadores. A água clarificada passa para o tratamento secundário, enquanto as lamas primárias são recolhidas para posterior tratamento da fase sólida. As escumas, por sua vez, devem ser encaminhadas para o concentrador de gorduras do tratamento preliminar; [5]
- Flutuação – é uma operação destinada a remover sólidos de dimensões tão reduzidas que não é viável a sua separação por acção da gravidade. Consiste na injeção no interior do tanque de uma corrente de ar ascendente, sendo arrastados os sólidos juntamente com as bolhas de ar para a superfície, onde são recolhidos e encaminhados para tratamento da fase sólida. [5]

O maior objectivo do tratamento biológico, no caso de um esgoto doméstico, é a redução do seu conteúdo orgânico e, em muitos casos, de nutrientes como o azoto e o fósforo. A remoção da poluição carbonácea, a decantação dos sólidos suspensos e a estabilização da matéria orgânica são conseguidas por meio de microrganismos, principalmente bactérias, por serem ubiquistas, por terem um tamanho reduzido e uma elevada área superficial e por apresentarem elevadas taxas de crescimento. [6]

A água residual é colocada em contacto com um meio “rico” em microrganismos que metabolizam a matéria orgânica, retirando-a da fase líquida e incorporando-a na sua biomassa. Os processos biológicos podem ser aeróbios, anaeróbios, anóxicos (sem oxigénio dissolvido e na presença de nitritos e/ou nitratos) e mistos. [5]

Esta é a etapa de tratamento para a qual existe a maior variedade de sistemas, podendo ser de biomassa fixa, suspensa, híbridos ou sistemas combinados. Nos sistemas de tratamento biológico por biomassa suspensa os microrganismos responsáveis pela metabolização da matéria orgânica encontram-se em suspensão na água residual. Nos sistemas de biomassa fixa, os microrganismos crescem num substrato inerte fixo, que pode ser de pedras, areia ou plástico, criando um biofilme por onde a água residual passa, permitindo aos microrganismos a degradação da matéria orgânica. [5]

Dentre os sistemas por biomassa suspensa realçam-se os tratamentos por lagunagem e por lamas activadas. Nestes últimos, utilizados nas ETAR de S. Gonçalo e de Esposende, o afluente proveniente do tratamento primário é encaminhado para um tanque de arejamento, onde é fornecido o oxigénio necessário para que os microrganismos metabolizem a matéria orgânica. De seguida, estes são removidos num decantador secundário, onde ocorre a separação da fase líquida (efluente tratado) e da fase sólida (lamas secundárias). A concentração ideal de microrganismos no tanque de arejamento é garantida através da recirculação das lamas recolhidas no fundo do decantador secundário. [6]

Dentre os sistemas por biomassa fixa realçam-se os tratamentos por discos biológicos, biofiltros e leitos percoladores, sendo este último sistema utilizado na ETAR de Vila Meã. Os leitos percoladores são compostos por tanques onde é colocado um material de enchimento que serve de meio de suporte à biomassa. Normalmente, o efluente é injectado pela parte superior do leito e, à medida que passa através do enchimento, os microrganismos captam os nutrientes e decompõem a matéria orgânica. O efluente escoado e recolhido na zona inferior do leito pode ser recirculado. Para assegurar as necessidades de oxigénio e o crescimento dos microrganismos é promovida a circulação de ar, normalmente através de ventilação natural, a qual se ocorre por diferenças de temperatura. [6]

À medida que a espessura da camada de biofilme aumenta, as camadas inferiores entram em anaerobiose, possibilitando a desnitrificação do efluente. O efluente tratado que sai do leito percolador é encaminhado para um decantador secundário, de forma a assegurar a separação dos fragmentos de biofilme que se descolaram da superfície do material de enchimento. [6]

O tratamento terciário, ou de afinação, complementa as etapas anteriores, quer pela exigência de qualidade do meio receptor quer pelos usos previstos para o mesmo. Assim, este tratamento poderá ter como objectivo a remoção de determinados poluentes que se mantêm na água após terem passado pelos tratamentos anteriores, tais como partículas dificilmente decantáveis, microrganismos patogénicos, nutrientes, como azoto e fósforo, ou outros compostos, como herbicidas ou pesticidas. A desinfecção tem como objectivo a destruição/inactivação parcial dos microrganismos patogénicos, podendo realizar-se com a adição de agentes químicos (ozono, cloro, dióxido de cloro ou hipoclorito de sódio) e físicos (radiação ultravioleta). Existem outros tipos de tratamento para remoção de poluentes

específicos, como a coagulação, floculação e decantação, adsorção com carvão activado, permuta iónica e osmose inversa. [5]

2.3.2. Linha de tratamento da fase sólida

A primeira etapa do tratamento das lamas geradas numa ETAR consiste no seu espessamento. O espessamento de lamas tem dois objectivos principais: reduzir o volume de lamas afluente aos órgãos subsequentes (possibilitando menores dimensões desses órgãos e menores custos de investimento) e permitir a homogeneização das mesmas (contribuindo para a obtenção de melhores resultados nas fases da estabilização e desidratação). O espessamento de lamas pode ser gravítico, por flutuação com ar difuso ou mecânico, recorrendo a equipamentos electromecânicos como tambores rotativos e centrífugas. [5]

Concluída a etapa do espessamento dá-se início ao processo de estabilização das lamas. Os principais objectivos desta operação são evitar, reduzir ou eliminar o potencial de putrefacção, remover microrganismos patogénicos e eliminar odores. Estes fenómenos ocorrem quando os microrganismos sobrevivem e desenvolvem na matéria orgânica das lamas. A estabilização pode ser feita de diversas formas: digestão anaeróbia, digestão aeróbia, esterilização química por adição de cal, esterilização térmica ou compostagem. [5]

Em comparação com sistemas de digestão anaeróbia, a digestão aeróbia tem a vantagem de ter a si associados menores custos de investimento, embora os de exploração tendam a ser superiores devido ao consumo energético do sistema de arejamento. Os sistemas de tratamento das lamas geradas nas ETAR de S. Gonçalo e de Esposende foram dimensionados para recorrerem à digestão anaeróbia como meio de estabilização das lamas. [6]

A digestão anaeróbia de lamas é um processo biológico onde o material orgânico biodegradável é desintegrado por vários grupos de microrganismos. Da digestão resulta a redução significativa do volume das lamas, melhoria das características de desidratação e a produção de biogás, o qual é facilmente convertido em energia sob a forma de calor e/ou electricidade. [6]

Normalmente, as ETAR que produzem biogás optam pela geração de energia eléctrica como aproveitamento principal, com recuperação de energia térmica para o

aquecimento dos digestores anaeróbios. O investimento num sistema de geração de energia eléctrica (cogeração) é considerável, devido à inclusão de equipamentos de purificação e armazenamento de biogás, além dos equipamentos associados ao gerador, embora seja viável para uma elevada produção de biogás. Deve-se, no entanto, considerar uma fonte alternativa de calor, sendo recomendável a ligação a uma rede de gás natural como fonte suplente para aquecimento em caso de emergência. [6]

A digestão anaeróbia é principalmente utilizada para estabilização de lamas em ETAR que tratam esgoto urbano (a tabela 1 apresenta a composição média do biogás produzido na digestão anaeróbia de lamas do tratamento de esgoto urbano). Contudo, muitos efluentes industriais do sector alimentar e resíduos semi-líquidos agrícolas (que contêm elevada concentração de material orgânico biodegradável) podem também ser tratados por digestão anaeróbia. [6]

Tabela 1 – Composição média do biogás resultante da digestão anaeróbia de lamas de tratamento de um esgoto urbano. [6]

Composição	%
Metano (CH ₄)	50-75
Dióxido de carbono (CO ₂)	25-50
Nitrogénio (N ₂)	0-10
Hidrogénio (H ₂)	0-1
Ácido sulfídrico (H ₂ S)	0-3
Oxigénio (O ₂)	0-2

Devido à presença de ácido sulfídrico (ou sulfureto de hidrogénio) no biogás, o ambiente em redor do digestor é muito corrosivo. Por este motivo, os materiais de construção e os equipamentos devem ser altamente resistentes à corrosão química. [6]

Embora a digestão anaeróbia possa ocorrer a temperaturas entre os 10 e os 60 °C, os reactores anaeróbios operam principalmente a temperaturas entre os 30 e os 50 °C, sendo classificados como mesofílicos (20 a 35 °C) e termofílicos.(50 a 60 °C). O pH deve estar entre 6 e 8. [6]

O processo de digestão anaeróbia divide-se em quatro fases. A primeira fase, denominada por hidrólise, consiste na desintegração do material orgânico complexo que se encontra no estado sólido (o qual é rico em hidrocarbonetos, proteínas e gorduras) pela acção de enzimas bacterianas que os transformam em açúcares simples, aminoácidos e

ácidos gordos na forma líquida. Esta etapa ocorre a velocidade reduzida quando a temperatura é inferior a 20 °C. Na segunda fase, os produtos solúveis da hidrólise são absorvidos e utilizados pelos microrganismos fermentativos no seu catabolismo, donde resulta a excreção de ácidos orgânicos, álcoois, ácidos lácticos e compostos inorgânicos, tais como dióxido de carbono, hidrogénio, amónia e sulfureto de hidrogénio. Uma vez que a maioria dos produtos resultantes desta etapa são ácidos, ela é designada como acidogénese. A terceira fase, denominada por acetogénese, resume-se à conversão de ácidos orgânicos voláteis a ácido acético, dióxido de carbono e hidrogénio pela acção de algumas bactérias fermentativas. A última fase completa-se quando as metanobactérias convertem o hidrogénio e o ácido acético em metano e em dióxido de carbono. [6]

A desidratação das lamas, última etapa do tratamento de lamas, tem como objectivo retirar o máximo de água presente possível. As vantagens em desidratar as lamas relacionam-se com um menor custo de transporte para o destino final e nas facilidades de manuseamento. A desidratação pode ser feita com equipamentos de compactação mecânica (como é o caso dos filtros de vácuo, dos filtros de prensa, dos filtros de banda e das centrífugas) ou através de outros métodos, tais como os leitos de secagem. [6]

A tabela 2 apresenta os pontos fortes e fracos associados à utilização de filtros de banda, de centrífugas e de leitos de secagem. Não se incluem nesta tabela, por exemplo, filtros de vácuo e de prensa por não serem empregues nos sistemas em estudo.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens associadas ao uso de filtros de banda, centrífugas e leitos de secagem. [6]

	Vantagens	Desvantagens
Filtros de banda	Baixo consumo energético De fácil manutenção Menor custo de investimento do que uma centrífuga	Menor eficiência do que uma centrífuga Geralmente requer uso de polielectrólito Consome muita água
Centrífugas	Não exige mão-de-obra Funcionamento automático Consome pouca água Elevada eficiência	Geralmente requer uso de polielectrólito Oneroso Consome muita energia Emite muito ruído
Leitos de secagem	Baixo consumo energético Requer pouca atenção por parte dos operadores Baixo ou nenhum consumo de polielectrólito Baixo custo de investimento Baixo custo de manutenção	Processo moroso Exige grandes áreas Funciona mal em períodos de pluviosidade As lamas têm de estar bem estabilizadas Requer elevada mão-de-obra para a limpeza e manutenção

3. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

3.1. Caracterização geral do Sistema Multimunicipal

A Águas do Ave, S.A., Sociedade Anónima que integra o Grupo Águas de Portugal S.G.P.S., foi criada através do Decreto-lei n.º 135/2002 de 14 de Maio, tendo-lhe sido atribuída pelo Estado Português a concessão de construção, gestão e exploração do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Vale do Ave. [7]

Inicialmente, o Sistema foi dimensionado para a captação, tratamento e distribuição de água dos concelhos do Alto Ave (Fafe, Póvoa de Lanhoso e Vieira do Minho) e a recolha, o tratamento e a rejeição das águas residuais produzidas nos oito municípios do Alto e Médio Ave (Fafe, Guimarães, Póvoa de Lanhoso, Santo Tirso, Trofa, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalicão e Vizela). [7]

Em Novembro de 2006 celebrou-se a adesão de doze novos municípios à Águas do Ave, S.A. na componente de saneamento. Com o alargamento do Sistema Multimunicipal de Saneamento aos municípios de Amarante, Amares, Cabeceiras de Basto, Celorico de Basto, Esposende, Felgueiras, Lousada, Mondim de Basto, Póvoa de Varzim, Terras de Bouro, Vila do Conde e Vila Verde, a Empresa alargou a sua área de intervenção às bacias hidrográficas do Cávado, Tâmega e Sousa, abrangendo agora uma área de 3 273 km². [7]

O Sistema de Abastecimento de Águas (figura 1) está dimensionado para fornecer 6,5 milhões de m³ de água potável por ano, através dos subsistemas da Queimadela (Fafe), das Andorinhas (Póvoa de Lanhoso e Vieira do Minho) e do Rabagão (Fafe, Póvoa de Lanhoso e Vieira do Minho), a uma população total residente estimada em mais de 100 mil habitantes. [7]

“Aumentar os níveis de atendimento, assegurar a qualidade e a segurança da água fornecida e promover a qualidade dos serviços prestados” são os objectivos deste sistema. [7]

Ainda na componente do abastecimento de água, o investimento total está previsto em cerca de 50,8 milhões de euros, o qual compreende a construção de 3 captações, 3 estações de tratamento de água (ETA), cerca de 230 km de condutas adutoras, 12 estações elevatórias e 43 reservatórios de entrega. No ano horizonte do projecto, 2012, a taxa de atendimento prevista será de aproximadamente 98% da população total do Alto Ave. [7]

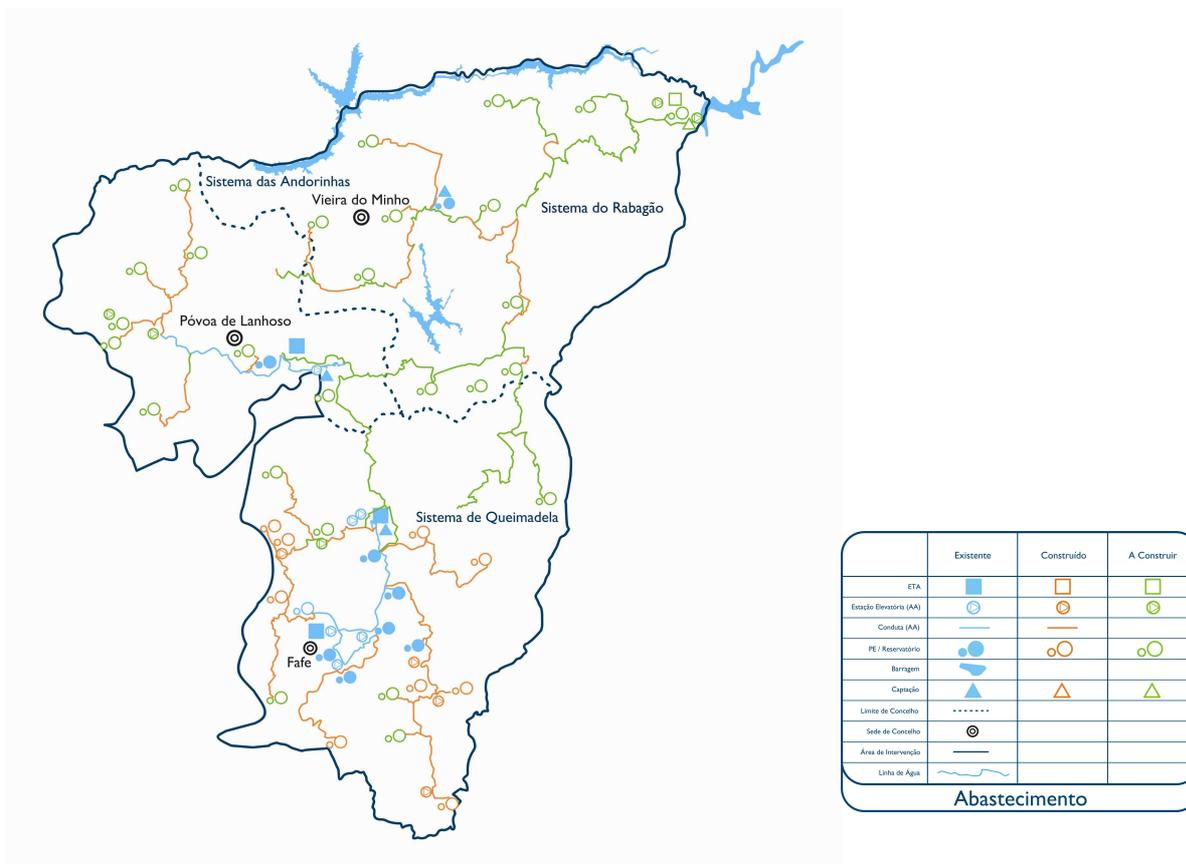


Fig. 1 – Representação do Sistema de Abastecimento de Águas da Empresa. [7]

O Sistema Multimunicipal de Saneamento (figura 2) tem como principais objectivos a “melhoria do nível de atendimento em drenagem e tratamento de águas residuais urbanas, de modo a atingir os níveis de qualidade das descargas exigidos pela legislação nacional e comunitária em vigor, a promoção da despoluição da bacia hidrográfica do rio Ave, a contribuição para a sua requalificação ambiental e a garantia da qualidade de água dos meios hídricos adequada aos vários usos previstos no Plano de Bacia do Ave”. [7]

Relativamente às infra-estruturas, existentes e a construir, o sistema é constituído por mais de 910 km de interceptores, 12 estações elevatórias, 56 km de condutas elevatórias, 101 estações de tratamento de águas residuais (ETAR), 3 aterros sanitários para lamas e uma unidade de secagem térmica de lamas. [7]

O investimento global da Águas do Ave nesta componente ascenderá a 243 milhões de euros. Em 2015, ano horizonte do projecto, prevê-se que sejam servidos mais de 1,6 milhões de habitantes equivalentes, o que elevará a taxa de atendimento para cerca de 91% da população total residente na área geográfica concessionada. O Sistema, após

modificações, ficará dimensionado para recolher, tratar e rejeitar cerca de 73 milhões de m³ de águas residuais por ano. [7]

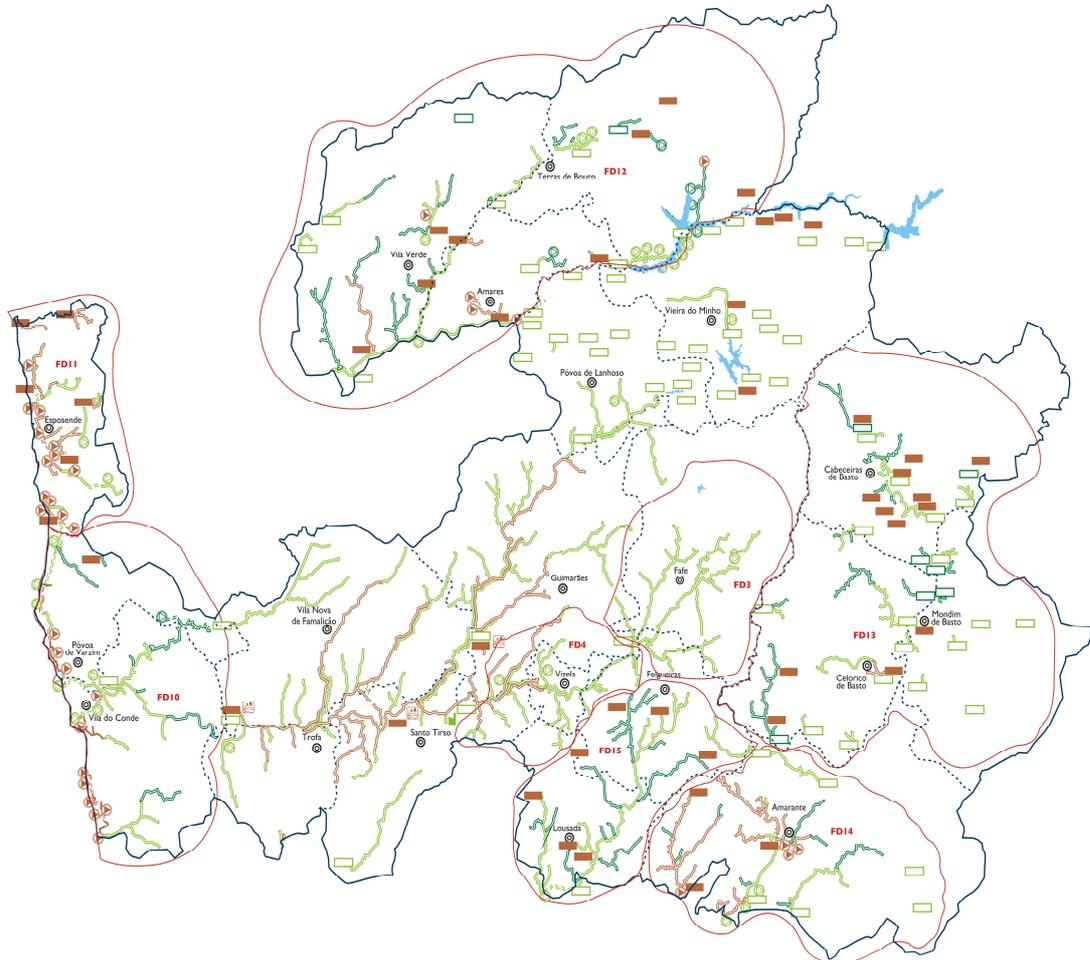


Fig. 2 – Representação do Sistema de Saneamento de Águas da Empresa. [7]

	Integrado	A Construir até 2008	A Construir 2008/2010	Sistema Multimunicipal
ETAR				
Estação Elevatória (AE)				
Interceptor				
Canalizações Elevatórias				
Limites de Concelho				
Sede de Concelho				
Área de Intervenção				
Fronteiras de Drenagem				
Limites de Água				
Alcorno Saneamento				
Unidades de Saneamento				
Yammas de Saneamento				

Saneamento

3.2. Caracterização geral do Sistema de Gestão Ambiental da Empresa

3.2.1. Sistema Integrado de Qualidade, Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social da Empresa

“A Águas do Ave, S.A. entende que não é possível alcançar a Qualidade se forem negligenciados a Segurança e Saúde no Trabalho, o respeito pelo Ambiente e as boas práticas de Responsabilidade Social”. A implementação do Sistema Integrado de Qualidade, Ambiente, Segurança (modo abreviado da designação Segurança e Saúde no Trabalho) e Responsabilidade Social (SIQAS), no ano de 2004, pretende facilitar a gestão e a concretização dos objectivos a que a Empresa se propõe. [8]

O SIQAS tem por base a aplicação das Normas de Qualidade (NP EN ISO 9001), de Gestão Ambiental (NP EN ISO 14001), da Gestão de Segurança (OHSAS 18001) e da Responsabilidade Social (SA 8000), assim como toda a legislação aplicável à actividade da Empresa. [8]

O âmbito do SIQAS abrange a exploração e a gestão do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e Saneamento do Vale do Ave, para captação, tratamento e distribuição de água para consumo público e para recolha, tratamento e rejeição de efluentes. Deste modo, o SIQAS engloba tudo aquilo que está relacionado com a construção, extensão, reparação, renovação, manutenção e melhoria das obras e equipamentos necessários para o desenvolvimento das actividades da Empresa. [8]

A implementação do SIQAS e a sua gestão para a certificação da Empresa nos referenciais normativos de Qualidade, Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social é da responsabilidade do Gabinete de Qualidade da Empresa (figura 3). [8]

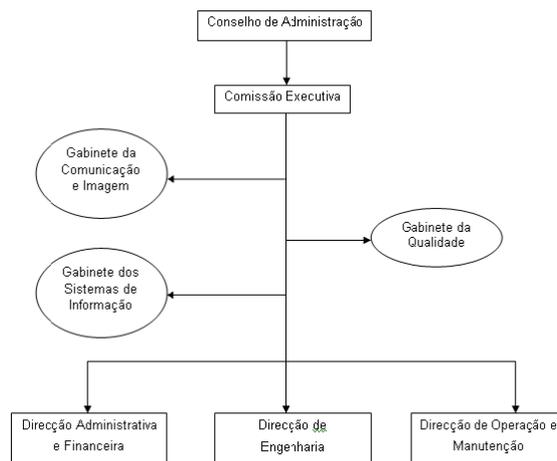


Fig. 3 – Estrutura organizacional da Águas do Ave, S.A. [8]

A figura 3 foi retirada da versão de 2008 do “Manual do SIQAS”, documento interno da Empresa elaborado pelo Gabinete da Qualidade. Este manual revela de forma “clara e inequívoca” todos os procedimentos associados à Empresa. Divulga os métodos da organização, a sua Política (figura 4) e indicações para a sua aplicação. Mais ainda, define e apresenta o Sistema a todas as partes interessadas, isto é, a colaboradores, fornecedores, clientes, comunidade envolvente, comunicação social, accionistas, etc. [8]

Política de Qualidade, Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social

Visão

Ser uma empresa de referência nacional em termos de qualidade do serviço prestado, no abastecimento de água para consumo humano e no saneamento de águas residuais urbanas, contribuindo activamente para a requalificação ambiental da região e potenciando a sua sustentabilidade, para usufruto de todos.

Missão

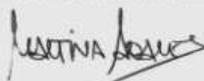
A missão atribuída à Águas do Ave, S.A. através do Contrato de Concessão relativo ao Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Vale do Ave, consubstancia-se nos objectivos do projecto, que podemos agrupar do seguinte modo:

- Abastecimento de água com garantia de qualidade e de fiabilidade;
- Recolha, drenagem e tratamento de águas residuais adequados;
- Melhoria ambiental do meio hídrico.

Para o cumprimento da sua Visão e Missão constitui propósito da Águas do Ave, S.A.:

- Dotar a região de infra-estruturas com capacidade e qualidade, capazes de garantir o abastecimento de água às populações da área concessionada e a drenagem e o tratamento eficaz das águas residuais domésticas e industriais geradas na região;
- Assegurar o cumprimento dos requisitos legais e outros requisitos aplicáveis, bem como dos objectivos nacionais, definidos para o sector de actividade da Empresa;
- Adotar soluções tecnológicas e aplicar as melhores práticas que assegurem a prevenção da poluição contribuindo para a sustentabilidade ambiental da Empresa e do meio envolvente;
- Apostar na prevenção de lesões, ferimentos e danos para a saúde, dos colaboradores e restantes Partes Interessadas envolvidas nas suas actividades;
- Promover a sensibilização e formação dos colaboradores para as suas obrigações na protecção do ambiente e na segurança das actividades;
- Adotar estratégias e correspondentes acções, sempre em sintonia com elevados padrões de ética e adoptar os critérios internacionais de boa prática de Responsabilidade Social, incluindo os requisitos constantes da SA 8000;
- Garantir um relacionamento transparente e constante com a comunidade, de modo a contribuir para a integração da empresa na sua envolvente regional, promovendo acções que contribuam para o desenvolvimento social;
- Assegurar aos seus colaboradores e restantes Partes Interessadas envolvidas nas suas actividades, o cumprimento das melhores práticas internacionais, melhorando continuamente as suas condições de trabalho, no respeito pelas Leis Laborais e pelos Direitos Humanos;
- Divulgar interna e externamente a Política de Qualidade, Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social e comunicar a evolução do SIQAS Partes Interessadas;
- Proceder à revisão regular do SIQAS, de modo a obter níveis de desempenho cada vez mais elevados, através da sua melhoria contínua.

Presidente do Conselho de Administração



(Eng.º Martins Soares)

Aprovado em reunião de Conselho de Administração
de 1 de Agosto de 2008

Fig. 4 – Política de Qualidade, Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social da Águas do Ave, S.A., aprovada a 1 de Agosto de 2008 e em vigência. [8]

3.2.2. Metodologia de identificação e avaliação dos Aspectos Ambientais

Na Águas do Ave, S.A., antes de se proceder à identificação dos Aspectos Ambientais, é obrigatória “a realização de visitas às instalações da Empresa, assim como a consulta de requisitos legais”. As áreas a analisar no diagnóstico de cumprimento de legislação ambiental são:

- Captações de água;
- Descarga de efluentes líquidos;
- Resíduos;
- Ruído ambiental;
- Efluentes gasosos;
- Consumo de água;
- Consumo de energia;
- Substâncias que provoquem a destruição da camada do ozono. [9]

O modo como o processo de identificação e avaliação dos AA se rege é apresentado na figura 5:

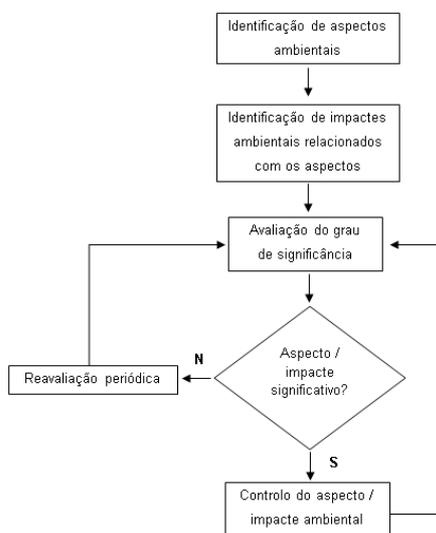


Fig. 5 – Metodologia seguida pela Empresa para identificar e avaliar os seus Aspectos Ambientais.

[9]

A identificação, e posterior avaliação, dos AA e Impactes associados é efectuada anualmente e sempre que for considerado necessário (ou porque houve uma alteração ao nível dos processos, produtos ou serviços; ou devido a ocorrências de acidentes ambientais; ou porque os resultados das auditorias assim o justificam; ou devido à utilização

de novos equipamentos, etc.). Desta forma, e para que o procedimento seja sistemático e efectivo, o colaborador responsável pela introdução de qualquer uma destas alterações deve comunicá-la ao responsável pela Gestão Ambiental, que promoverá a actualização do levantamento ambiental. Sempre que possível, esta comunicação deve ser feita antes da introdução da alteração. [10]

Os AA identificados como não Significativos são reavaliados anualmente, enquanto os Aspectos Ambientais Significativos são continuamente sujeitos a acções de correcção, melhoria ou controlo. [10]

Os AAS são divulgados internamente. Anualmente é decidido, na reunião de revisão pela Gestão, a sua, ou não, comunicação externa. Esta decisão fica documentada em acta de reunião, bem como o método de divulgação, caso a Empresa decida comunicar. [10]

A determinação do grau de significância dos AA tem por base os critérios de avaliação expostos nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Critérios de avaliação utilizados pela Empresa para determinar o grau de significância dos Aspectos Ambientais identificados. [10]

Critérios de avaliação	Descrição	Valor
Escala – E	Local – Impacte ao nível da instalação	1
	Regional – Impacte ao nível regional / área circundante	2
	Global – Impacte a nível global	3
Quantidade (classificação baseada na comparação com limites de controlo estabelecidos / valores de referência) – Q	Baixa – inferior aos valores de referência / limites de controlo estabelecidos	1
	Moderada – equivalente aos valores de referência / limites de controlo estabelecidos	2
	Alta – superior aos valores de referência / limites de controlo estabelecidos	3
Frequência – F	Esporádico – no máximo uma vez por ano	1
	Periódico – mais do que uma vez por ano	2
	Frequente/contínuo – todos os dias	3
Condições de controlo – CC	Elevado – meios de controlo existentes e suficientes	1
	Moderado – meios de controlo existentes, mas não suficientes	2
	Reduzido – inexistência de meios de controlo	3

Tabela 4 – Critérios de avaliação utilizados pela Empresa para determinar o grau de significância dos Aspectos Ambientais identificados. [10]

Critérios de avaliação	Aspecto Ambiental	Descrição	Valor
Gravidade – G	Consumo de recursos	Consumo de recursos renováveis	1
		Consumo de recursos não renováveis com possibilidade de valorização / reutilização interna	2
		Consumo de recursos escassos e não renováveis, sem possibilidade de valorização / reutilização interna	3
	Consumo de materiais	Consumo de produtos / reagentes considerados não perigosos	1
		Consumo de produtos / reagentes considerados não perigosos para o ambiente, mas que requerem cuidados especiais	2
		Consumo de produtos / reagentes considerados perigosos para o ambiente	3
	Efluentes líquidos / derrames	Efluente não perigoso / derrame de produtos não perigosos	1
		Efluente não perigoso, mas com elevada carga orgânica / derrame com produtos não perigosos, mas que requerem cuidados especiais	2
		Efluente composto por substâncias perigosas ou efluente não tratado proveniente de descargas de emergência / derrame de produtos perigosos para o ambiente	3
	Efluentes gasosos	Emissão de gases que são componentes do ar (oxigénio, azoto, vapor de água). Odores não detectáveis	1
		Emissões gasosas não perigosas. Odores detectáveis dentro da instalação	2
		Emissões gasosas que contêm poluentes considerados perigosos (metais pesados, partículas finas, compostos orgânicos voláteis, gases com efeito de estufa, etc.). Odores detectáveis na área envolvente e/ou existência de reclamações associadas	3
	Resíduos	Resíduos não perigosos valorizados	1
		Resíduos perigosos valorizados; resíduos não perigosos não valorizados	2
		Resíduos perigosos não valorizados	3
	Ruído	Ruído gerado em zona isolada ou instalação sem emissão de ruído	1
		Ruído gerado em zona não isolada, mas apenas detectável no interior da instalação	2
		Ruído detectável no exterior da instalação e/ou reclamações associadas	3

Um Aspecto Ambiental é considerado Significativo se o Impacte a si associado apresentar um valor igual ou superior a 18, utilizando a equação (2). [10]

$$\text{Impacte} = (E + Q + G + F) \times CC \quad (2)$$

A Águas do Ave, S.A. considera também a situação (Passado – P; Actual – A; Futuro – F) e a condição de operação em que pode ocorrer o Aspecto Ambiental. As condições de operação dividem-se em:

- Normais (N) – actividades de rotina;
- Anómalas/anormais (A) – paragem e arranque de máquinas, manutenções, alterações de processos, anomalias de funcionamento, entre outras;
- De Emergência (E) – potenciais acidentes, tais como derrames e incêndios. [10]

Por fim, importa referir que a Empresa considera Significativos todos os Aspectos Ambientais sujeitos a requisitos legais de índole ambiental cujo cumprimento não seja assegurado. Do mesmo modo, a Empresa rotula de Significativos aqueles Aspectos Ambientais cujo Impacte é desconhecido. [10]

3.3. Caracterização da ETAR de S. Gonçalo

A caracterização que se segue foi feita com base num conjunto de documentos internos da Empresa, todos eles elaborados, verificados e aprovados em 2008.

O anexo 2 da licença de descarga da ETAR de S. Gonçalo indica que as condições de descarga do efluente final, de acordo com o disposto no DL n.º 152/97, de 19/07, a respeitar pelo titular da licença, são as indicadas na tabela 5. [11]

Tabela 5 – Parâmetros de medição obrigatória à saída da ETAR de S. Gonçalo e respectivos limites de emissão. [11]

Parâmetro	Valor limite de emissão
Carência bioquímica de oxigénio (CBO ₅)	25 mg O ₂ /l
Carência química de oxigénio (CQO)	125 mg O ₂ /l
Sólidos suspensos totais (SST)	35 mg/l
Azoto total	15 mg N/l
Fósforo total	2 mg P/l

Importa referir que a Empresa mede também as concentrações de CBO₅, CQO e SST, mensalmente, à entrada de cada ETAR.

A licença impõe também, à semelhança das licenças das ETAR de Esposende e de Vila Meã, que os resultados do programa de autocontrolo sejam enviados à entidade

licenciadora com uma periodicidade mensal. O programa de autocontrolo engloba as medições dos caudais diários e médios mensais, afluentes e descarregados, assim como a qualidade do efluente após tratamento. É dito que as determinações analíticas conducentes à verificação do cumprimento deste último ponto devem ser preferencialmente realizadas por laboratórios acreditados para o efeito. [11]

A ETAR de S. Gonçalo localiza-se no Concelho de Amarante, tendo sido inaugurada em 1999. A ETAR trata as águas residuais recolhidas na rede pública que serve uma população de aproximadamente 26 600 habitantes equivalentes, trabalhando em muitas ocasiões acima da sua capacidade nominal máxima (135 m³/h). Em 2008, o caudal médio de águas residuais afluentes à ETAR foi de, aproximadamente, 164 m³/h. A instalação opera com tratamento biológico por lamas activadas de média carga (ou arejamento convencional). [12]

O processo de tratamento inicia-se quando as águas residuais brutas chegam à ETAR provenientes de duas linhas de drenagem, sendo uma gravítica e a outra de bombagem. As águas brutas afluem à obra de entrada, a qual é constituída por dois canais em paralelo. Normalmente só opera um canal, chamado principal, servindo o outro de *bypass*. Na obra de entrada o efluente é primeiramente submetido a uma gradagem, passando depois por um tamisador, cuja limpeza é mecânica no canal principal e manual no canal secundário. Segue-se a remoção dos materiais de natureza arenosa, por meio de um equipamento desarenador do tipo "Pista". Cumprido o pré-tratamento, as águas passam por um canal onde é feita uma medição de caudal por intermédio de um medidor ultrasónico, seguindo, então, para jusante. [12]

O efluente pré-tratado é conduzido graviticamente ao sedimentador primário, constituído por um tanque circular acoplado a uma estrutura tronco-cónica invertida com alimentação central e descarga periférica, uma ponte raspadora de lamas e um raspador de sobrenadantes. As lamas primárias são removidas por carga hidrostática e conduzidas ao poço do edifício das lamas, onde são elevadas para o digestor. [12]

O efluente é então encaminhado para o reactor biológico, o qual é constituído por uma zona anóxica e por uma zona aeróbia. Na primeira dá-se a desnitrificação das águas residuais e a solubilização parcial dos fosfatos. Na zona aeróbia ocorrem os fenómenos de assimilação biológica da matéria carbonácea (CBO₅), a nitrificação e a absorção biológica dos fosfatos. O tanque anóxico consiste num conjunto de três células ligadas em série. Nesta zona está instalado um medidor Redox, o qual comanda o arranque e a paragem das bombas de recirculação interna. Para evitar a sedimentação dos sólidos em suspensão,

cada uma das células está equipada com um agitador submersível. A zona aeróbia é igualmente constituída por três células, equipadas com arejadores de superfície do tipo centrífugo que garantem a transferência de oxigénio necessária ao processo. Uma parte do efluente do tanque de arejamento é conduzida à entrada do tanque anóxico, para recirculação de nitratos, sendo a restante encaminhada para o decantador secundário. [12]

O decantador secundário é constituído por um tanque de forma cilíndrica, sendo igualmente dotado de um dispositivo mecânico para remoção das lamas e acoplado a uma parte inferior tronco-cónica invertida. O efluente tratado é descarregado através de um colectador sem obra de protecção no rio Tâmega, uma zona classificada como sensível. As lamas do decantador secundário são removidas por carga hidrostática e conduzidas a um poço de bombagem, localizado no edifício das lamas. Deste poço, as lamas são ora recirculadas para o tanque de arejamento, ora elevadas conjuntamente com as lamas primárias para o digestor. [12]

A estabilização das lamas foi dimensionada para ser realizada por um processo de digestão anaeróbia, à temperatura ambiente e sem aproveitamento do biogás. O digestor estava coberto e dotado com um dispositivo “quebra-crosta” que visava evitar a formação de camadas rígidas de lama na sua superfície. Há alguns anos uma explosão destruiu a cobertura do digestor. Desde então, as lamas são estabilizadas sem que este órgão esteja coberto, não se garantindo a anaerobiose total do meio. [12]

A desidratação das lamas é realizada por intermédio de um filtro de banda. Neste processo é efectuada a adição de polielectrólito através de uma unidade de preparação e dosagem automática. As lamas desidratadas são descarregadas num tapete rolante que as conduz a um transportador do tipo parafuso de Arquimedes, o qual as eleva aos contentores de armazenagem e transporte. Uma vez desidratadas, todas as lamas são confiadas a uma empresa externa que procede à sua valorização agrícola. [12]

Na tabela 6 apresentam-se os Aspectos Ambientais Significativos associados à ETAR de S. Gonçalo, determinados segundo a metodologia apresentada na secção 3.2.2.

Tabela 6 – Aspectos Ambientais Significativos associados à ETAR de S. Gonçalo. [13]

Identificação dos Aspectos Ambientais				Avaliação dos Aspectos Ambientais					
Actividade / Local	Aspecto Ambiental	Situação (P / A / F)	Condições Operatórias (N / A / E)	Critérios					Grau do Impacte
				E	Q	G	F	CC	
Obra de entrada	Descarga de efluente não tratado no rio: <i>bypass</i>	-	E	2	2	3	2	3	27
Tratamento biológico	Derrame de óleo ou outros produtos usados na manutenção	-	A / E	2	2	3	2	2	18
Decantador secundário	Descarga de efluente final	A	N	2	2	2	3	2	18
Outras actividades de manutenção	Derrame de substâncias contaminadas (decorrentes de avarias)	-	E	2	2	3	2	2	18
Zona de desidratação de lamas	Derrame de lama no interior do edifício	-	E	2	2	2	3	2	18
	Derrame de efluente resultante da secagem das lamas	-	E	2	2	2	3	2	18
	Derrame de óleo na manutenção da prensa	A	A	2	2	3	2	2	18
	Consumo de gasóleo	A	N	3	1	3	3	2	20

Nota: neste trabalho será dado especial ênfase aos AAS que, sob condições operatórias normais, se notam actualmente. Por este motivo, estes AAS encontram-se assinalados a vermelho.

3.4. Caracterização da ETAR de Esposende e da Estação de Tratamento de Lamas

A caracterização que se segue foi feita com base num conjunto de documentos internos da Empresa, todos eles elaborados, verificados e aprovados em 2008.

A caracterização da ETAR de Esposende é feita juntamente com a caracterização da Estação de Tratamento de Lamas porque as lamas produzidas na ETAR são tratadas nesta estação. Ao conjunto destas duas instalações será chamado “sistema de Esposende”. No decorrer deste trabalho, principalmente na discussão dos resultados, é dito que se compararam os “sistemas estudados”. Nestes casos, a expressão refere-se também às ETAR de Amarante (ETAR de S. Gonçalo e ETAR de Vila Meã).

O anexo 2 da licença de descarga da ETAR de Esposende indica que as condições de descarga do efluente final, de acordo com o disposto no DL n.º 152/97, de 19/07, a respeitar pelo titular da licença, são as indicadas na tabela 7. [14]

Tabela 7 – Parâmetros de medição obrigatória à saída da ETAR de Esposende e respectivos limites de emissão. [14]

Parâmetro	Valor limite de emissão
Carência bioquímica de oxigénio (CBO ₅)	25 mg O ₂ /l
Carência química de oxigénio (CQO)	125 mg O ₂ /l
Sólidos suspensos totais (SST)	35 mg/l

Esta ETAR localiza-se no Concelho de Esposende, tendo sido inaugurada no ano de 1991 e ampliada em 2000. À ETAR afluem as águas residuais recolhidas na rede pública que serve uma população de aproximadamente 15 070 habitantes. Em 2008, o caudal médio afluente à ETAR foi de 93 m³/h, correspondendo a sua capacidade nominal máxima a 142 m³/h. A instalação opera com tratamento biológico por lamas activadas de baixa carga, também chamado arejamento prolongado. [15]

O afluente à ETAR é bombeado por três estações elevatórias, localizadas em Esposende, Fão e Gandra. Na chegada à ETAR, o afluente passa por uma grade de limpeza mecânica e por um tamisador rotativo que reduzem a quantidade de sólidos nas águas. Os sólidos retidos são mecanicamente compactados e, então, depositados num contentor. Aquando da manutenção da grade mecânica e do tamisador utiliza-se uma grade de limpeza manual. [15]

O afluente é conduzido por gravidade, através de um canal rectangular onde está instalado um desarenador do tipo Pista, a três tanques de arejamento, onde se mistura com as lamas biológicas ou lamas activadas. A oxidação da matéria orgânica ocorre por processos aeróbios, sendo o arejamento promovido através de turbinas. [15]

O licor misto é descarregado continuamente para três decantadores secundários, onde se processa a separação das fases líquida e sólida. As águas residuais tratadas e clarificadas são lançadas no rio Cávado. As lamas são lançadas no poço central, através de um raspador rotativo, sendo retiradas continuamente por bombagem e recirculadas para o tanque de arejamento. As lamas em excesso são removidas e transportadas para a Estação de Tratamento das Lamas (ETL) de Esposende, inaugurada em 2000 e localizada a cerca de 2,5 km da ETAR. [15]

A ETL recebe lamas brutas de sete ETAR, as quais são transportadas em cisternas para a Estação. Chegadas à ETL, as lamas brutas são misturadas e espessadas. [16]

O próximo passo consiste na estabilização ou mineralização das lamas espessadas. Este processo objectiva a redução de microrganismos patogénicos, a eliminação de odores desagradáveis e a diminuição da eventual putrefacção. Nesta etapa, a ETL recorre ao processo de digestão anaeróbia, convertendo o material orgânico biodegradável em água, dióxido de carbono e metano. A eficácia da digestão anaeróbia depende da temperatura a que ocorre o processo, sendo óptima nos 32°C. Por este motivo, a ETL possui um sistema de aquecimento que pode utilizar o biogás produzido como fonte de energia. [16]

Nesta estação existem dois digestores anaeróbios primários, tendo cada um 9 m de diâmetro e 6,5 m de altura. Caso o sistema estivesse a funcionar devidamente, as lamas dos digestores seriam bombeadas para um permutador aquecido por água a 95 °C. Por sua vez, a água seria aquecida numa caldeira de baixa pressão, equipada com queimador de biogás. [16]

Para uma melhor homogeneização, cada digestor tem instalado um agitador mecânico. No entanto, porque o ambiente nos digestores é bastante corrosivo, estes agitadores não são utilizados. Caso a ETL estivesse a operar adequadamente utilizar-se-ia biogás comprimido para a mistura das lamas. [16]

Apesar de estar provida de equipamentos que o permitem, a ETL não faz co-geração. De facto, a digestão de lamas está a ocorrer de forma deficiente porque os dispositivos de controlo existentes não garantem as condições mínimas de segurança dos equipamentos instalados e para as pessoas que os operam. Deste modo, a ETL tem vindo

a operar à temperatura ambiente (implicando um tempo de digestão necessário três vezes superior ao previsto no caso da digestão aquecida), não se recolhendo e utilizando o gás gerado. [16]

A jusante dos digestores primários está localizado o digestor secundário, o qual se resume a um espessador gravítico das lamas digeridas sem agitação. Este órgão foi dimensionado para um volume útil de 45 m³, com 5 metros de diâmetro e uma altura de 2,3 metros. O gasómetro instalado e incorporado neste digestor tem como função armazenar e regularizar o biogás que actualmente não está a ser utilizado no aquecimento de lamas. [16]

As lamas espessadas são rejeitadas periodicamente do digestor secundário através de bombagem, sendo encaminhadas para a unidade de desidratação. Por sua vez, os sobrenadantes do digestor são descarregados graviticamente para a rede de saneamento da ETL, que os conduz à ETAR de Esposende. [16]

À chegada ao edifício de desidratação é efectuado o acondicionamento por adição de um polielectrólito, que permite a formação de flocos e uma melhor separação entre sólidos e água. Posteriormente, as lamas são conduzidas para o filtro de banda (figura 6) e para a centrífuga (figura 7), a fim de serem desidratadas. Uma vez desidratadas, todas as lamas tratadas na ETL são transferidas para contentores e transportadas para valorização agrícola, sendo utilizadas como correctivo de solos. [16]



Fig. 6 – Filtro de banda da ETL. [16]



Fig. 7 – Centrífuga da ETL. [16]

Na tabela 8 apresentam-se os Aspectos Ambientais Significativos associados à ETAR de Esposende e à ETL, determinados segundo a metodologia apresentada na secção 3.2.2.

Tabela 8 – Aspectos Ambientais Significativos associados à ETAR de Esposende e à ETL. [17]

Identificação dos Aspectos Ambientais				Avaliação dos Aspectos Ambientais					
Actividade / Local	Aspecto Ambiental	Situação (P / A / F)	Condições Operatórias (N / A / E)	Critérios					Grau do Impacte
				E	Q	G	F	CC	
Obra de entrada	Produção de gradados	A	N	2	2	2	3	2	18
	Produção de areias	A	N	2	2	2	3	2	18
	Descarga de efluente não tratado no rio por <i>bypass</i>	-	E	2	2	3	2	3	27
Tanque de lamas activadas (arejamento prolongado)	Dispersão de efluente para o ar e para o solo	A	N	1	3		3	3	21
Tanque de lamas activadas (espassador)	Transvase de lamas para o solo	-	E	2	2	2	3	2	18
Funcionamento geral da infra-estrutura	Consumo de gasóleo	A	N	3	1	3	3	2	20
	Emissão de ruído	A	N	2	2	3	3	2	20
Transporte de lamas	Derrame de lamas para o solo	A	E	2	2	2	3	2	18
	Derrame de óleo para o solo	A	E	1	2	3	3	3	27
Outras actividades de manutenção	Derrames de substâncias contaminadas decorrentes de avarias	-	E	2	2	3	2	2	18

Nota: neste trabalho será dado especial ênfase aos AAS que, sob condições operatórias normais, se notam actualmente. Por este motivo, estes AAS encontram-se assinalados a vermelho.

3.5. Caracterização da ETAR de Vila Meã

A caracterização que se segue foi feita com base num conjunto de documentos internos da Empresa, todos eles elaborados, verificados e aprovados em 2008.

O anexo 2 da licença de descarga da ETAR de Vila Meã, válida até Novembro de 2011, indica que as condições de descarga do efluente final, de acordo com o disposto no DL n.º 152/97, de 19/07, a respeitar pelo titular da licença são as indicadas na tabela 7 (à semelhança do que acontece na ETAR de Esposende). [18]

A ETAR de Vila Meã localiza-se no Concelho de Amarante, tendo sido inaugurada no ano de 1999 e ampliada em 2002. A ETAR, cuja área de influência abrange as Freguesias de Ataíde e Real, serve uma população de aproximadamente 4 600 habitantes equivalentes. Em 2008, o caudal médio de águas residuais afluentes à ETAR foi de 28 m³/h, estando a ETAR projectada para receber um caudal nominal máximo de 59 m³/h. O tratamento secundário desta instalação baseia-se num leito percolador de alta carga. [19]

Nesta ETAR existem duas obras de entrada, chegando o efluente bruto à estação por duas afluições distintas. A obra de entrada inferior, construída aquando da ampliação, é composta por dois canais em paralelo. No canal principal está instalada uma gradagem automática, sendo manual no canal secundário. Quando é necessário, o esgoto é desviado para este canal por intermédio de adufas manuais. Depois de concluída a fase da gradagem, o esgoto é bombeado para a obra de entrada superior. [19]

A segunda afluição do esgoto situa-se junto ao edifício de exploração. É também constituída por dois canais em paralelo, de limpeza automática e manual. No prolongamento do canal secundário existe uma “caixa atravessada pelo esgoto” que torna possível fazer o *bypass* do efluente bruto ou dirigi-lo directamente para o decantador primário. [19]

O decantador primário consiste num tanque de forma cilíndrica, construído em betão armado, acoplado a uma parte inferior tronco-cónica invertida. O volume útil do decantador primário é de 104,5 m³ e a área superficial de 58,1 m², sendo provido de um dispositivo mecânico de remoção das lamas e de um raspador de sobrenadantes. As lamas primárias são enviadas para o digestor depois de decantarem na parte inferior do tanque de sedimentação. Por sua vez, o efluente é enviado para jusante. [19]

O leito percolador (figura 8) apresenta uma forma cilíndrica, com 14 metros de diâmetro e uma profundidade útil de 1,80 metros. No fundo do tanque encontram-se

dispostas “caleiras furadas”, as quais permitem o arejamento do leito e a drenagem do efluente. Sobre as caleiras dispostas no fundo do tanque, e até 0,5 m do bordo exterior do mesmo, todo o volume é preenchido com brita calibrada. O volume útil é de 272 m³. O efluente, proveniente do decantador primário, é distribuído pela superfície do leito percolador através de um “braço quadrúpulo”, fixado em posição central, com vários espalhadores, cujo movimento rotativo origina uma contínua e uniforme distribuição do efluente pelo leito. [19]



Fig. 8 – Leito percolador da ETAR de Vila Meã. [19]

O efluente segue para o decantador secundário que tem como funções a decantação dos sólidos biológicos e a descarga do efluente tratado no rio Odres, através de um colector sem obra de protecção. O decantador secundário é bastante semelhante ao decantador primário, sendo também provido de um dispositivo mecânico de remoção das lamas e de um raspador de sobrenadantes. [19]

O digestor de lamas consiste num tanque de forma cilíndrica, com 10 metros de diâmetro e 4,2 metros de altura útil, acoplado a uma parte inferior tronco-cónica invertida. O digestor recebe as lamas dos decantadores primário e secundário. O volume útil do digestor é de 415 m³. Depois de digeridas aerobiamente, embora sem fornecimento de oxigénio, as lamas são bombeadas para os leitos de secagem. [19]

Os leitos de secagem ocupam uma área de 450 m², distribuindo-se por 6 tanques de 7,5 m x 10 m, para os quais são bombeadas as lamas digeridas. A água resultante da secagem das lamas e os sobrenadantes do digestor são recolhidos num poço e daí bombeados para a obra de entrada. Depois de desidratadas por evaporação, sem qualquer

consumo de polielectrólito, as lamas são confiadas a terceiros, tendo como destino final a sua valorização agrícola. [19]

Na tabela 9 apresentam-se os Aspectos Ambientais Significativos associados à ETAR de Vila Meã, determinados segundo a metodologia apresentada na secção 3.2.2.

Tabela 9 – Aspectos Ambientais Significativos associados à ETAR de Vila Meã. [20]

Identificação dos Aspectos Ambientais				Avaliação dos Aspectos Ambientais					
Actividade / Local	Aspecto Ambiental	Situação (P / A / F)	Condições Operatórias (N / A / E)	Critérios					Grau do Impacte
				E	Q	G	F	CC	
Obra de entrada	Descarga de efluente não tratado no rio: <i>bypass</i>	-	E	2	2	3	2	3	27
Decantador secundário	Descarga de efluente final	A	N	2	2	2	3	2	18
Leitos de secagem	Derrame de efluente resultante da secagem das lamas	-	E	2	2	2	2	3	24
Funcionamento geral da infra-estrutura	Consumo de água	A	N	3	1	1	3	3	24
	Consumo de gasóleo	A	N	3	1	3	3	2	20
Outras actividades de manutenção	Derrame de substâncias contaminadas (decorrentes de avarias)	-	E	2	2	3	2	2	18

Nota: neste trabalho será dado especial ênfase aos AAS que, sob condições operatórias normais, se notam actualmente. Por este motivo, estes AAS encontram-se assinalados a vermelho.

4. METODOLOGIA E RESULTADOS OBTIDOS

A escolha das ETAR de Amarante e de Esposende, como casos de estudo neste trabalho, deve-se principalmente a duas causas. Em primeiro lugar, ambas as instalações operam do mesmo modo, isto é, com tratamento biológico de lamas activadas. Além disto, são as duas maiores ETAR sob exploração da Águas do Ave, S.A., quer em termos de caudal afluente, quer em termos de população servida. A ETAR de Vila Meã, a pedido da Empresa, foi posteriormente acrescentada ao âmbito do estudo.

Relativamente à questão da eco-eficiência, e tal como aconselha o *WBCSD*, foi utilizada a Norma ISO 14031 no processo de selecção de indicadores. A Norma foi desenhada para fornecer informação fiável à Gestão, que determinará o seu desempenho ambiental de acordo com determinados critérios (p.e. limites legais, objectivos e metas). A avaliação do desempenho ambiental é baseada no princípio “só se pode gerir o que se pode medir”. [21]

Dentre os exemplos de indicadores para a avaliação do desempenho ambiental mencionados na ISO 14031 foram seleccionados aqueles cuja aplicação a Estações de Tratamento de Águas Residuais parece mais interessante e pertinente. Esses indicadores foram sujeitos a alterações, de modo a poderem ser considerados indicadores de eco-eficiência (tabela 10).

Tabela 10 – Indicadores de eco-eficiência, do tipo de influência ambiental, seleccionados com base na Norma ISO 14031. [21]

Indicadores revistos na Norma ISO 14031	Indicadores de eco-eficiência do tipo de influência ambiental
Quantidade de água consumida	Consumo de água por metro cúbico de AR tratada
Quantidade de energia consumida	Consumo de energia por metro cúbico de AR tratada
Consumo de combustível	Consumo de gasóleo por metro cúbico de AR tratada
Quantidade de resíduos formados	Massa de gradados e areias recolhidos à entrada da ETAR por metro cúbico de AR tratada
	Volume de lamas húmidas formadas na ETAR por metro cúbico de AR tratada
Quantidade de resíduos perigosos formados	Massa de resíduos perigosos contabilizada por metro cúbico de AR tratada
Quantidade de emissões específicas	Emissões de CO ₂ por metro cúbico de AR tratada

Paralelamente aos indicadores apresentados na tabela 10, foi também construído e medido um outro indicador de influência ambiental, assim como dois indicadores de valor (tabela 11).

Tabela 11 – Indicador de influência ambiental e indicadores de valor seleccionados com base em documentos do *WBCSD*. [3]

Fontes bibliográficas	Indicador de influência ambiental
-	Metro cúbico de água residual não tratada (devido a <i>bypass</i>) por metro cúbico de água residual tratada
Fontes bibliográficas	Indicadores de valor
<i>WBCSD</i>	Caudal facturado por metro cúbico de água residual tratada
<i>WBCSD</i>	Receitas provenientes do caudal facturado por metro cúbico de água residual tratada

Porque o âmbito deste trabalho não diz apenas respeito à questão da eco-eficiência, foram também pensados, desenvolvidos e calculados outros cinco indicadores, os quais poderão ser úteis à Gestão Ambiental da Empresa. São esses cinco indicadores:

- O volume de água residual tratada por habitante equivalente servido;
- A eficiência de remoção de CBO_5 na ETAR;
- A eficiência de remoção de CQO na ETAR;
- A eficiência de remoção de SST na ETAR;
- A percentagem de incumprimento das licenças de descarga (contabilizando a CBO_5 , a CQO e os SST).

Importa referir que este último ponto não contabiliza o fósforo total e o azoto total porque as licenças das ETAR de Esposende e de Vila Meã não obrigam ao controlo destes parâmetros.

As informações necessárias ao cálculo de todos os indicadores seleccionados foram compiladas e são apresentadas na tabela 12.

Tabela 12 – Dados de 2008 (de Janeiro a Dezembro) utilizados nos cálculos dos indicadores desenvolvidos e medidos.

Dados relativos a 2008	Unidades	S. Gonçalo		Esposende		Vila Meã	
		Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
População servida	hab. eq.	26 590		15 073		4 604	
Caudal máximo projectado	m ³ / ano	1 180 080		1 245 600		291 780	
Caudal de água residual tratada	m ³ / ano	1 438 224 *		815 303 *		249 033 *	
Caudal facturado	m ³ / ano	1 410 360		710 479		238 123	
Receitas provenientes do caudal facturado	€ / ano	634 662		319 716		107 155	
Número de vezes que a licença de descarga não foi respeitada (contabilizando os parâmetros CBO ₅ , CQO e SST)	nº vezes / ano	7		2		12	
Consumo de água	m ³ / ano	25 539		20 779		<i>si</i>	
Consumo de energia	MJ / ano	1 942 710		1 886 000		98 000	
Consumo de gasóleo	l / ano	3 069		7 130		767	
Massa de gradados e de areias	kg / ano	49 000		68 000		14 400	
Volume de lamas húmidas formadas	m ³ / ano	1 499		10 836		104	
Massa de resíduos perigosos contabilizada	kg / ano	32		990		0	
Emissões totais de CO ₂	kg / ano	213 000		220 000		11 000	
Volume anual de água residual não tratada devido a <i>bypass</i>	m ³	3 694		0		14	
Massa de CBO ₅	kg O ₂ / ano	360 618	33 770	98 430	6 543	84 200	13 472
Massa de CQO	kg O ₂ / ano	1 021 139	142 653	478 358	57 403	164 555	32 911
Massa de SST	kg SST / ano	661 583	26 693	150 636	16 570	101 586	7 111

Nota: a sigla *si* significa “sem informação”. Importa referir que a Empresa considera que a totalidade da água recolhida numa ETAR é tratada, sugerindo a inexistência de perdas de água significativas nestas instalações. Aliás, os valores assinalados com um * foram medidos à entrada das ETAR, considerando-se que à saída são iguais.

4.1. Cálculo dos indicadores

Foram consultados vários documentos internos da Empresa a fim de se levantar toda a informação apresentada na tabela 12. No entanto, algumas estimativas foram feitas e alguns pressupostos assumidos aquando do levantamento dos dados que foram utilizados no cálculo dos indicadores de eco-eficiência. Concretamente, foi calculada a massa de CBO₅, de CQO e de SST contabilizada à entrada e à saída de cada ETAR, em 2008. A título de exemplo, a “massa anual” de CBO₅ à entrada numa ETAR foi calculada como sendo o somatório das “doze massas” obtidas quando se multiplicaram as concentrações mensais deste parâmetro (à entrada da ETAR) pelos caudais mensais afluentes. O mesmo tipo de raciocínio foi seguido para os outros parâmetros e para os valores à saída das ETAR.

Importa explicar que os consumos de gasóleo apresentados pela tabela 12 dizem respeito a consumos dos veículos afectos a estes sistemas e não, por exemplo, a consumos de máquinas/equipamentos que operam dentro destas infra-estruturas.

Igualmente, a tabela 12 não apresenta a percentagem de sólidos das lamas húmidas geradas em cada ETAR. No caso de S. Gonçalo o valor médio para 2008 foi 3,0%; na ETL (não foi possível precisar-se esta percentagem para a ETAR de Esposende, embora se admita que será semelhante à da Estação de Tratamento de Lamas) 2,6% e na ETAR de Vila Meã 2,9%.

Por fim, é importante referir que a Empresa contabiliza como massa de resíduos perigosos as embalagens de polielectrólito vazias. Daí que na tabela 12 a ETAR de Vila Meã apresente um 0 neste campo.

Antes de se calcularem os indicadores de eco-eficiência seleccionados, foram também estimados os consumos de água e de energia relativos ao tratamento das lamas geradas na ETAR de Esposende.

Ao contrário do que se sucede nas instalações de S. Gonçalo e de Vila Meã, a documentação da Empresa divide o processo de tratamento ocorrido em Esposende em dois documentos: um relativo à ETAR propriamente dita (o qual permitiu conhecer, por exemplo, o volume de água residual tratada e a massa de gradados e areias recolhidos) e outro relativo à ETL. Este último apresenta os consumos de água e de energia não discriminados pelas sete instalações que geram as lamas que a ETL recebe.

Face a esta situação, e partindo do pressuposto que as todas lamas tratadas na ETL apresentam uma composição semelhante, foi seguida a seguinte metodologia: começou-se por consultar os registos de transporte de lamas líquidas desde a ETAR de Esposende até à ETL, tendo-se assumido que o transporte de lamas só é realizado quando o volume destas é suficiente para encher totalmente as cisternas utilizadas.

Agruparam-se os resultados de modo a se conhecer, por mês, o volume de lamas geradas na ETAR de Esposende. A próxima etapa passou por dividir, para cada mês, o volume de lamas líquidas provenientes da ETAR de Esposende pelo volume total de lamas líquidas que a ELT recebeu, calculando-se, deste modo, 12 razões volúmicas. Multiplicaram-se, para cada mês, as razões calculadas pelos consumos totais de água e de energia registados na ETL. Assumiu-se que os consumos anuais de água e de energia relativos ao tratamento das lamas líquidas geradas na ETAR de Esposende correspondem ao somatório das multiplicações dos 12 rácios pelos consumos totais mensais registados na ETL (tabela 13).

Tabela 13 – Volume de lamas líquidas geradas na ETAR de Esposende em 2008. Consumos de água e de energia nos tratamentos das águas residuais e das lamas produzidas na ETAR de Esposende.

	Dados relativos a 2008	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Somatório
ETL - dados globais	Volume de lamas líquidas (m ³)	1112	888	1242	1248	1368	1177	2308	1775	1449	1186	1010	1020	15783
	Consumo de água (m ³)	842	333	411	1812	3433	1793	2444	2234	1693	1475	1861	1167	19498
	Consumo de energia (GJ)	32	35	31	33	19	22	23	21	26	26	22	28	318
ETL - dados relativos ao tratamento das lamas geradas na ETAR de Esposende	Lamas líquidas (m ³)	847	539	872	1141	1147	855	1251	1076	803	933	595	777	10836
	Rácios	0,76	0,61	0,70	0,91	0,84	0,73	0,54	0,61	0,55	0,79	0,59	0,76	0,70*
	Consumo de água (m ³)	641	202	289	1657	2878	1302	1325	1354	938	1160	1096	889	13732
	Consumo de energia (GJ)	24	21	22	30	16	16	12	13	14	21	13	21	224
ETAR de Esposende - dados relativos ao tratamento das AR	Consumo de água (m ³)	49	269	631	452	191	1188	2093	411	280	597	697	272	7130
	Consumo de energia (GJ)	148	134	137	133	119	131	128	122	145	148	156	161	1662
Consumos totais - tratamento das AR e das lamas produzidas na ETAR de Esposende	Consumo de água (m ³)	690	471	920	2109	3069	2490	3418	1765	1218	1757	1793	1161	20862
	Consumo de energia (GJ)	172	155	159	163	135	147	140	135	159	168	169	182	1886

Nota: ao contrário do que acontece com todos os outros resultados apresentados na última coluna da tabela 13, o valor assinalado com um * corresponde à média dos rácios mensais calculados. Deste modo, em média, 70% das lamas líquidas chegadas à ETL em 2008 tiveram como origem a ETAR de Esposende.

Os indicadores de eco-eficiência poderiam ter sido calculados por habitante equivalente servido ou por metro cúbico de água residual tratada. Optou-se pela segunda via porque, numa tentativa de melhorar a eficiência global duma ETAR, parece mais lógico tentar otimizar-se a quantidade de produto distribuído, ou seja, o volume de água residual tratada.

Os resultados das medições dos indicadores de eco-eficiência são apresentados nas tabelas 14 e 15, as quais expõem, respectivamente, os indicadores de valor e os indicadores de influência ambiental. Na tabela 15, ao contrário do que acontece na tabela 10, onde paralelismos entre os indicadores de eco-eficiência construídos e os indicadores revistos na Norma ISO 14031 são estabelecidos, os indicadores de influência ambiental estão organizados em duas categorias: consumo de recursos naturais e produção de resíduos/emissão de poluentes.

Tabela 14 – Resultados do cálculo dos indicadores de valor para as três ETAR.

Indicadores de valor	Unidades	S. Gonçalo	Esposende	Vila Meã
Caudal facturado por metro cúbico de AR tratada	m ³ água facturada / m ³ AR tratada	0,98	0,87	0,96
Receitas provenientes do caudal facturado por metro cúbico de AR tratada	€ / m ³ AR tratada	0,44	0,39	0,43

Tabela 15 – Resultados do cálculo dos indicadores de influência ambiental para as três ETAR.

Categoria	Indicadores de influência ambiental	Unidades	S. Gonçalo	Esposende	Vila Meã
Consumo de recursos naturais	Consumo de água por metro cúbico de AR tratada	m ³ água consumidos / m ³ AR tratada	1,8 x 10 ⁻²	2,5 x 10 ⁻²	nc
	Consumo de energia por metro cúbico de AR tratada	MJ consumidos / m ³ AR tratada	1,4	2,3	0,4
	Consumo de gasóleo por metro cúbico de AR tratada	l gasóleo consumidos / m ³ AR tratada	2,1 x 10 ⁻³	8,7 x 10 ⁻³	3,1 x 10 ⁻³
Produção de resíduos / emissão de poluentes	Massa de gradados e areias recolhidos por metro cúbico de AR tratada	kg gradados e areias / m ³ AR tratada	3,4 x 10 ⁻²	8,3 x 10 ⁻²	5,8 x 10 ⁻²
	Volume de lamas húmidas formadas por metro cúbico de AR tratada	m ³ lamas húmidas / m ³ AR tratada	1,0 x 10 ⁻³	1,3 x 10 ⁻²	4,2 x 10 ⁻⁴
	Massa de resíduos perigosos por metro cúbico de AR tratada	kg resíduos perigosos / m ³ AR tratada	2,2 x 10 ⁻⁵	1,2 x 10 ⁻³	0
	Emissões de CO ₂ por metro cúbico de AR tratada	kg CO ₂ emitido / m ³ AR tratada	1,5 x 10 ⁻¹	2,7 x 10 ⁻¹	4,4 x 10 ⁻²
	Volume de água não tratada por metro cúbico de AR tratada	m ³ água não tratada / m ³ AR tratada	2,6 x 10 ⁻³	0	5,6 x 10 ⁻⁵

Nota: a sigla *nc* significa “não calculado”. O indicador respeitante ao consumo de água não foi calculado para a ETAR de Vila Meã por falta de informação.

Na tabela 16 são apresentados os resultados do cálculo dos indicadores adicionalmente desenvolvidos.

Tabela 16 – Resultados do cálculo dos restantes cinco indicadores desenvolvidos.

	ETAR de S. Gonçalo	ETAR de Esposende	ETAR de Vila Meã
Tipo de tratamento secundário	lamas activadas com arejamento convencional	lamas activadas com arejamento prolongado	leito percolador de alta carga
Volume de água residual tratada em 2008 (m ³)	1438224	815303	249033
Volume de água residual por hab. eq. servido (m ³ / hab. eq.)	54	54	54
Eficiência de remoção de CBO ₅ (%)	91	93	84
Eficiência de remoção de CQO (%)	86	88	80
Eficiência de remoção de SST (%)	96	89	93
Percentagem de incumprimento das licenças de descarga (%)	19	6	33

4.2. Cálculo dos rácios de eco-eficiência

Os rácios de eco-eficiência foram calculados através da equação (1). Deste modo, para cada ETAR, foram divididos os indicadores de valor pelos indicadores de influência ambiental.

Dois tipos de rácios de eco-eficiência foram calculados: os que utilizam o indicador “caudal facturado por metro cúbico de água tratada” como numerador da equação (1) (tabela 17) e os que usam o indicador “receitas provenientes do caudal facturado por metro cúbico de água tratada” para o mesmo fim (tabela 18).

Tabela 17 – Rácios de eco-eficiência calculados com o indicador “caudal facturado por metro cúbico de água tratada” como numerador da equação (1).

Caudal facturado por:	Unidades (m³ de água facturada /	S. Gonçalo	Esposende	Vila Meã
consumo de água	m ³ de água consumida)	55	34	nc
consumo de energia	MJ consumido)	0,7	0,4	2,5
consumo de gasóleo	l de gasóleo consumido)	459	99	310
massa de gradados e areias recolhidos	kg de gradados e areias)	29	10	17
volume de lamas húmidas formadas	m ³ de lamas húmidas)	940	65	2290
massa de resíduos perigosos	kg de resíduos perigosos)	44046	716	nc
emissões de CO ₂	kg de CO ₂ emitido)	7	3	22
metro cúbico de água não tratada	m ³ de água não tratada)	382	nc	17009

Tabela 18 – Rácios de eco-eficiência calculados com o indicador “receitas provenientes do caudal facturado por metro cúbico de água tratada” como numerador da equação (1).

Receitas provenientes do caudal facturado por:	Unidades (m³ de água facturada /	S. Gonçalo	Esposende	Vila Meã
consumo de água	m ³ de água consumida)	25	15	nc
consumo de energia	MJ consumido)	0,3	0,2	1,1
consumo de gasóleo	l de gasóleo consumido)	207	45	140
massa de gradados e areias recolhidos	kg de gradados e areias)	13	5	8
volume de lamas húmidas formadas	m ³ de lamas húmidas)	423	29	1031
massa de resíduos perigosos	kg de resíduos perigosos)	19821	322	nc
emissões de CO ₂	kg de CO ₂ emitido)	3	1	10
metro cúbico de água não tratada	m ³ de água não tratada)	172	nc	7654

Os rácios apresentados na tabela 18 estão dependentes do caudal facturado, podendo ser calculados através da multiplicação dos resultados apresentados na tabela 17 por 0,45 (valor que, em 2008, a Empresa facturou por cada metro cúbico de água residual tratada em cada uma destas ETAR).

Por este motivo, isto é, porque a proporção entre estes dois tipos de rácios é a mesma para as três ETAR, é importante perceber que as conclusões tiradas para os rácios de eco-eficiência apresentados na tabela 17 são igualmente válidas para os rácios de eco-eficiência apresentados na tabela 18. Caso a Empresa não tivesse facturado nestes dois municípios a mesma quantia por cada metro cúbico de água residual tratada, as conclusões a tirar poderiam não ser igualmente válidas para os dois tipos de rácios.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Não parecem existir documentos ou artigos disponíveis ao público que se debrucem sobre a temática de indicadores de eco-eficiência aplicados a Estações de Tratamento de Águas Residuais. Deste modo, não se recorreu à ferramenta do *benchmark*, ou seja, não se compararam os resultados obtidos neste trabalho com os resultados medidos numa outra Empresa do ramo. Comparam-se, no entanto, os sistemas estudados entre si.

Confrontando as tabelas 12 e 16 várias conclusões se podem tirar. Desde logo se nota que, das três estações, a ETAR de S. Gonçalo foi a que mais água residual tratou e que atendeu uma maior população, embora a proporção de água residual tratada por habitante equivalente servido tenha sido idêntica nas três ETAR (54 m³/hab. eq. / ano, o que equivale a 148 litros/hab. eq. / dia).

Constata-se também que na ETAR de S. Gonçalo o volume de água residual tratada foi superior ao volume para o qual a instalação está dimensionada. É natural que esta ocorrência se traduza em maiores volumes de águas residuais não tratadas, desviados por *bypass*. De facto, da tabela 12 lê-se que nesta ETAR se fez *bypass* a aproximadamente 3700 m³ de água residual, um número muito superior aos 14 m³ ocorridos na estação de Vila Meã. Neste aspecto, o melhor desempenho verificou-se na ETAR de Esposende, estação que não contabilizou qualquer descarga de afluente bruto não tratado.

Da tabela 12 extrai-se ainda que o volume de água facturada foi sempre menor do que o volume de água residual tratada. Esta disparidade deve-se ao facto das ETAR tratarem volumes adicionais de água devido à pluviosidade. O volume de águas pluviais tratado não é incluído no caudal facturado.

Os resultados apresentados na tabela 16 eram, até certo ponto, esperados. Comparando as ETAR de S. Gonçalo e de Esposende, nota-se que as eficiências de remoção de CBO₅ e de CQO são mais elevadas no segundo caso. O facto da ETAR de Esposende operar com lamas activadas por arejamento prolongado resulta na oxidação de maiores quantidades de matéria orgânica [6] do que na ETAR de S. Gonçalo, traduzindo-se em menores concentrações de CBO₅ e de CQO no efluente tratado.

No entanto, a eficiência de remoção de SST é superior na ETAR de S. Gonçalo. A baixa eficiência de remoção deste parâmetro na ETAR de Esposende deve-se provavelmente a uma das duas seguintes razões, ou às duas em simultâneo:

- O decantador secundário (órgão responsável pela sedimentação da biomassa) pode estar a receber carga hidráulica em excesso. Ter-se-ia de calcular, por exemplo, a percentagem de remoção de SST neste órgão, de modo a se poder tirar conclusões mais precisas sobre o seu funcionamento actual;
- A biomassa pode ser menos densa e compacta do que o desejável, tornando-se mais difícil de decantar. Quando o arejamento é prolongado os tempos de retenção são maiores, mineralizando-se mais biomassa e diminuindo a sua carga orgânica. [6]

A ETAR de Vila Meã apresenta as mais baixas remoções de CBO₅ e de CQO. Em leitos percoladores de alta carga os tempos de retenção são baixos, limitando o contacto entre o efluente e o biofilme [6]. Assim, a matéria orgânica não é tão eficazmente oxidada como num sistema de lamas activadas, o que explica as menores eficiências de remoção de CBO₅ e CQO.

No entanto, nesta ETAR a eficiência de remoção de SST é mais elevada do que na ETAR de Esposende. A utilização de um leito percolador leva a que, em vez de decantarem flocos de biomassa, decantem pedaços de biofilme, os quais são mais densos e compactos. Além disso, o próprio reactor funciona como um filtro, retendo matéria e sólidos no seu interior. [6]

Os resultados das percentagens de incumprimento das licenças de descarga são mais do que um simples apanhado das eficiências de remoção dos parâmetros que essas licenças contabilizam. Por outras palavras, estes resultados não devem ser vistos como uma consequência directa entre “maiores eficiências de remoção -> menores percentagens de incumprimento das licenças de descarga” pelo seguinte motivo: a eficiência de remoção de um determinado parâmetro num ETAR contabiliza os valores medidos à entrada e à saída desta, não apenas à saída. Assim, conclui-se que, ao contrário das eficiências de remoção que olham para o “quanto se reduziu”, as percentagens de incumprimento das licenças de descarga reflectem o grau de concordância com a legislação aplicável. Neste aspecto, a ETAR de Esposende registou o melhor desempenho, enquanto a ETAR de Vila Meã foi a pior.

Da tabela 13 lê-se que, em 2008, o tratamento das lamas geradas na ETAR de Esposende consumiu mais água – embora menos energia – do que a que foi consumida no tratamento das suas águas residuais. Os maiores consumos de água contabilizados na ETL são devidos, em grande parte, à água usada continuamente na lavagem da tela do filtro de

banda. É irónico que a unidade de desidratação seja provavelmente a maior consumidora de água no sistema de Esposende.

Seria interessante comparar os consumos de água e de energia, discriminados por tratamento de águas residuais e por tratamento de lamas, nos sistemas em estudo. Tal não foi levado a cabo porque a documentação da Empresa respeitante às ETAR de S. Gonçalo e de Vila Meã não especifica esta informação por linha de tratamento.

Os resultados do cálculo dos indicadores de influência ambiental (tabela 15) mostram que, em comparação com as ETAR de Amarante, os tratamentos ocorridos no sistema de Esposende foram responsáveis por um maior consumo de água, de energia e de gásóleo, por metro cúbico de água residual tratada. O mesmo aconteceu em relação à produção de gradados e areias, de lamas húmidas, de resíduos perigosos e às emissões de dióxido de carbono. Em suma, os resultados obtidos indicam que o sistema de Esposende, por cada metro cúbico de AR tratada, consumiu mais recursos naturais, produziu mais resíduos e emitiu mais poluentes do que as estações de Amarante.

Tais conclusões não são surpreendentes se se tiver em conta, entre outras coisas, que:

- Ao contrário das ETAR de S. Gonçalo e de Vila Meã, que tratam as suas lamas internamente, a ETAR de Esposende “exporta” as lamas que gera para a ETL, consumindo-se neste processo elevadas quantidades de gásóleo;
- Na ETAR de Esposende, devido à sua localização geográfica, são várias as ocorrências de infiltrações de areias, o que explica, em parte, as grandes quantidades de materiais de natureza arenosa retidos à entrada da estação;
- As emissões de CO₂ estão relacionadas com os consumos de energia e de gásóleo. Justifica-se, assim, o porquê do sistema de Esposende ter emitido mais dióxido de carbono, por cada metro cúbico de AR tratada, do que as ETAR de Amarante;

Não se conseguiu explicar o porquê da ETAR de Esposende, em comparação com a ETAR de S. Gonçalo, produzir mais lamas e da ETL consumir mais polielectrólito. Na realidade, os resultados obtidos contrariam o que seria expectável porque, em comparação com ETAR que operam por lamas activadas com arejamento convencional, as ETAR que recorrem ao arejamento prolongado produzem menores volumes de lamas. Por este motivo, esta incongruência merece especial atenção, sugerindo-se que a Empresa dedique um olhar atento a esta questão.

Quando se comparam os resultados dos indicadores de influência ambiental medidos para as ETAR de Amarante (tabela 15), verifica-se que as maiores discrepâncias estão ao nível do volume dos consumos energéticos, das lamas produzidas e da quantidade de afluente bruto não tratado devido a *bypass*.

A ETAR de Vila Meã consome menos energia do que a ETAR de S. Gonçalo, por cada metro cúbico de água residual tratada, principalmente por não haver fornecimento de oxigénio ao leito percolador (ao contrário do que acontece nos sistemas de lamas activadas, onde é fornecido o oxigénio necessário para que os microrganismos metabolizem a matéria orgânica) e pela desidratação das lamas ser feita em leitos de secagem (não se utilizando um filtro de banda, como acontece na ETAR de S. Gonçalo).

Precisamente por operar por lamas activadas e não por leitos percoladores, a ETAR de S. Gonçalo produz mais lamas do que a ETAR de Vila Meã.

Relativamente ao *bypass*, o facto da ETAR de S. Gonçalo operar muitas vezes acima das suas capacidades explica o porquê das descargas de efluente não tratado serem muito mais significativas do que em Vila Meã.

Embora se admita que, devido a erros de medição, más calibrações, pressupostos mal assumidos, etc., os indicadores calculados não são exactos/precisos, pensa-se que o seu âmbito é suficientemente grande para abranger e transmitir uma boa imagem daquilo que se passa nos sistemas estudados.

Os resultados das medições dos indicadores de valor são sempre inferiores no caso de Esposende, verificando-se exactamente o oposto para todos os indicadores de influência ambiental medidos neste sistema. A combinação destes dois factores, tendo em conta a equação (1), fez com que os rácios de eco-eficiência calculados para este sistema fossem sempre os mais baixos (tabelas 17 e 18). Conclui-se assim que, quer em termos económicos, quer em termos ambientais, o desempenho do sistema de Esposende foi o pior dos três casos estudados. Dito de outra forma, o sistema de Esposende foi, em 2008, o menos eco-eficiente. É importante, no entanto, não esquecer que este sistema foi o único que não registou descargas de efluente bruto por *bypass*.

À estação de Vila Meã estão associados os maiores rácios respeitantes ao consumo de energia, ao volume de lamas húmidas geradas, às emissões de dióxido de carbono e ao volume de efluente bruto descarregado sem tratamento (não esquecendo que nesta ETAR não é consumido polielectrólito na fase de desidratação das lamas, o que equivale a dizer que nesta ETAR não é contabilizada massa de resíduos perigosos). Por seu lado, e em

comparação com a estação de Vila Meã, a ETAR de S. Gonçalo é mais eco-eficiente nos itens consumo de gásóleo e massa de gradados e areias recolhida. Com base nestas informações, parece possível afirmar-se que a ETAR de Vila Meã foi, em 2008, mais eco-eficiente do que a ETAR de S. Gonçalo.

Apesar das conclusões tiradas, desconhece-se, por não se ter feito um estudo de *benchmarking*, o “verdadeiro nível” de eco-eficiência dos sistemas analisados. Por outras palavras, não há informação suficiente que permita classificar os três sistemas estudados como sendo, ou não, muito eco-eficientes. Pode-se, no máximo, especular sobre o grau de eco-eficiência destes sistemas, o qual não se perspectiva muito elevado, tendo presente, por exemplo, o facto de na ETAR de S. Gonçalo se ter feito *bypass* a quase 3 700 m³ de afluente não tratado, do sistema de Esposende ter gerado enormes quantidades de lamas e das eficiências de remoção de CBO₅ e de CQO terem sido bastante baixas na ETAR de Vila Meã.

Recorrendo novamente à equação (1), verifica-se que existem três opções para se aumentar o valor dum rácio de eco-eficiência: a primeira consiste em aumentar o numerador da equação (indicador de valor), mantendo o denominador (indicador de influência ambiental) inalterado; a segunda passa por diminuir o denominador, mantendo o numerador inalterado e a terceira por simultâneamente aumentar o numerador e diminuir o denominador. [3]

O caminho a percorrer para melhorar a eco-eficiência dos casos de estudo parece passar pela segunda opção, isto é, pelo desenvolvimento de medidas que possam contribuir para uma diminuição dos Impactes Ambientais Negativos associados a estes sistemas. Só deste modo é que os valores dos indicadores de influência ambiental poderão diminuir. No decorrer deste propósito foi desenvolvido o capítulo 6.

6. ESTRATÉGIAS DE MELHORIA PARA OS SISTEMAS ESTUDADOS

Este capítulo tem como objectivo compilar ideias e medidas que, ao serem postas em prática, possam ajudar os sistemas de Amarante e de Esposende a diminuir o consumo de recursos naturais, a produção de resíduos e a emissão de poluentes. É, no entanto, reconhecida a possibilidade de tais sugestões não serem viáveis economicamente. Uma vez que esta vertente não foi abordada (por ultrapassar o âmbito deste capítulo/trabalho), sugere-se a realização futura de um estudo do tipo “custo-benefício” sobre as medidas apresentadas, o qual permitirá conhecer o seu verdadeiro potencial.

O facto de muitas das medidas propostas neste capítulo fazerem parte do *Reference Document on Best Available Techniques (BREF) in Common Waste Water and Waste Gas Treatment* [22] é uma garantia de como são tecnicamente viáveis. No entanto, algumas sugestões apresentadas (por exemplo, em relação aos tanques de retenção para combater o problema do bypass) não constam neste *BREF*, o que não significa que sejam tecnicamente inviáveis.

O conjunto das medidas propostas foi pensado e elaborado depois de visitadas as três ETAR e a ETL, após o levantamento dos AAS associados a estes sistemas e depois de calculados e analisados todos os indicadores e rácios desenvolvidos neste trabalho. Importa referir que a maioria das propostas apresentadas tem um carácter genérico, pelo que poderão ser aplicadas a outras ETAR, recomendando-se, igualmente, a realização prévia de um estudo que vise a viabilidade das suas aplicações.

Porque os meios, sejam eles humanos, financeiros, técnicos, etc., não são infinitos é importante definir prioridades sobre as áreas que necessitam de intervenção. Aquando do desenvolvimento das ideias e medidas que se apresentam neste capítulo, tentou-se sempre que as mesmas fossem capazes de actuar nos pontos onde os indicadores de eco-eficiência medidos sugerem haver falhas/margem para melhorias. É claramente uma vantagem o facto de grande parte dos indicadores de eco-eficiência estudados abrangerem os AAS actuais nos três sistemas, sob condições operatórias normais. Por este motivo, todas as medidas que conduzam a uma diminuição dos valores dos indicadores de influência ambiental medidos neste trabalho contribuem directamente para a melhoria do Sistema de Gestão Ambiental da Empresa.

Como ponto de partida, optou-se por refazer referência ao princípio no qual a avaliação do desempenho ambiental se baseia: “só se pode gerir o que se pode medir”. [21]

É fundamental que a Empresa colmate as falhas que apresenta a este nível, como no caso da ausência de informação relativa aos consumos de água na ETAR de Vila Meã em 2008.

Ainda nesta área, sugere-se que a Empresa inicie um programa de medição dos consumos de água e de energia em cada órgão de tratamento, em cada ETAR. Igualmente interessante seria começar a estudar-se, em cada ETAR, a eficiência de remoção de SST do decantador secundário, assim como as eficiências de remoção de CBO₅, de CQO, de fósforo total e de azoto total do(s) reactor(es) biológico(s). Se tal se concretizasse, alguns dos indicadores de influência ambiental desenvolvidos neste trabalho poderiam ser aplicados a órgãos de tratamento específicos, e não apenas a ETAR como um todo.

Era importante instalar em cada ETAR um desgordurador que permitisse reter parte das gorduras que actualmente são despejadas nos meios hídricos receptores. Como nota, importa referir que a ETAR de Esposende é dotada deste equipamento que, no entanto, não funciona devido a falhas técnicas.

A aposta em acções de formação e de sensibilização ambiental destinadas à população atendida por estas ETAR pode ser um meio para reduzir as quantidades de gradados retidos à entrada das mesmas.

Um triturador certamente diminuiria o volume ocupado por esses gradados, retardando o tempo que um contentor demora actualmente a encher. Assim, menos contentores seriam esvaziados por ano e, conseqüentemente, menos gasóleo seria consumido neste processo.

De modo a garantir as condições normais de funcionamento de todos os equipamentos, era desejável que a Empresa procedesse à manutenção e revisão periódica de todas as máquinas e veículos afectos às ETAR. Deste modo, os consumos de energia e de gasóleo provavelmente diminuiriam, o que também se traduziria em menores emissões de CO₂.

Com o objectivo de combater o problema do *bypass* nas ETAR de Amarante, talvez se pudessem dotar estas estações de um ou mais tanques de retenção de afluente não tratado. Esse afluente seria encaminhado para os órgãos de tratamento sempre que existissem “folgas” para tal.

Alguns metros cúbicos descarregados sem tratamento são explicados com a paragem das ETAR devido a obras ou manutenções. Caso estas paragens sejam planeadas e comunicadas com antecedência, estes Impactes podem ser minimizados.

Sugere-se um estudo que vise a possibilidade da montagem de um coberto nos decantadores primários e secundários, nos tanques de arejamento e nos leitos de secagem das lamas. Cada coberto deverá impedir a mistura de águas pluviais com águas residuais, ou lamas, como actualmente acontece na ETAR de Vila Meã. Essas estruturas deverão, no entanto, permitir a passagem de luz natural. Mais ainda, pensa-se que a sua instalação deverá ser feita alguns metros acima dos órgãos referidos, de modo a não prejudicar a circulação de ar. Com esta ideia objectiva-se combater parte do problema do *bypass* e aumentar a eficiência de desidratação das lamas geradas e tratadas na ETAR de Vila Meã.

A ETAR de S. Gonçalo descarrega o efluente tratado numa zona sensível, contrariando o Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22 de Junho, que obriga que nestes casos o efluente seja sujeito a tratamentos de afinação. Sugere-se que a Empresa rectifique esta situação, recorrendo, por exemplo, à desinfecção por ozono. [23]

Comparativamente à utilização de cloro, o recurso à ozonização no tratamento de águas residuais urbanas apresenta vantagens significativas do ponto de vista ambiental, que decorrem do facto de não se formarem produtos residuais tóxicos e por contribuir para o enriquecimento do meio em oxigénio. A grande vantagem da ozonização neste caso em concreto é a possibilidade de se recircular o efluente tratado (rico em oxigénio) para a zona aeróbia do reactor biológico, esperando-se com isto reduzir a factura energética. Sugere-se um estudo que analise a viabilidade desta ideia.

Foram identificadas duas soluções para diminuir os consumos de água nas ETAR. Caso apresente qualidade para tal, obedecendo às condições definidas pelo Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, o efluente tratado pode ser usado para rega ou para lavagens de equipamentos, contentores, pavimentos, etc. [4]

O processo de tratamento ocorrido na ETL é visivelmente insustentável, recebendo a estação uma muito maior quantidade de lamas do que seria desejável. Essas lamas são maioritariamente resultado de processos biológicos do tipo lamas activadas com arejamento prolongado. Por este motivo, já se encontram bastante estabilizadas à saída das ETAR onde são geradas. Tendo em conta que a produção de biogás é função dos sólidos voláteis biodegradáveis (a relação é de aproximadamente 0,75 a 1,15 m³ de biogás por cada kg de sólidos voláteis destruídos [6]) e que estes sólidos são de difícil degradação no caso das

lamas que a ETL recebe, a quantidade de biogás produzida é mínima, não sendo rentável o seu aproveitamento.

Actualmente, as lamas são depositadas nos digestores primários onde, naturalmente, embora em pequena escala, são digeridas anaerobiamente. O biogás que se forma é libertado, sem qualquer tipo de tratamento, na atmosfera. Mesmo que se opte pelo não aproveitamento do biogás, sugere-se a sua queima porque em termos ambientais esta solução é menos prejudicial do que o cenário que se verifica actualmente. [6]

Na unidade de desidratação da ETL são utilizados um filtro de banda e uma centrífuga. O filtro foi instalado como solução à incapacidade da centrífuga em desidratar todas as lamas encaminhadas para a ETL. Embora consuma pouca energia, o filtro de banda é responsável por enormes consumos de água. Esta água, utilizada continuamente na lavagem da tela do filtro, é encaminhada, juntamente com alguma lama, para a ETAR de Esposende. Sugere-se a instalação de um equipamento que impeça as lamas de serem enviadas de volta à ETAR.

Sugere-se ainda um estudo que avalie o potencial de tratamento por compostagem das lamas transportadas para a ETL. Tudo indica que esta hipótese seja uma boa solução neste caso em concreto, até porque parece existir espaço físico e lamas em volume suficiente para a instalação de uma central de compostagem no local.

O método pensado, que não passa disso mesmo, consiste no seguinte: as lamas seriam misturadas e compactadas à entrada da ETL. Passariam, de seguida, para a unidade de desidratação onde seria reduzido o seu teor em humidade. Tendo em conta que grande parte das lamas em questão são resultado de processos biológicos do tipo lamas activadas com arejamento prolongado (estando já bastante estabilizadas) talvez fosse possível saltar-se a etapa da digestão. Esperar-se-ia, com isto, manter a carga orgânica presente nas lamas, a qual é fundamental para uma boa compostagem. Se o processo de compostagem aeróbia fosse bem concebido e controlado as lamas seriam eficazmente estabilizadas e os organismos patogénicos eliminados, sendo o resultado final desta operação um produto estável e manuseável, de possível comercialização. As principais vantagens da implementação de uma central de compostagem seriam a redução da factura energética relativa ao tratamento das lamas, assim como a produção de um composto que poderia ser comercializado (em alternativa ao pagamento dos custos de *outsourcing*, os quais correspondem a 26 euros por cada tonelada de lamas secas recolhidas na ETL).

Sugere-se que a Empresa reflecta sobre o modo como as lamas geradas na ETAR de S. Gonçalo são digeridas. Não são apresentadas medidas alternativas à situação actual porque se desconhece totalmente a eficiência do processo de tratamento destas lamas.

Sempre que, por qualquer motivo, a alimentação de energia eléctrica é cortada às ETAR estas fazem *bypass* ao efluente bruto e descarregam as lamas directamente nos meios hídricos. Esta gravíssima situação seria facilmente solucionada se fossem instalados sistemas de geradores que permitissem o normal funcionamento das ETAR sempre que ocorressem estas situações pontuais.

7. CONCLUSÕES

Este trabalho atingiu o principal objectivo a que se propôs, isto é, foi desenvolvido um conjunto de indicadores de eco-eficiência capazes de integrarem o Sistema de Gestão Ambiental da Águas do Ave, S.A.

Tal como recomenda o *WBCSD*, foi utilizada a Norma ISO 14031 no processo de selecção dos indicadores. Foram desenvolvidos oito indicadores de influência ambiental e dois indicadores de valor. Foram também construídos outros cinco indicadores de desempenho que, ao que se julga, podem ser úteis à Gestão Ambiental da Empresa.

Todos os indicadores desenvolvidos têm a particularidade de poderem ser aplicados a qualquer ETAR, independentemente da sua localização geográfica ou modo de operação.

Optou-se pela aplicação dos indicadores de eco-eficiência às ETAR de S. Gonçalo e de Esposende por serem as duas maiores ETAR sob exploração da Águas do Ave, S.A. (quer em termos de caudal afluente, quer em termos de população servida). A pedido da Empresa, foi também analisada a ETAR de Vila Meã.

Os resultados obtidos foram discutidos, maioritariamente, em termos de eco-eficiência. Com base nos indicadores e rácios de eco-eficiência calculados, verificou-se que o sistema de Esposende foi, em 2008, menos eco-eficiente do que as ETAR de Amarante. No mesmo período de tempo, a ETAR de Esposende foi, no entanto, a única estação que não registou descargas de efluente bruto por *bypass*. Concluiu-se ainda que dos três sistemas a ETAR de Vila Meã foi a mais eco-eficiente.

Apesar de não se ter feito um estudo de *benchmarking*, pensa-se que o nível de eco-eficiência dos sistemas estudados não é muito elevado devido às várias deficiências verificadas nestas infra-estruturas, quer ao nível da linha de tratamento da fase líquida, quer ao nível do tratamento da fase sólida.

Concluiu-se também que o melhor caminho a percorrer para melhorar a eco-eficiência dos sistemas estudados parece passar pelo desenvolvimento de medidas que levem a uma diminuição dos Impactes Ambientais Negativos. Neste sentido, algumas propostas foram apresentadas, realçando-se, por exemplo, a construção de tanques de retenção de afluente não tratado para combater o problema do *bypass*; a queima do biogás na ETL; e a instalação de geradores, de modo a permitir que as infra-estruturas operem normalmente sempre que a energia eléctrica é cortada.

8. UMA ÚLTIMA PALAVRA

Para mim, este último ano lectivo tem sido o melhor desde que me lembro. Comecei por viajar rumo à Holanda em Agosto de 2008, país onde vivi e estudei durante meio ano. Adorei.

Quando regresssei ao Porto, em Março de 2009, e depois de uma breve reunião com o Professor Carlos Costa, apresentei-me na Empresa. Lembro-me de ter ficado admirado com as instalações da mesma e do modo simpático como fui recebido.

O balanço final do meu estágio é claramente positivo. Do ponto de vista académico, ajudou-me a consolidar alguns conhecimentos e conceitos que estavam algo soltos dentro da minha cabeça.

Experimentei uma nova realidade, onde os telefones não param de tocar e onde as pessoas não podem faltar às suas obrigações “só porque está a chover”.

Foi bom ter conhecido tanta gente. Lembro-me de algumas conversas interessantes que tive na zona dos fumadores da Empresa, nalguns almoços, nas viagens de autocarro de Guimarães para o Porto, etc.

Deixo aqui um obrigado a todos aqueles que me ajudaram na realização deste trabalho, não agradecendo pessoa a pessoa sob o risco de, tão injustamente, me esquecer de alguém.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pinto, A., *Sistemas de Gestão Ambiental, Guia Para a Sua Implementação*. 1ª ed. 2005: Edições Sílabo.
2. WBCSD, *a eco-eficiência, criar mais valor com menos impacto*; Agosto de 2000.
3. WBCSD, *medir a eco-eficiência, um guia para comunicar o desempenho da empresa*; Junho 2000.
4. *Lei da qualidade da água, Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto*.
5. Simões, C., I. Rosmaninho, and A. Henriques, *Guia para a Avaliação de Impacte Ambiental de Estações de Tratamento de Águas Residuais*; Novembro de 2008.
6. Metcalf & Eddy, I., *Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse* 4ª ed.
7. *Documento Interno, Plano de Gestão Ambiental, gabinete da qualidade*; 2008.
8. *Documento Interno, Manual do SIQAS, gabinete da qualidade*; 2008.
9. *Documento Interno, Procedimento Geral Para a Identificação e Avaliação dos Aspectos Ambientais, gabinete da qualidade*; 2008.
10. *Documento Interno, Procedimento Operacional: Metodologia Para a Identificação e Avaliação dos Aspectos Ambientais, gabinete da qualidade*; 2008.
11. *Documento Interno, Licença de utilização dos recursos hídricos para descarga de águas residuais, ETAR de S. Gonçalo; n.º 48/2008*.
12. *Documento Interno, Caracterização da ETAR de S. Gonçalo*; 2008.
13. *Documento Interno, Matriz dos Aspectos Ambientais da ETAR de S. Gonçalo*; 2008.
14. *Documento Interno, Licença de utilização dos recursos hídricos para descarga de águas residuais, ETAR de Esposende; N.º 196/2007*.
15. *Documento Interno, Caracterização da ETAR de Esposende*; 2008.
16. *Documento Interno, Caracterização da ETL*; 2008.
17. *Documento Interno, Matriz dos Aspectos Ambientais da ETAR de Esposende e da ETL*; 2008.
18. *Documento Interno, Licença de utilização dos recursos hídricos para descarga de águas residuais, ETAR de Vila Meã; N.º 50/2008*.
19. *Documento Interno, Caracterização da ETAR de Vila Meã*; 2008.
20. *Documento Interno, Matriz dos Aspectos Ambientais da ETAR de Vila Meã*; 2008.
21. *Avaliação do Desempenho Ambiental, ISO 14031:1999*.
22. UE, *Reference Document on Best Available Technologies for the Waste Treatments Industry*; 2006.
23. *Tratamento de águas residuais urbanas, Decreto-Lei n.º 149/2004 de 22 de Junho*.

ANEXO

Abordagem geral de um Sistema de Gestão Ambiental segundo a Norma ISO 14001

Este subcapítulo diz respeito ao modo como decorre a implementação e manutenção de um SGA segundo a Norma ISO 14001:2004 porque a Gestão Ambiental da Águas do Ave, S.A. baseia-se na aplicação desta Norma. O modelo de SGA segundo a Norma ISO 14001 é um processo cíclico de melhoria contínua do desempenho ambiental da organização, em que esta revê e avalia o seu SGA periodicamente, de modo a identificar oportunidades de melhoria. As principais etapas de estabelecimento e melhoria de um SGA estão esquematizadas na figura 9.

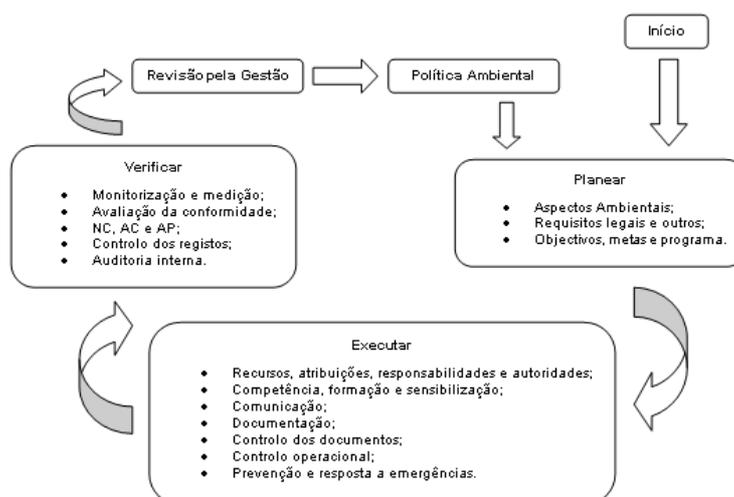


Fig. 9 – Principais etapas para o estabelecimento e melhoria de um Sistema de Gestão Ambiental segundo os requisitos da Norma ISO 14001. Figura adaptada de [1].

O ciclo inicia-se com a definição da **Política Ambiental**, sendo esta etapa conhecida como a “força de arranque” para a implementação e melhoria de um SGA. A Política Ambiental deve definir, de forma clara, as directrizes do sistema, reflectindo o compromisso da Gestão de Topo, e servir de guia ao estabelecimento dos objectivos e metas. [1]

A próxima etapa consiste no **Planeamento**, o que ajuda a organização a conhecer o seu desempenho ambiental, a traçar objectivos e metas e a estabelecer programas para os atingir. O planeamento divide-se em três fases:

- Aspectos Ambientais (AA) – a organização deve assegurar a existência de procedimentos para identificar os AA associados às suas actividades, produtos e serviços, assim como determinar os Aspectos que têm, ou podem ter, Impactes Significativos sobre o Ambiente. Importa aqui definir Aspectos Ambientais, Aspectos Ambientais Significativos (AAS) e Impactes Ambientais (IA): um AA é um qualquer elemento das actividades, produtos ou serviços da organização que possa interagir com o Ambiente; um AAS é um qualquer Aspecto que tem, ou pode ter, um Impacte Significativo no Ambiente; um IA é uma qualquer alteração no Ambiente, adversa ou benéfica, resultante total ou parcialmente, das actividades, produtos ou serviços da organização; [1]
- Requisitos legais e outros requisitos – a organização deve garantir a existência de procedimentos para facilitar a identificação e o acesso aos requisitos legais e outros aplicáveis; [1]
- Objectivos, metas e programas – a organização deve estabelecer objectivos e metas (os quais devem ser mensuráveis e estar de acordo com a Política Ambiental), documentados a todos os níveis e funções. A designação das responsabilidades, dos meios e dos prazos de realização são indispensáveis. [1]

Depois do **Planeamento** surge a fase de **Implementação e Operação (Execução)**, a qual se divide em sete pontos:

- Recursos, atribuições, responsabilidades e autoridades – a Gestão de Topo deve garantir a disponibilidade dos recursos indispensáveis (sejam estes humanos, aptidões específicas, infra-estruturas, etc.) ao bom funcionamento do SGA. As atribuições, responsabilidades e autoridades devem ser também definidas pela Gestão de Topo, sendo depois documentadas e comunicadas internamente; [1]
- Competência, formação e sensibilização – a organização deve assegurar que os colaboradores que executam tarefas com potencial para causar Impactes Ambientais Significativos (IAS) são competentes com base numa adequada escolaridade, formação ou experiência. Deve também identificar as necessidades de formação associadas aos seus AA e ao seu SGA. Em relação à sensibilização, a organização deve garantir que os seus colaboradores estão cientes da importância das conformidades em relação à poluição ambiental, aos procedimentos e requisitos do Sistema, aos AAS, etc; [1]

- Comunicação – a organização deve assegurar a existência de procedimentos para comunicar internamente os seus AA, assim como receber, documentar e responder a comunicações de partes interessadas externas. A organização deve ainda decidir sobre a comunicação externa dos seus AAS, documentando a sua decisão; [1]
- Documentação – os documentos são, geralmente, estruturados em quatro níveis:
 1. Manual de Gestão Ambiental – descreve a organização, os processos e o Sistema. Deve ser aprovado pela Gestão de Topo e incluir os objectivos, as metas e as responsabilidades; [1]
 2. Procedimentos – dividem-se em procedimentos sistémicos e em procedimentos operacionais. Os procedimentos sistémicos dizem respeito à metodologia de actuação que a organização estabeleceu, mediante o cumprimento dos requisitos do referencial adoptado. Os procedimentos operacionais desenvolvem e detalham os procedimentos sistémicos, de modo a que não surjam dúvidas sobre o modo de como estes actuam; [1]
 3. Instruções de trabalho – documentos pragmáticos que descrevem detalhadamente o modo como decorre uma determinada actividade. Exemplos deste tipo de documentos são os manuais técnicos e as instruções de operação; [1]
 4. Registos – documentos que compilam informações relativos aos resultados das actividades. Exemplos de registos são os relatórios de auditorias e comunicações internas. [1]
- Controlo dos documentos – a organização deve assegurar a existência de procedimentos para aprovar a adequação dos documentos antes da sua emissão. Deve também ser garantido que os documentos da organização estão disponíveis a todos os colaboradores. O uso involuntário de documentos obsoletos deve ser prevenido; [1]
- Controlo operacional – a organização deve assegurar a existência de procedimentos para controlar as situações nas quais a sua inexistência poderia conduzir a desvios da Política Ambiental, objectivos e metas; [1]
- Preparação e capacidade de resposta a emergências – a organização deve assegurar a existência de procedimentos para identificar situações de emergência e potenciais acidentes, assim como para responder a essas situações. [1]

Verificação: concluídas as etapas do planeamento e da implementação, é necessário verificar a conformidade do Sistema com os objectivos e metas estabelecidos. Esta fase divide-se em cinco pontos:

- Monitorização e medição – a organização deve assegurar a existência de procedimentos para monitorizar as suas principais operações que possam ter um Impacte Ambiental Significativo; [1]
- Avaliação da conformidade – a organização deve assegurar a existência de procedimentos para avaliar, periodicamente, a conformidade do Sistema com os requisitos legais e outros requisitos; [1]
- Não conformidades: acções correctivas e acções preventivas – a organização deve assegurar a existência de procedimentos para “tratar” as não conformidades, reais e potenciais, e para implementar acções correctivas e preventivas. Estes procedimentos devem ainda averiguar as causas das não conformidades, assim como registar a eficácia da implementação das acções desenvolvidas; [1]
- Controlo dos registos – a organização deve garantir a existência de procedimentos para a identificação, armazenamento, protecção e eliminação dos registos; [1]
- Auditoria interna – em qualquer SGA é necessário efectuar uma inspecção periódica e rigorosa do cumprimento dos procedimentos, métodos e práticas de trabalho, etc., com vista à avaliação da eficácia do Sistema e da sua conformidade em relação aos requisitos do referencial adoptado. O controlo e a avaliação de forma sistemática facilitam a detecção oportuna das falhas, tornando possível actuar proactivamente sobre as suas causas. A selecção dos auditores e a realização das auditorias devem ser objectivas e imparciais. [1]

A última etapa da figura 9 consiste na **Revisão pela Gestão**. Aqui, compete à Gestão de Topo analisar, rever e corrigir o que não correu de forma prevista e estabelecer novos (de preferência mais ambiciosos) objectivos e metas. As entradas para as revisões pela Gestão incluem, entre outros, os resultados das auditorias e avaliações de conformidades com os requisitos legais e outros requisitos, as comunicações de partes interessadas externas, o desempenho ambiental da organização e o grau de cumprimento dos objectivos e metas. Os resultados das revisões pela Gestão incluem, normalmente, decisões e acções relativas a possíveis alterações da Política Ambiental, dos objectivos e metas do SGA, em coerência com o compromisso de melhoria contínua. [1]