



Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

# **Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais**

João Pedro Correia Serrenho

Leiria, *Junho 2018*



Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

# **Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais**

João Pedro Correia Serrenho

Projeto de Mestrado realizado sob a orientação da Doutora Judite dos Santos Vieira, Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação da Doutora Helena Pala Dias de Sousa, Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, *Junho 2018*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Dedicatória

**Este trabalho é dedicado aos meus pais, Isabel e Paulo.**

Estou eternamente agradecido a vós por tudo o que fizeram por mim. Desde sempre, duas pessoas muito especiais foram-me transmitindo a sua mensagem. Mediante todo o esforço que foram tendo até aos dias de hoje, quero deixar neste espaço uma mensagem de profundo agradecimento e dizer, “o vosso esforço não foi em vão”. Chego assim ao fim de mais uma etapa e bem difícil foi, mas hoje podemos estar tranquilos porque aquilo que sempre sonhei foi conseguido.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Agradecimentos

Quero agradecer a todas as pessoas que ao longo destes últimos tempos me ajudaram e que tornaram possível este sonho!

Quero agradecer às minhas orientadoras, Professora Doutora Helena Pala Dias de Sousa e Professora Doutora Judite dos Santos Vieira, por todos os seus ensinamentos, pelos seus conselhos, sugestões, disponibilidade, confiança e persistência que ao longo deste tempo sempre me transmitiram, acreditando sempre na conclusão deste projeto.

Ao Eng.º Pedro Henninger, que desde sempre, me ajudou e colaborou na recolha de informação e organização de trabalho, para que este projeto se pudesse concretizar.

Ao Eng.º Frederico Ferreira, pelo seu tempo e apoio a efetuar as medições necessárias para a realização deste estudo.

Ao Eng.º Paulo Ferreira, pela ajuda e interesse na realização deste estudo, permitindo a disponibilização dos meios para o fazer.

À Eng.ª Eunice Cortês, pela sua simpatia, pelo seu empenho, disponibilidade e contribuição para que este projeto fosse realizado na empresa Águas do Oeste S.A.

À Administração da empresa Águas do Oeste S.A. pela oportunidade e consentimento na realização deste trabalho.

A todos os professores que contribuíram para que o meu enriquecimento profissional e pessoal fosse engrandecido.

Não poderia deixar uma palavra de enorme agradecimento aos meus amigos, Adelino Nabais e Susana Pires pela sua amizade e motivação que me transmitiram para conseguir este objetivo.

Aos meus colegas e amigos de trabalho pela sua compreensão e incentivo na realização dos objetivos a que me propus durante o desenrolar deste projeto.

Ao meu grande amigo João Morgado por estar sempre presente e pela força que me transmitiu para atingir mais esta meta.

À minha namorada Patrícia, pelo amor, incentivo e presença, os quais foram imprescindíveis para a concretização deste feito.

À minha Avó Fernanda pela dedicação, amor e pela mensagem que me passou durante a sua vida. Sabedoria e aprendizagem que me tornaram um ser humano melhor e mais fiel aos meus sonhos e convicções.

Aos meus pais, Paulo e Isabel que me apoiaram nos bons, maus momentos e que preencheram todo o percorrer desta caminhada, no qual estou eternamente agradecido.

Com o término desta fase, é da minha parte obrigatória agradecer a todos os que percorreram este caminho comigo, a todos os que tornaram, direta e indiretamente, possível a execução deste projeto.

Sem vocês, não seria possível, um bem-haja a todos.

**Muito obrigado!**

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Resumo

Nos últimos anos, as empresas do grupo Águas de Portugal, devido às limitações impostas pelos diversos orçamentos de estado, tiveram que laborar com um conjunto de cortes orçamentais, quer ao nível financeiro, quer ao nível de recursos humanos disponíveis, para assegurar a qualidade de serviço.

De modo a garantir a sua sustentabilidade, as entidades gestoras têm promovido o *benchmarking* e preconizado projetos que visam uma gestão equilibrada das suas estações de tratamento de águas residuais, tendo em consideração as infraestruturas e os recursos humanos disponíveis.

O presente trabalho tem como objetivo apoiar o grupo, especificamente a empresa Águas do Tejo Atlântico S.A., na tomada de decisões, tendo em conta a avaliação e otimização de algumas das suas infraestruturas, nomeadamente as ETAR de Óbidos, Carregal e Charneca. O procedimento baseou-se no cálculo de indicadores de desempenho que permitissem verificar o estado das instalações e avaliação da eficiência de órgãos e equipamentos de cada instalação por forma a propor soluções capazes de garantir a qualidade do serviço prestado, aumentando a eficiência dos processos de tratamento e minimizando o consumo energético das instalações.

A ETAR de Óbidos dispõe de um tanque Imhoff, que apresenta uma elevada eficiência; e de um leito percolador, que apresenta reduzidas taxas de remoção. A ETAR do Carregal evidencia algumas variações no seu funcionamento, devido às baixas relações de CBO<sub>5</sub>/CQO. Esta instalação não tem capacidade para tratar a quantidade de lamas que produz. A ETAR da Charneca apresenta uma capacidade de tratamento elevada, associada a um consumo energético reduzido; a eficiência do processo pode ser melhorada se se verificar o aumento da biodegradabilidade dos afluentes a esta instalação.

As soluções propostas consideram a possibilidade da ETAR da Charneca construída mais recentemente possa receber os efluentes das ETAR de Óbidos e Carregal, promovendo maior desempenho operacional no processo de tratamento e aproveitando a capacidade e qualidade de tratamento dos afluentes nessa instalação. A implementação desta solução está associada a um valor de investimento residual, que para além de promover uma laboração mais eficiente e menos dispendiosa, permite que possa ser revertida no futuro, sem investimento associado. Adicionalmente propõe-se a instalação de um sistema fotovoltaico em regime de autoconsumo, com o objetivo de aumentar a eficiência energética e ambiental na instalação mais recente.

As soluções propostas são tecnicamente viáveis e estão alinhadas com a estratégia operacional preconizada pela administração, pelo que se prevê que, em breve, seja testada pela empresa.

*Palavras-chave: Águas residuais, Indicadores, Consumo energético, Otimização, Autoconsumo*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## **Abstract**

In the past years, companies from the group Águas de Portugal have undergone some changes in financial management, due to the limitation imposed by the state budgets, resulting that these same companies had to work with a set of budget cuts, both financially and at the level of human resources available to ensure quality of service.

To guarantee their sustainability, the management entities have promoted benchmarking and recommended projects that aim at a balanced management of their wastewater treatment plants, considering the infrastructures and available human resources.

The present work aims to support the group, specifically the Águas do Tejo Atlântico S.A. company, in decision making, considering the evaluation and optimization of some of its infrastructures, namely the Óbidos, Carregal and Charneca WWTP. The procedure was based on the calculation of performance indicators that allowed to verify the state of the facilities and evaluation of the efficiency of organs and equipment of each facility to propose solutions capable of guaranteeing the quality of the service provided, increasing the efficiency of the treatment processes and minimizing the energy consumption of the facilities.

The Óbidos WWTP has an Imhoff tank, which has a high efficiency; and of a trickling filter, which presents reduced rates of removal. The Carregal WWTP evidences some variations in its operation due to the low CBO5 / COD ratio. This facility is not capable of treating the amount of sludge it produces. The Charneca WWTP presents a high treatment capacity associated with a reduced energy consumption; the efficiency of the process can be improved if there is an increase in the biodegradability of the tributaries to this installation.

The proposed solutions consider the possibility of the more recently built Charneca WWTP to receive the effluents from Óbidos and Carregal WWTP, promoting greater operational performance in the treatment process and taking advantage of the capacity and quality treatment of the tributaries in that facility. The implementation of this solution is associated with a residual investment value, which in addition to promoting more efficient and less expensive labor, allows it to be reversed in the future without associated investment. In addition, it is proposed to install a photovoltaic system in a self-consumption regime, with the aim of increasing energy and environmental efficiency in the most recent installation.

The proposed solutions are technically feasible and are in line with the operational strategy recommended by management and are expected to be tested by the company soon.

Keywords: Waste water, Indicators, Energy consumption, Optimization, Self-consumption

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Índice

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	vi
Abstract .....	viii
Índice.....	x
Lista de figuras.....	xi
Lista de gráficos .....	xi
Lista de tabelas .....	xii
Lista de siglas .....	xiv
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....	1
CAPÍTULO 2 – APRESENTAÇÃO DO CASO ESTUDO .....	6
2.1 Descrição das infraestruturas.....	6
2.2 Metodologia de avaliação de desempenho .....	9
2.3 Metodologia de avaliação das ETAR e de otimização energética.....	16
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS.....	20
3.1 Avaliação de desempenho nas instalações.....	20
3.2 Avaliação e otimização do funcionamento das instalações .....	33
3.2.1 Medições e controlo da ETAR de Óbidos .....	33
3.2.2 Medições e controlo da ETAR do Carregal .....	38
3.2.3 Medições e controlo da ETAR da Charneca .....	39
3.3 Soluções a adotar .....	44
3.4 Viabilidade Económica das soluções propostas.....	52
CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHO FUTURO .....	55
Bibliografia .....	58
Anexos.....	61

## Lista de figuras

Figura 1 Plano estratégico do setor de tratamento de águas nos últimos anos	1
Figura 2 Sistema Multimunicipal de Saneamento do Oeste (Fonte: ADO)	4
Figura 3 Esquema de tratamento da ETAR de Óbidos (Fonte: ADO)	7
Figura 4 Esquema de tratamento da ETAR do Carregal	8
Figura 5 Esquema de tratamento da ETAR da Charneca (Fonte: ADO)	9
Figura 6 Caudalímetro portátil - Transdutor e consola	17
Figura 7 Medições consumo energético na ETAR do Carregal e ETAR da Charneca	17
Figura 8 Leitos secagem ETAR do Carregal	30
Figura 9 Obra de entrada da ETAR de Óbidos	35
Figura 10 Tanque Imhoff da ETAR de Óbidos	36
Figura 11 Câmara de carga e leito percolador da ETAR de Óbidos	36
Figura 12 Reator biológico da ETAR do Carregal	39
Figura 13 Vala de oxidação e agitadores de fluxo da ETAR da Charneca	41
Figura 14 Supressores biológicos da ETAR da Charneca	41
Figura 15 Nível de oxigénio na vala de oxidação (janeiro 2016)	42
Figura 16 Equipamentos de desidratação de lamas da ETAR da Charneca	43
Figura 17 Emissário da ETAR de Óbidos e ETAR do Carregal	45
Figura 18 Alteração física do escoamento afluente bruto - ETAR do Carregal	46
Figura 19 Nível de oxigénio na vala de oxidação (janeiro 2017)	47
Figura 20 Esquema de alteração após o tanque Imhoff na ETAR de Óbidos	48
Figura 21 Nível de oxigénio vala de oxidação (janeiro 2017)	51
Figura 22 Desagregação dos consumos por tarifário na ETAR da Charneca	51
Figura 23 Proposta de localização dos módulos fotovoltaicos	52

## Lista de gráficos

Gráfico 1 Eficiências mássicas de remoção de CBO <sub>5</sub> , CQO e SST (IAR03, IAR04, IAR05)	26
Gráfico 2 Consumo específico de energia elétrica (IAR06)	27
Gráfico 3 Produção específica de lamas em ETAR (IAR07)	29
Gráfico 4 Consumo específico de polímero (IAR08)	31

## Lista de tabelas

Tabela 1 Indicadores selecionados para avaliação de desempenho de ETAR	12
Tabela 2 Dados para determinação dos indicadores selecionados	12
Tabela 3 Valores limite emissão	13
Tabela 4 Análises de águas residuais	21
Tabela 5 Análises que excedem os valores paramétricos da licença de descarga (%)	22
Tabela 6 Controlo analítico e eficiência de remoção na ETAR de Óbidos	23
Tabela 7 Controlo analítico e eficiência de remoção da ETAR do Carregal	24
Tabela 8 Controlo analítico e eficiência de remoção da ETAR da Charneca	25
Tabela 9 Consumo de energia elétrica vs. Caudal tratado	27
Tabela 10 Produção de lamas vs. Caudal tratado	29
Tabela 11 Consumo de polímero e Quantidade de Lamas desidratadas	30
Tabela 12 Proposta de metas para os indicadores IAR07 e IAR08	32
Tabela 13 Lamas produzidas e com destino adequado	33
Tabela 14 Consumo energético dos equipamentos da ETAR de Óbidos	34
Tabela 15 Eficiências do Funcionamento do tanque Imhoff da ETAR de Óbidos	35
Tabela 16 Eficiência do leito percolador da ETAR de Óbidos	37
Tabela 17 Consumo energético dos equipamentos da ETAR do Carregal	38
Tabela 18 Consumo energético dos grupos elevatórios de efluente final em operação à frequência ótima de funcionamento	39
Tabela 19 Equipamentos da ETAR da Charneca com maior consumo energético	40
Tabela 20 Etapa de desidratação - ETAR da Charneca	43
Tabela 21 Resultados da desidratação mecânica na ETAR da Charneca	44
Tabela 22 Produção mensal de lamas desidratadas na ETAR da Charneca (ton)	47
Tabela 23 Cargas previstas afluentes à ETAR da Charneca	49
Tabela 24 Carga orgânica volúmica afluente à ETAR da Charneca	49
Tabela 25 Alterações sugeridas - Custos e benefícios	53
Tabela 26 Referências económico/financeiras	54

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Lista de siglas

ADO	Águas do Oeste
ADP	Águas de Portugal
AdTA	Águas do Tejo Atlântico
ALVT	Águas de Lisboa e Vale do Tejo
AVT	Águas do Vale do Tejo
APA	Agência Portuguesa Ambiente
APRH	Associação Portuguesa de Recursos Hídricos
CBO <sub>5</sub>	Carência Bioquímica de Oxigénio
CQO	Carência Química de Oxigénio
D.L.	Decreto-Lei
dAR	Dados de Águas Residuais
DEE	Diretiva Eficiência Energética
EE	Eficiência Energética
EG	Entidades Gestoras
EPAL	Empresa Portuguesa de Águas Livres
ER	Energias Renováveis
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços da Água e Resíduos
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
HP	Horizonte Projeto
IAR	Indicador de Águas Residuais
IWA	International Water Association
LURH	Licença de Utilização de Recursos Hídricos
MS	Matéria Seca
OG	Óleos e Gorduras
PENSAAR2020	Plano Estratégico Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas e Resíduos 2020
PRI	Período de Retorno do Investimento
RASARP	Relatório Anual de Serviços de Água e Resíduos em Portugal
ROI	Retorno de Investimento
SST	Sólidos Suspensos Totais
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
UE	União Europeia
VAL	Valor Atualizado Líquido

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

VLE	Valores Limite Emissão
Vp	Valores Paramétricos
WWTP	Wastewater Treatment Plant

## Capítulo 1 – INTRODUÇÃO

O setor das águas sofreu grandes alterações desde a adesão de Portugal à Comunidade Económica Europeia (CEE). Após 1993, com a criação de um novo quadro legislativo, a abertura do setor a capitais privados e a constituição da empresa Águas de Portugal, promoveram o desenvolvimento dos sistemas multimunicipais de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, no sentido de ultrapassar a dispersão que caracterizava esses setores, sob o controlo predominante do poder local dos municípios. Era imprescindível melhorar a qualidade da água e minimizar os problemas existentes, como a ausência do controlo de qualidade e a fraca taxa de atendimento na rede de distribuição de água. Em consonância, era necessário aumentar a rede de saneamento e tratar os efluentes de forma adequada.

A redução significativa dos apoios dos fundos de investimento europeu conduziu a que se entrasse num novo paradigma de sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais, passando a ser essencial pensar no presente imediato e no futuro a curto prazo (figura 1).

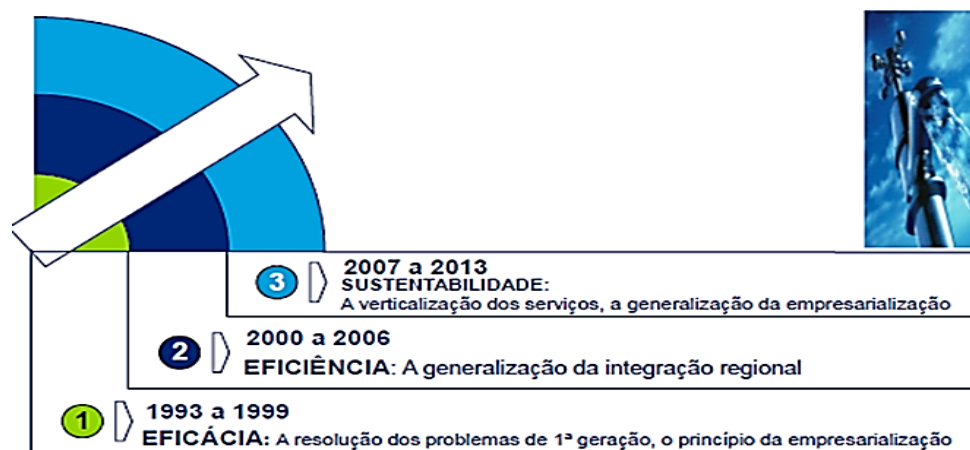


FIGURA 1 PLANO ESTRATÉGICO DO SETOR DE TRATAMENTO DE ÁGUAS NOS ÚLTIMOS ANOS (ADAPTADO DE SERRA, 2009)[1]

A União Europeia (UE), com o propósito de obrigar à adoção de medidas viradas para uma maior eficiência no uso da energia, criou a Diretiva Eficiência Energética (DEE). Há vários meios para atingir estes objetivos, os quais passam pelo uso de tecnologias mais eficientes, ajustes nas operações e nos hábitos de consumo, associados a uma alteração de mentalidade da sociedade.[2]

Guerrini, *et al.* (2017) refere que o cumprimento das diretivas da UE e de eventuais especificações futuras para o tratamento de outros contaminantes, como medicamentos e outros

poluentes emergentes, pode exigir um esforço acrescido das concessionárias, em termos de investimento em estações de tratamento de águas residuais (ETAR) e de maiores gastos operacionais incorridos no tratamento das águas residuais. Por essa razão, os estudos mais recentes têm como objetivo encontrar novos processos de tratamento de água e lamas, que melhorem a taxa de remoção de poluentes e, simultaneamente, permitam uma redução de custos.[3]

Segundo Molinos (2013), em Espanha, a economia da gestão e tratamento de águas residuais é tema de interesse crescente das agências de água e operadoras de estações de tratamento de águas residuais (ETAR). Os procedimentos de *benchmarking* são ferramentas úteis para avaliar o desempenho das instalações e ajudar a identificar as melhores práticas. A grande vantagem dessa metodologia é que permite a identificação de itens de custo, sobre os quais se pode atuar para aumentar a eficiência de cada infraestrutura.[4]

Henriques (2015) refere que as ETAR portuguesas apresentam potencial de melhoria na eficiência energética, especialmente no que diz respeito à boa gestão das etapas de tratamento (operação), bem como da eficiência dos equipamentos (manutenção). A maior parte da energia consumida nas ETAR com processos de tratamento biológico pode atingir 60% do consumo total.[5]

Segundo Daw *et al.* (2012) a despesa exata do uso de energia pode oscilar bruscamente de uma utilidade para outra, com estimativas que variam de 2% a 60% do total dos custos operacionais. A energia representa um custo substancial para as EG de tratamento de águas residuais, uma vez que é geralmente necessária para todas as etapas do processo de tratamento, desde a receção do afluente bruto até a descarga do efluente tratado. Nesse ambiente económico, é de interesse das EG melhorar a sua eficiência, tanto no uso de água como de energia. A realização de auditorias energéticas em instalações de tratamento de água e esgoto é um procedimento que permite às EG identificar oportunidades para economizar dinheiro, energia e água. [6][7]

A atual política energética Portuguesa pretende reforçar a competitividade, seguindo algumas linhas orientadoras da DEE, tais como: i) reduzir o consumo de energia primária e a importação de combustíveis fósseis, sem comprometer a segurança de abastecimento; ii) diversificar as fontes primárias de energia; iii) criar ferramentas de forma a potenciar os mercados energéticos liberalizados, tornando-os mais competitivos e sustentáveis; iv) garantir os compromissos nacionais, até ao ano de 2020, assumidos no contexto das políticas europeias de energia e combate às alterações climáticas, nomeadamente os 31% do consumo de energia final, valor a alcançar através do recurso a fontes de energia renováveis e redução de 20% do consumo de energia primária. Estas linhas orientadoras devem ser seguidas pelo sector, mantendo a

qualidade da água residual tratada num nível elevado para ser devolvida aos recursos hídricos naturais. [2][8][9][10]

Os objetivos que são impostos aos diferentes setores de atividade, ao modelo de gestão pública, bem como às empresas do grupo ADP, são cada vez mais exigentes, pelo que a procura de soluções mais eficientes se torna evidente. Para acompanhar a dinâmica desta evolução, não deixando de assegurar fatores como, qualidade, eficiência e segurança, devem ser adotadas medidas ajustadas, que permitam um retorno de investimento mais rápido, bem como alterações ao modelo de gestão que garantam uma poupança mais expressiva. [11]

Tendo-se verificado que a melhoria de qualidade na área ambiental está indexada a custos energéticos muito significativos, o conceito de eficiência energética (EE) passa a ser essencial na definição de medidas de gestão adequadas.[2] Como o tratamento de águas residuais é dependente de fontes de energia fósseis, as empresas do setor têm vindo a adotar medidas de contenção para esses consumos, recorrendo ao uso das Energias Renováveis (ER) e assegurando as suas necessidades energéticas a menores custos económicos e ambientais. No que se refere à utilização de ER, Portugal tem um elevado potencial para o aproveitamento da energia solar (em média, entre 2200 e 3000 horas de sol por ano). Assim, a adequação das soluções de tratamento de água e esgotos ao aproveitamento da energia que o sol proporciona, resulta num grande contributo para a poupança energética e vem favorecer significativamente a forma como podem ser atingidos os objetivos da EU. [12][13]

De modo a ir ao encontro das orientações do grupo ADP, a empresa Águas do Oeste S.A. (ADO, S.A.), começou a promover estudos de otimização nas suas instalações e alterações na sua forma de laborar.

A ADO S.A. iniciou a sua atividade em 2001, como concessionária do sistema multimunicipal de abastecimento de água e saneamento do Oeste (figura 2), tendo sido criada pelo D.L. nº. 305-A/2000, de 24 de novembro. Servia os Municípios de Alcobaça, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Azambuja, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Mafra, Nazaré, Óbidos, Peniche, Rio Maior, Sobral de Monte Agraço e Torres Vedras.[14]

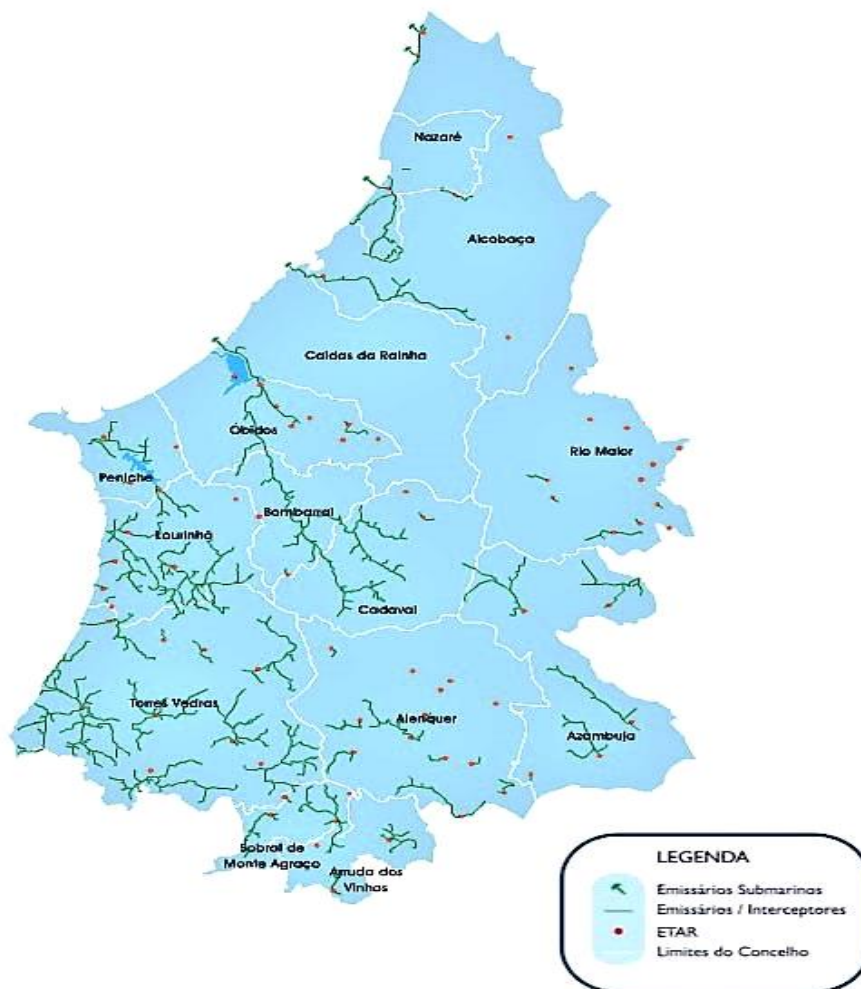


FIGURA 2 SISTEMA MULTIMUNICIPAL DE SANEAMENTO DO OESTE (FONTE: ADO)

O sistema multimunicipal de abastecimento de água e saneamento do Oeste configurou-se como um sistema “em alta”, para abastecer de água os reservatórios municipais e recolher e tratar as águas residuais provenientes das redes municipais, continuando as responsabilidades de distribuição de água e recolha domiciliária de águas residuais a cargo dos municípios, em benefícios de cerca de 600 mil habitantes. Abrangendo uma área de 2900 km<sup>2</sup>, resultou de uma parceria da administração central com um conjunto de municípios, no âmbito de uma estratégia nacional em articulação com a UE, com o objetivo de melhorar a qualidade ambiental da denominada sub-região Oeste. [15]

Pela constituição do D.L. nº 94/2015, de 29 de maio [16], a ADO S.A., passa a integrar a Águas de Lisboa e Vale do Tejo S.A. (ALVT, S.A.), empresa que foi constituída no seguimento do processo de reorganização das operações do Grupo ADP, no âmbito da reestruturação do setor das águas preconizada pelo programa do XIX Governo constitucional.[17]

A ALVT S.A. assegurava o serviço a 80 municípios, abrangendo uma população de 3,7 milhões de habitantes, numa área correspondente a 22% do território continental português, delegando a gestão operacional do sistema na Empresa Portuguesa de Águas Livres (EPAL). Durante o ano de 2017, o atual Governo decidiu recorrer à cisão dos sistemas de água em alta, dividindo a ALVT em duas empresas, dando lugar a criação da AdTA S.A. e Águas do Vale do Tejo S.A. (AVT, S.A.). Estas empresas têm por objetivo promover economias de escala, que garantam sustentabilidade económica, social e ambiental dos serviços, assegurando maior equidade territorial e coesão social, diminuindo a disparidade tarifária resultante das especificidades dos diferentes sistemas e regiões do país.[18]

Esta abordagem permite ir ao encontro dos objetivos propostos pelo Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020 (PENSAAR 2020), nomeadamente a recuperação sustentável da despesa e a otimização e/ou redução de despesas operacionais. Estas linhas favorecem uma estrutura mais adequada e eficiente à EG, permitindo racionalizar meios operacionais em áreas contíguas e implementar boas práticas operacionais e de gestão (otimização e integração de processos de negócio, controlo interno, automatização, setorização e monitorização de redes, etc.)[19].

Para a otimização dos custos de exploração, o PENSAAR 2020 promove o conhecimento, através de registos, análises e avaliações de cada consumo (por natureza e atividade), sempre que possível, integrados nos processos de avaliação de desempenho e possibilitando a preparação de propostas de otimização, complementando a análise de viabilidade. Compreende intervenções, nomeadamente para redução do consumo de energia nos sistemas de tratamento, quer infraestruturais, quer de otimização da gestão operacional dos sistemas e, mais importante, o estudo e análise dos aspetos críticos que condicionam a respetiva eficiência dos sistemas, avaliação de alternativas de melhoria e, por fim, a execução das intervenções de modo a otimizar os custos de exploração. [19]

Este trabalho tem como objetivo a avaliação de sistemas de tratamento de águas residuais na empresa AdTA S.A., tendo por base as linhas orientadoras do PENSAAR 2020, no sentido de definir os meios necessários à sua otimização, assegurando a manutenção e a qualidade do serviço. Como componentes deste trabalho, referem-se o estudo funcional dos sistemas de tratamento, tendo em conta os requisitos de descarga exigidos pelas entidades reguladoras do setor, e a avaliação energética de equipamentos. Para o estudo funcional do sistema, o controlo analítico de tratamento é um dos fatores mais importantes, visto que permite verificar se as alterações propostas para a melhoria das instalações permitem cumprir os valores de descarga legalmente exigidos. Com igual importância está a avaliação de desempenho das instalações,

que irá permitir um maior conhecimento do estado de cada etapa de tratamento e dos equipamentos existentes.

Este estudo deverá resultar na formulação de propostas de alteração ao funcionamento das instalações que permitam o ajuste dos sistemas às necessidades identificadas. As soluções encontradas deverão ser revertíveis devido à sua polivalência, possibilitando maior adequação dos recursos disponíveis e indo ao encontro de melhores práticas energéticas e ambientais.

Esta tese está organizada em 4 partes.

Neste capítulo foi feito o enquadramento do trabalho realizado e foram apresentados os objetivos a alcançar.

O segundo capítulo apresenta o caso de estudo, identificando a localização e as características das instalações do estudo, e descreve a metodologia de avaliação adotada.

No terceiro capítulo são apresentados os resultados da avaliação e é definido um modelo de funcionamento alternativo.

No último capítulo são apresentadas as principais conclusões e as propostas para trabalhos futuros.

## Capítulo 2 – Apresentação do caso estudo

O domínio de laboração da AdTA S.A. abrange cerca de 2,4 milhões de pessoas dos concelhos de Alcobaça, Alenquer, Amadora, Arruda dos Vinhos, Azambuja, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Cascais, Lisboa, Loures, Lourinhã, Mafra, Nazaré, Óbidos, Odivelas, Oeiras, Peniche, Rio Maior, Sintra, Sobral de Monte Agraço e Torres Vedras.

Este estudo incide sobre três instalações da AdTA S.A. no concelho de Óbidos, nomeadamente, ETAR de Óbidos, ETAR do Carregal e ETAR da Charneca.

### 2.1 Descrição das infraestruturas

A ETAR de Óbidos localiza-se no Sítio Moinho do Casal, localidade do Pinhal, concelho de Óbidos, trata os afluentes residuais provenientes de 4012 habitante equivalente, residentes na Vila de Óbidos e nas freguesias de Santa Maria, São Pedro e Usseira. [20]

Nesta instalação (figura 3), a fase líquida é sujeita a um pré-tratamento que inclui a remoção de gradados (lixo grosseiro) através de um tamisador e a separação das areias num desarenador. As areias removidas são enviadas para um classificador de areias, que retira esses sólidos do sistema e encaminha novamente as escorrências para o processo de tratamento, dando entrada



Consoante as suas características, as lamas produzidas nas instalações são encaminhadas para destino final adequado, principalmente para valorização agrícola. O encaminhamento é feito por empresas devidamente certificadas.

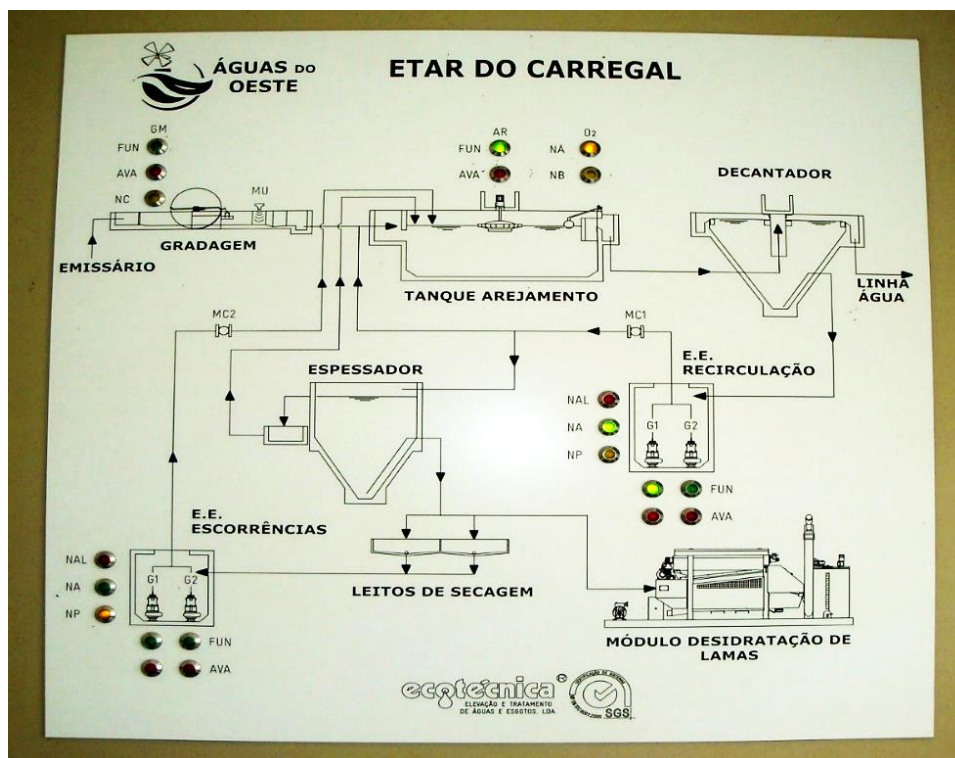


FIGURA 4 ESQUEMA DE TRATAMENTO DA ETAR DO CARREGAL

A ETAR da Charneca situa-se na Estrada Volta da Charneca, na localidade do Arelho, concelho de Óbidos. A ETAR da Charneca foi concebida para tratar afluentes provenientes de 29436 habitante equivalente, servindo os Municípios de Bombarral, Cadaval e Óbidos. [25]

O tratamento da fase líquida começa pela remoção dos sólidos grosseiros presentes no afluente num tamisador, seguindo-se a passagem num desarenador/desengordurador, que retira do sistema grande parte das gorduras e areias que afluem à instalação. As areias removidas são enviadas para um classificador de areias. Segue-se o tratamento secundário, com a entrada do esgoto em duas valas de oxidação a funcionar em regime de arejamento prolongado para a degradação da matéria orgânica, ocorrendo de seguida a separação das fases sólido/líquido nos decantadores secundários. Parte do efluente tratado irá para uma cisterna de armazenamento, sendo posteriormente sujeito a uma desinfeção por raios ultravioleta (UV), que permite a sua utilização em lavagens e rega dentro da instalação. As lamas em excesso são enviadas para um espessador de lamas, que aumenta a sua concentração, favorecendo a sua desidratação no processo de centrifugação. As lamas desidratadas são acumuladas num silo de lamas e enviadas para destino adequado, sendo este serviço realizado por um prestador de serviço que

gere as mesmas e as envia para valorização agrícola, compostagem e/ou deposição em aterro sanitário. O efluente tratado nesta instalação é descarregado no exutor submarino da Foz do Arelho (figura 5).[25]

### Esquema de Funcionamento da ETAR da Charneca

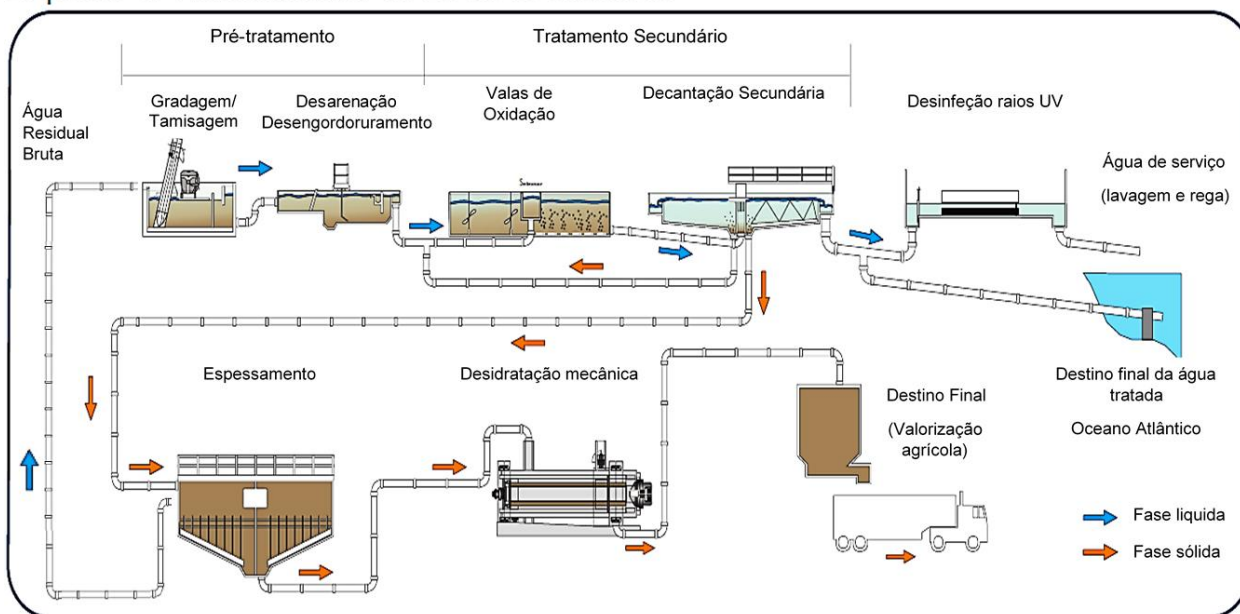


FIGURA 5 ESQUEMA DE TRATAMENTO DA ETAR DA CHARNECA (FONTE: ADO)

## 2.2 Metodologia de avaliação de desempenho

A avaliação de desempenho tem como objetivo a criação de oportunidades de *networking* e melhoria do estado da arte de todas as áreas de atividade, com base na determinação de indicadores quantificáveis e análise comparativa dos vários serviços de gestão das águas residuais.[26][27] A metodologia aplicada na determinação dos indicadores deve ser assertiva, articulada entre as entidades participantes e assumindo dados fiáveis e coerentes.

A *International Water Association* (IWA) propôs uma metodologia de avaliação de desempenho para o sector da água, que tem sido seguida por muitos países, e que tem por base cinco componentes essenciais: [28]

- *Dados do sistema* – Medições ou registos, podendo ser assumidos como indicadores, variáveis;
- *Variáveis* – Dados usados para o cálculo dos indicadores;
- *Indicadores de desempenho* – Medida da eficiência e da eficácia da prestação do serviço durante um período de tempo;
- *Informação de contexto* – Informações que servem de apoio para os valores dos indicadores;

- *Fatores explicativos* – Informação que tem como objetivo a explicação do resultado dos indicadores de desempenho ou outros dados importantes.

Com o intuito de proceder à normalização da metodologia relativamente à avaliação de desempenho das EG dos serviços da água, a comissão técnica internacional ISO/TC224 *Service activities relating to drinking water supply and wastewater systems*, com base no sistema de avaliação da IWA, produziu três normas da série 24500:2007 abaixo descritas:

- a ISO 24510:2007 define as atividades correspondentes aos serviços de água potável e de águas residuais que constituem um conjunto de orientações para a avaliação e melhoria do serviço aos utilizadores;
- a ISO 24511:2007 define as atividades correspondentes aos serviços de água potável e de águas residuais que constituem um conjunto de orientações para a gestão e avaliação dos serviços de águas residuais;
- a ISO 24512:2007 define as atividades correspondentes aos serviços de água potável e de águas residuais que constituem um conjunto de orientações para a gestão e avaliação dos serviços de água potável;

A Entidade Reguladora dos Serviços da Água e Resíduos (ERSAR), através da aplicação das normas ISO 24500:2007, bem como do sistema de indicadores recomendados pela IWA, criou uma lista de indicadores de desempenho, resultando na 2.<sup>a</sup> geração de indicadores de desempenho.[29]

Este sistema foi aplicado a partir de 2012 a todas as entidades gestoras de serviços de águas e resíduos em Portugal continental, independentemente da sua titularidade estatal ou municipal e do seu modelo de governação. Os resultados obtidos consolidam a informação de referência sobre o desempenho destes serviços em Portugal Continental, sendo publicados no Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP).[30]

A ERSAR revela que os indicadores para os serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores são relevantes como instrumento de apoio à gestão dos sistemas, com intuito de promover a melhoria contínua da eficiência e eficácia do serviço, propiciando a sua utilização para avaliação do cumprimento dos seus próprios objetivos de gestão, não se limitando aos vários indicadores de qualidade de serviço adotados para efeitos de regulação, mas a um grupo de informação mais abrangente considerada relevante para cada entidade gestora.[31]

Recentemente, foi publicada a 3.<sup>a</sup> geração de indicadores do sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas, que apresenta um conjunto de indicadores adaptados ao programa PENSAAR 2020 e inclui ainda um conjunto de alterações, quer ao nível da estrutura de alguns indicadores, quer ao nível do ajustamento dos valores de referência utilizados para a avaliação

dos indicadores, que decorre de correções identificadas ao longo dos anos de aplicação dos indicadores de 2.<sup>a</sup> geração.

A avaliação de desempenho efetuada no presente trabalho baseia-se na aplicação dos indicadores de 2.<sup>a</sup> geração, uma vez que é esta a metodologia aplicada pela AdTA S.A.. Segundo a EG, o atraso na aplicação dos indicadores de 3.<sup>a</sup> geração deveu-se à reorganização da empresa no decorrer do ano de 2017 e ao facto de, nesse ano, não ter havido indicação expressa para a sua aplicação.

A aplicação da metodologia de avaliação de desempenho revelou-se muito importante neste trabalho, já que garante o conhecimento alargado das instalações em estudo, evidenciando aspetos, tais como, o seu estado de conservação e o funcionamento da empresa perante as obrigações legais a que está obrigada, permitindo definir planos de melhoria e alterações aos hábitos de laboração, com a garantia de uma elevada estabilidade na gestão da empresa, quer financeiramente, quer na qualidade de serviço prestado.

A análise realizada baseou-se em componentes de avaliação de desempenho global. As instalações foram avaliadas como um todo, através dos indicadores de desempenho que tem como finalidade apoiar a tomada de decisão, a um nível superior de gestão, e a produzir informação útil para a sua exploração.

Os indicadores utilizados devem garantir a não sobreposição dos dados a apreciar, devem focar-se nos aspetos relevantes da estrutura a avaliar e ter como referência um período de tempo bem definido, preferencialmente nunca inferior a um ano. [27] Assim, a análise do sistema foi realizada com base em 9 indicadores, selecionados conforme os domínios e aspetos de avaliação de desempenho, tendo sido assumidos como aspetos de avaliação de desempenho: a Qualidade da água rejeitada no meio recetor; a Eficiência global da ETAR; o Consumo de energia e de reagentes; e a Produção e valorização de lamas (tabela 1).

A tabela 2 apresenta os dados necessários para calcular estes indicadores.

Foi adaptada a denominação na identificação dos indicadores através da informação presente no guia de avaliação da qualidade de serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores de 2013, nomeadamente:

- Indicadores: Indicador Água Residual (IAR), seguido do número de identificação;
- Dados: Dados Águas Residuais (dAR), seguido do número de identificação.

O período de tempo utilizado neste estudo foram os anos de 2015 e 2016, uma vez que está associado a um conjunto de informação mais completa para o conjunto de indicadores a determinar. Contudo, foi possível reunir alguns dados relevantes para o período de 2013 a 2014

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

e para o ano de 2017, o que permite a comparação de alguns indicadores num espaço temporal mais abrangente. As metas definidas para a avaliação de desempenho realizada são as apresentadas na tabela 1.

TABELA 1 INDICADORES SELECIONADOS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ETAR

Dominios da avaliação de desempenho	Aspetos da avaliação de desempenho	Identificação do Indicador	Meta	Designação do indicador
Qualidade da água residual	Conformidade com a licença de descarga	IAR01	100	Análises de águas residuais realizadas (%)
Qualidade da água residual	Qualidade da água rejeitada no meio recetor	IAR02	≤12,5	Análises que excedem os valores paramétricos da licença de descarga (%)
		IAR03	≥70 - 90	Eficiência mássica de remoção de CBO <sub>5</sub> (%)
Eficiência e Fiabilidade	Eficiência global da ETAR	IAR04	≥75	Eficiência mássica de remoção de CQO (%)
		IAR05	≥90	Eficiência mássica de remoção de SST (%)
Utilização de água, energia e materiais	Consumo de energia	IAR06	Redução ≥30% (ano anterior)	Consumo de energia no tratamento águas residuais (kWh/m <sup>3</sup> )
Gestão de subprodutos	Produção e valorização de lamas	IAR07	Não definida	Produção de lamas em ETAR (ton/m <sup>3</sup> )
Utilização de água, energia e materiais	Consumo de reagentes	IAR08	Não definida	Consumo de polímero (kg/ton de matéria seca)
Gestão de subprodutos	Produção e valorização de lamas	IAR09	100	Destino de lamas do tratamento (%)

TABELA 2 DADOS PARA DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES SELECIONADOS

Identificação dos Dados	Designação do tipo de dados
dAR01	Análises requeridas (nº/ano)
dAR02	Análises realizadas (nº/ano)
dAR03	Análises que excedem os Vp de descarga (nº/ano)
dAR04	Análises realizadas para descarga (nº/ano)
dAR05	Concentração CBO <sub>5</sub> no efluente (mg O <sub>2</sub> /L)
dAR06	Concentração CBO <sub>5</sub> no afluente (mg O <sub>2</sub> /L)
dAR07	Concentração CQO no efluente (mg O <sub>2</sub> /L)
dAR08	Concentração CQO no afluente (mg O <sub>2</sub> /L)
dAR09	Concentração SST no efluente (mg O <sub>2</sub> /L)
dAR10	Concentração SST no afluente (mg O <sub>2</sub> /L)
dAR11	Volume de água residual tratada (m <sup>3</sup> )
dAR12	Consumo de energia (kWh)
dAR13	Lamas produzidas em ETAR (ton)
dAR14	Sólidos desidratados em ETAR (ton MS)
dAR15	Polímero consumido em ETAR (kg)
dAR16	Lamas com destino adequado (ton/ano)
dAR17	Lamas armazenadas iniciais (ton/ano)
dAR18	Lamas produzidas no sistema (ton/ano)
dAR19	Lamas de outros sistemas (ton/ano)
dAR20	Lamas armazenadas finais (ton/ano)

Para os indicadores IAR01 e IAR09 foram assumidas as metas estabelecidas no guia da 2ª geração de avaliação da qualidade de serviços de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos prestados pelas entidades gestoras, sujeitas a regulação.[31] No indicador IAR02 a meta é imposta pela LURH (anexo 1). Esta determina que o cumprimento legal de cada instalação, não poderá ultrapassar 3 amostragens acima dos VLE estabelecidos ( $\leq 12.5\%$ ) pela LURH respetiva. As instalações têm como valores limites de emissão (VLE) a informação presente na tabela 3. Os VLE indicam os limites que qualquer instalação deste estudo está obrigada a cumprir, quanto ao controlo analítico correspondente à amostragem de efluente de descarga.

TABELA 3 VALORES LIMITE EMISSÃO

Designação da Instalação		CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	pH	OG
ETAR Óbidos						
ETAR Carregal	VLE	25 mg O <sub>2</sub> /l	125 mg O <sub>2</sub> /l	35 mg/l	6 a 9 Esc. Sorensen	15 mg/l
ETAR Charneca						

No caso dos indicadores IAR03, IAR04, IAR05, as metas foram definidas através das disposições do D.L. nº 152/97, de 19 de junho, no quadro nº1 do anexo I. [32] Em relação ao indicador IAR06, a meta foi definida pela empresa. Para os indicadores IAR07 e IAR08 não há meta definida, pelo que a sua avaliação servirá para estabelecer recomendações que permitam a sua posterior definição.

Os indicadores selecionados foram calculados de acordo com a descrição que se segue.

#### Análises de águas residuais realizadas – IAR01

O indicador IAR01 avalia o nível de sustentabilidade da EG em termos de eficiência na prevenção da poluição, no que respeita ao cumprimento das exigências legais de monitorização das descargas de águas residuais.

Este indicador exprime-se em percentagem do número total de análises que foram realizadas, relativamente às requeridas na licença de descarga (Equação 1).[31]

$$IAR01 = \frac{dAR02}{dAR01} * 100 \text{ (Equação 1)}$$

Definição dos dados:

dAR01: Análises requeridas (nº/ano)

dAR02: Análises realizadas (nº/ano)

#### Análises que excedem os valores paramétricos da licença de descarga – IAR02

O indicador IAR02 tem como objetivo avaliar a conformidade em termos de resultados analíticos de qualidade da água residual tratada descarregada para o meio recetor de cada instalação.

Este indicador exprime-se em percentagem do número de análises que excedem os valores paramétricos (Vp) de descarga em função das análises realizadas para a descarga (Equação 2). [27]

$$IAR02 = \frac{dAR03}{dAR04} * 100 \text{ (Equação 2)}$$

Definição dos dados:

dAR03: Análises que excedem os Vp de descarga (nº/ano)

dAR04: Análises realizadas para descarga (nº/ano)

#### Eficiência mássica de remoção de CBO<sub>5</sub> – IAR03

Este indicador é expresso em percentagem e é definido pela relação entre a carga de CBO<sub>5</sub> rejeitada para o meio recetor em função da carga de CBO<sub>5</sub> afluyente à instalação (Equação 3). [31]

$$IAR03 = \frac{dAR06 - dAR05}{dAR06} * 100 \text{ (Equação 3)}$$

Definição dos dados:

dAR05: Concentração CBO<sub>5</sub> no efluente (mg O<sub>2</sub>/L)

dAR06: Concentração CBO<sub>5</sub> no afluyente (mg O<sub>2</sub>/L)

#### Eficiência mássica de remoção de CQO – IAR04

Este indicador é expresso em percentagem e é definido pela relação entre a carga de CQO rejeitada para o meio recetor em função da carga de CQO afluyente (Equação 4). [31]

$$IAR04 = \frac{dAR08 - dAR07}{dAR08} * 100 \text{ (Equação 4)}$$

Definição dos dados:

dAR07: Concentração CQO no efluente (mg O<sub>2</sub>/L)

dAR08: Concentração CQO no afluyente (mg O<sub>2</sub>/L)

#### Eficiência mássica de remoção de SST – IAR05

Este indicador é expresso em percentagem e é definido pela relação entre a carga de SST rejeitada para o meio recetor em função da carga de SST afluyente (Equação 5). [31]

$$IAR05 = \frac{dAR10 - dAR09}{dAR10} * 100 \text{ (Equação 5)}$$

Definição dos dados:

dAR09: Concentração SST no efluente (mg /L)

dAR10: Concentração SST no afluente (mg /L)

#### Consumo de energia no tratamento de águas residuais – IAR06

Este indicador é expresso em kWh/m<sup>3</sup> e é definido pela energia consumida na instalação em função do caudal a tratar (Equação 6). [31]

$$IAR06 = \frac{dAR12}{dAR11} \text{ (Equação 6)}$$

Definição dos dados:

dAR11: Volume de água residual tratada (m<sup>3</sup>)

dAR12: Consumo de energia (kWh)

#### Produção de lamas em ETAR – IAR07

Este indicador é expresso em ton/m<sup>3</sup> e é definido pela massa de lamas produzidas por cada m<sup>3</sup> de efluente tratado (Equação 7). [31]

$$IAR07 = \frac{dAR15}{dAR11} \text{ (Equação 7)}$$

Definição dos dados:

dAR13: Lamas produzidas em ETAR (ton)

dAR11: Volume de água residual tratada (m<sup>3</sup>)

#### Consumo de polímero – IAR08

Este indicador é expresso em kg/ton MS. É definido pela massa de polímero consumido em função dos sólidos desidratados (Equação 8). [31]

$$IAR08 = \frac{dAR13}{dAR14} \text{ (Equação 8)}$$

Definição dos dados:

dAR14: Polímero consumido em ETAR (kg)

dAR15: Sólidos desidratados em ETAR (ton MS)

#### Destino de lamas de tratamento – IAR09

Este indicador é expresso em percentagem de lamas escoadas das instalações de tratamento para destino adequado e é definido pela avaliação do nível de sustentabilidade ambiental do serviço, em termos da eficiência na prevenção da poluição, no que diz respeito ao destino final dado às lamas resultantes do tratamento de águas residuais, enquanto potencial fonte de contaminação dos recursos naturais (Equação 9). [31]

$$IAR09 = \frac{dAR16}{dAR17+dAR18+dAR19+dAR20} * 100 \text{ (Equação 9)}$$

Definição dos dados:

dAR16: Lamas com destino adequado (ton/ano)

dAR17: Lamas armazenadas iniciais (ton/ano)

dAR18: Lamas produzidas no sistema (ton/ano)

dAR19: Lamas de outros sistemas (ton/ano)

dAR20: Lamas armazenadas finais (ton/ano)

## 2.3 Metodologia de avaliação das ETAR e de otimização energética

A dispersão das instalações no território nacional justifica, em muitos casos, a necessidade de reorganizar os sistemas, de modo a aumentar a sua eficiência. Se anteriormente, os investimentos realizados no país incidiam essencialmente na recuperação de antigas instalações, procurando alargar a longevidade das mesmas; hoje em dia, a preocupação das EG vai ao encontro da reestruturação dos sistemas, concentrando os esforços no aumento da fiabilidade e na redução dos custos. Esta iniciativa permite adotar novas soluções para os sistemas já existentes, tornando-os mais eficientes, não deixando de preservar o que foi inicialmente concebido. As alterações sazonais e climáticas atuais, responsáveis pela alteração da *performance* dos sistemas de tratamento, também devem ser tidas em conta na definição das alternativas, de modo a aumentar a resiliência dos sistemas.

Segundo Venkatesh *et al.* (2011), o consumo de energia elétrica por m<sup>3</sup> de águas residuais tratadas pode variar, apresentando valores de 0,26 - 0,84 kWh por m<sup>3</sup>, dependendo de várias características operacionais e ambientais, como cargas de poluentes, tamanho e idade da planta e tipo de ETAR. [33]

Neste trabalho, as ETAR de Óbidos, Carregal e Charneca foram avaliadas, na tentativa de encontrar soluções capazes de as adequar às necessidades reais, melhorando o seu desempenho.

Recorreu-se à consulta do histórico documental das instalações e fizeram-se visitas às infraestruturas, durante um período de 2 anos (entre 2015 e 2016). Todas as avaliações e verificações foram direcionadas para os órgãos e equipamentos das instalações com potencial de melhoria, tendo-se procedido à monitorização de alguns equipamentos programáveis da obra de entrada, das eficiências do tanque Imhoff e leito percolador na ETAR de Óbidos, bem como dos consumos energéticos de cada equipamento.

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

As condições de escoamento na conduta elevatória de Óbidos (conduta que envia o efluente tratado para a instalação seguinte) foram verificadas com recurso a um caudalímetro portátil com sistema de ultrassom (figura 6). A instalação do equipamento seguiu as instruções do fabricante, respeitando o sentido de escoamento do fluido; e o diâmetro e as características da tubagem onde foi instalado. Os dados recolhidos foram descarregados para o computador e tratados estatisticamente com recurso ao *software Excel 2016 da Microsoft*.



FIGURA 6 CAUDALÍMETRO PORTÁTIL - TRANSDUTOR E CONSOLA

O consumo e as frequências de funcionamento dos equipamentos foram avaliados com auxílio de um analisador de corrente elétrica (figura 7).



FIGURA 7 MEDIÇÕES CONSUMO ENERGÉTICO NA ETAR DO CARREGAL E ETAR DA CHARNECA

Nas ETAR do Carregal e da Charneca foram realizadas medições de consumos energéticos para vários valores de frequência, de modo a identificar a frequência ótima para o desempenho dos equipamentos de maior consumo, nomeadamente, as bombas da estação elevatória do

carregal e os supressores biológicos na ETAR da Charneca. Os dados foram descarregados e tratados com recurso ao *software Excel 2016 da Microsoft*.

O funcionamento da ETAR da Charneca, quando recebe os afluentes das ETAR de Óbidos e Carregal, foi avaliado através da determinação das cargas que acedem à ETAR, com base nos valores correspondentes às datas de amostragem nas três ETAR. (dados do anexo 2).

As cargas relativas aos parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO e SST foram calculadas através da equação 10 em que a concentração é expressa em mg/l e o caudal em m<sup>3</sup>/dia.[21]

$$\text{Carga (kg/dia)} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Concentração}_i * \text{Caudal}_i}{1000} \quad (\text{Equação 10})$$

Definição das variáveis:

i = Número de ETAR

A carga orgânica volúmica alimentada aos reatores biológicos, que exprime a quantidade de matéria orgânica aplicada diariamente ao processo, por unidade de volume de reator, foi calculada através da equação 11. A concentração do afluente é expressa em kg/dia e o volume do reator em m<sup>3</sup>.

$$\text{Carga orgânica volúmica (kg/m}^3\text{.dia)} = \frac{\text{Concentração do efluente}}{\text{Volume reator}} \quad (\text{Equação 11})$$

Tendo por base os consumos energéticos globais da instalação, foram realizadas medições com recurso ao analisador de rede (figura 7) nos quadros parciais de alimentação energética, da zona operacional e administrativa, quantificando os consumos parciais durante 15 dias. Esta avaliação teve como objetivo identificar de que forma estão distribuídos os consumos energéticos diários, para que o dimensionamento e aplicação do sistema de autoconsumo possa corresponder mais eficazmente às necessidades da instalação.

O estudo de aplicação do sistema de autoconsumo de energia à ETAR da Charneca baseou-se nos consumos reais da instalação. O dimensionamento foi efetuado com recurso ao simulador *PVsyst® Photovoltaic Software*, versão 6.7 da *Tutorial PVsyst SA*, para verificar as melhores condições de instalação e referências para o cálculo de equipamentos a instalar; o *software SketchUp® da Microsoft*, para representação/modelação em 3D dos equipamentos, bem como da sua localização; e o programa de cálculo em *Excel PROSUMER*, fornecido pela *CK-CRITICAL KINETICS*, para o cálculo de quantidade/custo dos equipamentos a instalar.

A análise da viabilidade económico/financeira do sistema de autoconsumo recorreu ao cálculo de variáveis como o valor atualizado líquido (VAL), o retorno de investimento (ROI), a taxa interna de rentabilidade (TIR) e o período de retorno do investimento (PRI).

O VAL, calculado pela Equação 12 exprime o balanço financeiro durante a vida útil do projeto atualizado para o momento presente.[34]

$$VAL = \sum_{p=1}^n \frac{CF_p}{(1+j)^p} - I \quad (\text{Equação 12})$$

Definição das variáveis:

$CF_p$  = Cash flow de exploração do período p

I = Investimento inicial

j = Taxa de atualização

p = Período do estudo

O ROI representa a relação entre a quantidade de valor investido e a quantidade de valor retirado a partir desse mesmo investimento (Equação 13).[35]

$$ROI = \frac{\sum_{p=0}^n \frac{CF_p}{(1+j)^p}}{\sum_{p=0}^n \frac{I}{(1+j)^p}} \quad (\text{Equação 13})$$

Definição das variáveis:

$CF_p$  = Cash flow de exploração do período p

I = Investimento inicial

j = Taxa de atualização

p = Período do estudo

A TIR exprime a rentabilidade gerada por um determinado investimento e é calculado com recurso à Equação 14.[34]

$$TIR = \sum_{p=1}^n \frac{CF_p}{(1+TIR)^p} - I = 0 \quad (\text{Equação 14})$$

Definição das variáveis:

$CF_p$  = Cash flow de exploração do período

I = Investimento inicial

TIR = Taxa interna de rentabilidade

P = Período do estudo

O PRI, calculado através da Equação 15, representa o tempo necessário à recuperação do custo do investimento.[34]

$$PRI = \frac{I}{\frac{CF}{n}} \quad (\text{Equação 15})$$

Definição das variáveis:

CF = Cash flow de exploração do período

I = Investimento inicial

n = Número de períodos da análise do projeto de investimento

Esta medida estará associada a um impacto ambiental benéfico, que pode ser quantificado através do cálculo da Pegada de Carbono (equação 16). Esta ferramenta permite a análise do desenvolvimento sustentável, fornecendo informações sobre o desempenho dos indicadores ambientais mais relevantes, como a energia, neste caso específico.[36]

$$\text{Pegada de Carbono (kgCO}_2\text{eq)} = \text{Energia(kWh)} * 0.47 \left( \frac{\text{kgCO}_2\text{eq}}{\text{kWh}} \right) \text{ (Equação 16)}$$

## Capítulo 3 – Resultados

Neste capítulo, as instalações estudadas (órgãos e equipamentos) foram avaliadas, qualitativa e quantitativamente, ao nível do seu desempenho. Desta análise resultou a sugestão de alterações que permitissem minimizar os consumos energéticos e melhorar o desempenho das instalações. A viabilidade económica das propostas foi verificada, de forma a identificar os benefícios anuais associados.

### 3.1 Avaliação de desempenho nas instalações

A tabela 4 apresenta os dados relativos ao total de análises requeridas (dAR01) e de análises realizadas (dAR02) no ano de 2015 e 2016, nas instalações estudadas.

Para a quantificação do número de análises requeridas (dAR01), e de acordo com as licenças de utilização de recursos hídricos (LURH), foram contabilizadas todas as determinações exigidas para cada instalação. O número de análises realizadas (dAR02) teve em conta a amostragem real que decorreu nestas instalações durante os anos de 2015 e 2016 (anexo 3). Verifica-se que, para as ETAR de Óbidos e Carregal no ano de 2015, o indicador IAR01 (análises de águas residuais realizadas) é de 100% e 102% para a ETAR do Charneca. No ano de 2016 a ETAR de Óbidos e Charneca apresentam um valor de 102%, contudo para a ETAR do Carregal o valor do indicador IAR01 corresponde a 77%. O não cumprimento deste indicador na ETAR do Carregal deveu-se a uma intervenção planeada de manutenção corretiva, iniciada no último trimestre do ano de 2016, que impossibilitou a amostragem do efluente tratado nessa instalação. Estando o arejador fora de serviço para reparação, os tratamentos dos afluentes nessa instalação passaram a ser realizados na ETAR da Charneca.

TABELA 4 ANÁLISES DE ÁGUAS RESIDUAIS

Designação da instalação	Ano	Total de análises requeridas (nº/ano)	Total de análises realizadas (nº/ano)	IAR01 (%)	Meta (%)
ETAR de Óbidos	2015	128	128	100	100
	2016	128	130	102	
ETAR do Carregal	2015	128	128	100	100
	2016	128	98	77	
ETAR da Charneca	2015	128	130	102	100
	2016	128	130	102	
TOTAL	2015	384	386		
	2016	384	358		

O indicador (IAR02) representa as análises (em %) que excedem os valores paramétricos de descarga para cada instalação e foi calculado com base nos dados dAR03 (análises que excedem os Vp de descarga) e dAR04 (análises realizadas para descarga) apresentados na tabela 5. No ano de 2015, a ETAR da Charneca apresenta um valor de 4% para o indicador IAR02, enquanto que, nas outras instalações, nenhuma análise excedeu os valores paramétricos. No ano de 2016, identificam-se duas análises no dia 04-08-2016 que admitem valores de CBO<sub>5</sub> superiores ao de descarga, uma na ETAR de Óbidos e outra na ETAR do Carregal (anexo 3). Assim, o cálculo do IAR02 para este parâmetro indica um valor de 4% na ETAR de Óbidos e de 6% para a ETAR do Carregal (tabela 5). Apesar disso, os valores do indicador estão abaixo da meta ( $\leq 12.5\%$ ), dando cumprimento às LURH destas instalações. Nos restantes casos, o IAR02 é de 0%, indicando que não houve qualquer parâmetro acima dos valores paramétricos de descarga.

TABELA 5 ANÁLISES QUE EXCEDEM OS VALORES PARAMÉTRICOS DA LICENÇA DE DESCARGA (%)

ETAR de Óbidos	Análises Realizadas		Análises excedem Vp descarga		IAR02 (%)		Meta (%)
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	
CBO <sub>5</sub>	24	24	0	1	0	4	≤ 12,5
CQO	24	24	0	0	0	0	
SST	24	24	0	0	0	0	
pH	24	24	0	0	0	0	
Óleos e Gorduras	24	24	0	0	0	0	

ETAR do Carregal	Análises Realizadas		Análises excedem Vp descarga		IAR02 (%)		Meta (%)
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	
CBO <sub>5</sub>	24	18	0	1	0	6	≤ 12,5
CQO	24	18	0	0	0	0	
SST	24	18	0	0	0	0	
pH	24	18	0	0	0	0	
Óleos e Gorduras	24	18	0	0	0	0	

ETAR da Charneca	Análises Realizadas		Análises excedem Vp descarga		IAR02 (%)		Meta (%)
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	
CBO <sub>5</sub>	24	24	0	0	0	0	≤ 12,5
CQO	24	24	1	0	4	0	
SST	24	24	0	0	0	0	
pH	24	24	0	0	0	0	
Óleos e Gorduras	24	24	0	0	0	0	

O cálculo dos indicadores IAR03 (eficiência mássica de remoção de CBO<sub>5</sub>), IAR04 (eficiência mássica de remoção de CQO) e IAR05 (eficiência mássica de remoção de SST), teve em conta os dados médios mensais do controlo analítico externo das instalações em estudo, apresentados no anexo 4. A análise foi feita para os anos de 2015 e 2016, visto que durante este período há informação real disponível pela organização, para as três instalações.

A relação CBO<sub>5</sub>/CQO permite saber o nível de biodegradabilidade do afluente às instalações. Os valores normais para afluentes domésticos oscilam entre 0,4 e 0,6.[37]

Na ETAR de Óbidos durante o ano de 2015, não se verificaram alterações significativas nos valores médios mensais do afluente (tabela 6). Relativamente ao ano de 2016, no mês de agosto, são evidentes valores de CBO<sub>5</sub>, CQO e SST que ultrapassam significativamente os valores limite de entrada na ETAR. Os valores identificados, apesar de evidenciarem, características de um afluente não doméstico, assumem uma situação pontual e fora do contexto histórico desta instalação. Esta alteração afetou o funcionamento da ETAR nesse mês e influenciou o cumprimento do valor de descarga para o parâmetro de CBO<sub>5</sub> (tabela 6).

Na ETAR de Óbidos, os valores da relação CBO<sub>5</sub>/CQO oscilam entre 0,20 e 0,55 no ano de 2015 e entre 0,24 e 0,56 no ano de 2016 (tabela 6). Verifica-se que para os meses de dezembro de 2015; janeiro, agosto e dezembro de 2016 os valores da relação CBO<sub>5</sub>/CQO se encontram abaixo de 0,3, não se verificando um decréscimo na eficiência de tratamento da instalação. Contudo, só houve influência significativa na eficiência da instalação nos meses de janeiro e abril

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

de 2015, ocasiões estas onde as concentrações de alguns parâmetros de afluente bruto são mais reduzidas. Durante o ano de 2016 comparando com o ano anterior, as concentrações do afluente bruto foram mais elevadas, ficando as eficiências de remoção acima dos valores mínimos de referência ( $CBO_5 \geq 70$ ;  $CQO \geq 75$ ;  $SST \geq 90$ ).

TABELA 6 CONTROLO ANALÍTICO E EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO NA ETAR DE ÓBIDOS

2015	Afluente Bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção			Relação $CBO_5/CQO$
	$CBO_5$ (mg $O_2/l$ )	$CQO$ (mg $O_2/l$ )	$SST$ (mg /l)	$CBO_5$ (mg $O_2/l$ )	$CQO$ (mg $O_2/l$ )	$SST$ (mg /l)	$CBO_5$ (%)	$CQO$ (%)	$SST$ (%)	
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35				0,4 a 0,6
Janeiro	69	220	75	16	71	10	77,4	67,7	87,3	0,31
Fevereiro	130	305	110	20	71	6	84,6	76,7	94,5	0,43
Março	195	626	284	12	83	19	93,8	86,7	93,5	0,31
Abril	77	215	107	10	64	22	87,0	70,2	79,4	0,36
Maiο	265	485	330	13	64	19	95,1	86,8	94,2	0,55
Junho	315	660	330	13	69	24	95,9	89,5	92,7	0,48
Julho	178	540	129	10	70	14	94,4	87,1	89,1	0,33
Agosto	320	790	340	10	32	19	96,9	95,9	94,4	0,41
Setembro	240	615	240	11	64	14	95,4	89,6	94,2	0,39
Outubro	150	435	180	11	56	16	92,7	87,1	91,1	0,34
Novembro	164	480	163	10	36	12	93,9	92,6	92,6	0,34
Dezembro	160	797	339	13	43	11	92,2	94,7	96,8	0,20

2016	Afluente bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção			Relação $CBO_5/CQO$
	$CBO_5$ (mg $O_2/l$ )	$CQO$ (mg $O_2/l$ )	$SST$ (mg /l)	$CBO_5$ (mg $O_2/l$ )	$CQO$ (mg $O_2/l$ )	$SST$ (mg /l)	$CBO_5$ (%)	$CQO$ (%)	$SST$ (%)	
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35				0,4 a 0,6
Janeiro	125	450	285	14	40	13	88,8	91,1	95,4	0,28
Fevereiro	160	385	170	10	42	14	93,8	89,2	92,1	0,42
Março	175	475	115	10	40	8	94,3	91,7	93,0	0,37
Abril	88	215	91	10	30	6	88,6	86,0	93,9	0,41
Maiο	180	610	230	10	47	6	94,4	92,4	97,4	0,30
Junho	200	510	158	13	31	15	93,8	94,0	90,8	0,39
Julho	166	387	195	11	40	15	93,7	89,7	92,6	0,43
Agosto	700	2605	2105	29	57	16	95,9	97,8	99,3	0,27
Setembro	300	660	290	11	55	20	96,3	91,7	93,1	0,45
Outubro	220	530	150	12	41	9	94,8	92,3	94,0	0,42
Novembro	165	295	111	14	72	8	91,8	75,8	92,8	0,56
Dezembro	74	307	73	14	69	7	81,8	77,5	91,1	0,24

Na ETAR do Carregal, as características das águas residuais afluentes sofreram alterações significativas no mês de janeiro de 2015, com valores limite de entrada para os três parâmetros ultrapassados, consequência da afluência à ETAR de efluentes não urbanos (tabela 7). Contudo, neste caso, a carga poluente não teve influência no processo de tratamento realizado na instalação, cumprindo-se os requisitos legais de descarga. Ainda em 2015, os valores limite de entrada dos parâmetros  $CQO$  e  $SST$  voltaram a ser ultrapassados nos meses de setembro e maio, respetivamente. Também, desta vez, não condicionaram o processo de tratamento, tendo-se cumprido os VLE a que a instalação está obrigada. Estas ocorrências poderão ter origem em descargas pontuais de limpa-fossas, realizadas pelo município, sem conhecimento da EG, o que inviabiliza qualquer atitude preventiva no âmbito da operação das instalações.

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

Durante o período em que se manteve em funcionamento no ano de 2016 (de janeiro a setembro), as águas residuais afluentes à ETAR do Carregal apresentaram valores médios mensais abaixo do limite estabelecido (tabela 7).

Na ETAR do Carregal, no ano de 2015, os valores da relação CBO<sub>5</sub>/CQO variam entre 0,19 e 0,48, e no ano de 2016, entre 0,13 e 0,51, verificando-se instabilidade no processo de tratamento desta instalação nos meses em que o valor foi inferior a 0,2 (tabela 7). As relações de CBO<sub>5</sub>/CQO em que houve influência significativa na eficiência da instalação verificam-se nos meses de junho e novembro de 2015; janeiro, março, agosto e setembro de 2016, ocasiões estas onde se verifica que as concentrações de alguns parâmetros de afluente bruto são mais reduzidas. Nos meses de agosto e setembro de 2016, as concentrações do afluente tratado sofreram um aumento significativo, situação irregular comparativamente com o resto do ano, visto que houve períodos em que as concentrações de afluente bruto foram mais reduzidas e a alteração do afluente tratado não foi tão expressiva. Esta ocorrência poderá estar associada à limitação desta instalação para a extração de lamas do sistema, a qual só apresenta 2 leitos de secagem para o efeito, e ao desgaste físico do arejador de superfície.

TABELA 7 CONTROLO ANALÍTICO E EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DA ETAR DO CARREGAL

2015	Afluente bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção			Relação CBO <sub>5</sub> /CQO
	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg /l)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg /l)	CBO <sub>5</sub> (%)	CQO (%)	SST (%)	
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35				0,4 a 0,6
Janeiro	747	4005	445	11	48	5	98,6	98,8	98,9	0,19
Fevereiro	105	305	110	16	44	5	84,7	85,7	95,5	0,34
Março	134	523	222	12	30	8	91,0	94,3	96,4	0,26
Abril	105	555	205	10	33	12	90,5	94,1	94,1	0,19
Maior	200	565	475	11	33	5	94,5	94,2	98,9	0,35
Junho	149	360	95	12	40	17	92,3	88,9	82,1	0,41
Julho	305	860	460	11	34	9	96,6	96,0	98,2	0,35
Agosto	190	460	170	10	41	10	94,7	91,1	94,1	0,41
Setembro	335	1050	310	16	39	13	95,4	96,3	95,8	0,32
Outubro	240	500	215	10	33	18	95,8	93,4	91,9	0,48
Novembro	98	300	109	12	63	25	87,8	79,0	77,1	0,33
Dezembro	155	385	120	10	54	8	93,5	86,0	93,8	0,40

2016	Afluente bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção			Relação CBO <sub>5</sub> /CQO
	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg /l)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg /l)	CBO <sub>5</sub> (%)	CQO (%)	SST (%)	
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35				0,4 a 0,6
Janeiro	12	92	48	10	30	7	16,7	67,2	85,4	0,13
Fevereiro	120	345	185	10	38	5	91,6	89,0	97,3	0,35
Março	60	130	63	10	36	10	83,2	72,7	84,0	0,46
Abril	79	155	64	12	30	5	84,8	80,6	92,2	0,51
Maior	200	605	215	12	34	5	94,0	94,4	97,7	0,33
Junho	175	460	150	10	30	5	94,3	93,5	96,7	0,38
Julho	150	350	185	10	30	6	93,3	91,4	96,8	0,43
Agosto	155	335	111	24	77	24	84,8	77,0	78,7	0,46
Setembro	165	445	80	10	33	18	93,9	92,7	78,1	0,37

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

Quanto à ETAR da Charneca, constatam-se algumas situações pontuais acima dos valores de afluência previstos à instalação, que não tiveram repercussões no desempenho da mesma. Identificam-se o mês de junho de 2015, no caso da CBO<sub>5</sub>; agosto de 2015, no caso da CQO; abril e junho de 2015 e julho e agosto de 2016, no caso dos SST (tabela 8). No entanto, no mês de junho de 2015, os valores de CBO<sub>5</sub> são superiores aos de CQO e muito semelhantes ao valor de SST, o que não sendo uma relação possível, poderá estar associada a um erro na determinação analítica.

Os valores médios mensais da relação CBO<sub>5</sub>/CQO na ETAR da Charneca variam de 0,15 a 1,01, no ano de 2015, e de 0,16 a 0,37, no ano de 2016 (tabela 8). Comparando o ano de 2016 com o de 2015, verifica-se que durante 2016 houve mais meses em que a relação CBO<sub>5</sub>/CQO foi muito próxima de 0,20, o que está de acordo com o decréscimo significativo na eficiência do tratamento na ETAR da Charneca durante quase todo o ano de 2016 e já ocorrida nos meses de janeiro, fevereiro e maio de 2015.

TABELA 8 CONTROLO ANALÍTICO E EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DA ETAR DA CHARNECA

2015	Afluente bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção			Relação CBO <sub>5</sub> /CQO
	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg /l)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg /l)	CBO <sub>5</sub> (%)	CQO (%)	SST (%)	
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35				0,4 a 0,6
Janeiro	48	325	60	11	107	5	77,1	67,1	91,7	0,15
Fevereiro	32	180	42	16	73	7	49,2	59,4	84,3	0,18
Março	278	722	364	10	49	5	96,4	93,2	98,6	0,39
Abril	300	955	700	15	49	14	95,0	94,9	98,0	0,31
Maio	54	205	174	12	55	5	77,8	73,2	97,1	0,26
Junho	550	545	570	10	46	15	98,2	91,6	97,4	1,01
Julho	139	490	245	10	44	7	92,8	91,0	97,3	0,28
Agosto	150	750	180	21	84	8	86,0	88,8	95,6	0,20
Setembro	190	490	330	11	67	6	94,5	86,4	98,2	0,39
Outubro	345	805	295	14	73	7	96,1	90,9	97,8	0,43
Novembro	250	525	303	15	50	8	94,0	90,5	97,5	0,48
Dezembro	231	610	150	18	95	8	92,2	84,5	95,0	0,38

2016	Afluente bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção			Relação CBO <sub>5</sub> /CQO
	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg /l)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg /l)	CBO <sub>5</sub> (%)	CQO (%)	SST (%)	
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35				0,4 a 0,6
Janeiro	64	185	105	15	72	10	77,2	61,1	90,4	0,34
Fevereiro	60	260	210	14	60	17	76,7	76,9	91,9	0,23
Março	110	300	180	11	69	10	90,5	77,0	94,7	0,37
Abril	73	245	112	22	67	5	69,9	72,7	95,5	0,30
Maio	72	263	80	12	77	6	83,3	70,7	92,5	0,27
Junho	99	530	259	16	54	5	83,8	89,8	98,1	0,19
Julho	225	640	385	16	58	7	92,9	90,9	98,2	0,35
Agosto	253	1500	795	19	73	5	92,5	95,1	99,4	0,17
Setembro	99	420	115	10	61	9	89,8	85,5	92,6	0,23
Outubro	105	380	145	10	38	5	90,4	90,1	96,6	0,28
Novembro	99	460	183	10	73	5	89,9	84,1	97,3	0,22
Dezembro	43	266	59	17	91	10	61,2	65,8	83,8	0,16

É importante dar nota que a AdTA S.A., no decorrer das ocorrências/descargas acima dos valores de afluência permitidos para as instalações, intercede junto das instâncias competentes,

como a Câmara Municipal de Óbidos, Associação Portuguesa de Recursos Hídricos (APRH) e Agência Portuguesa do Ambiente (APA), para que estas situações não aconteçam, já que põe em causa a operação de cada instalação, podendo representar prejuízo sério para a região hidrográfica onde se inserem.

O gráfico 1 apresenta os valores dos indicadores IAR03, IAR04 e AR05 nas ETAR em estudo. Relativamente à ETAR de Óbidos, nos anos de 2015 e 2016, verifica-se um aumento de eficiência na remoção de todos os parâmetros.

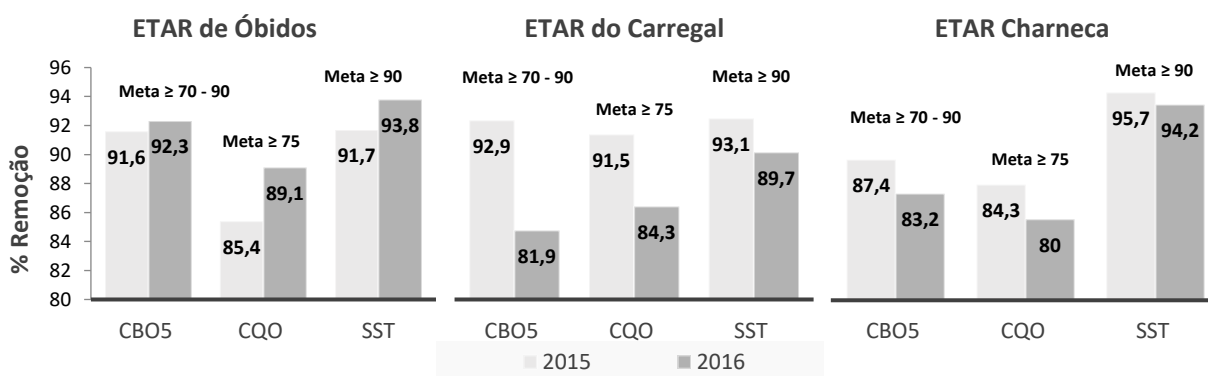


GRÁFICO 1 EFICIÊNCIAS MÁSSICAS DE REMOÇÃO DE CBO<sub>5</sub>, CQO E SST (IAR03, IAR04, IAR05)

Na ETAR do Carregal verifica-se que a eficiência do processo diminui em 2016, quantificando-se uma redução de 11%, 7,2% e 3,4% nos indicadores IAR03, IAR04 e IAR05, respetivamente. Esta situação dá indicação que o reator biológico apresenta algumas limitações, evidenciadas por sinais de desgaste e ruído anormal arejador, para garantir o tratamento com uma qualidade superior. Ainda que atualmente, a instalação consiga cumprir o requisito legal de descarga, é motivo de preocupação para a empresa e para o responsável que gere esta instalação, pois poderá vir a constituir um problema no futuro.

Na ETAR da Charneca verifica-se uma redução de eficiência em todos os indicadores, contudo é pouco significativa: 4,2% (IAR03), 4,3% (IAR04) e 1,5% (IAR05). Esta instalação recebe cerca de 4% de caudal proveniente de um aterro sanitário situado no Município do Cadaval. Apesar destes afluentes receberem tratamento prévio na estação de tratamento de águas lixivantes (ETAL) do aterro sanitário do Vilar, por vezes, a carga que é descarregada para a rede de saneamento é elevada e influencia a eficiência.

Um dos indicadores importantes para a avaliação de desempenho destas ETAR é o consumo específico de energia elétrica nas instalações (IAR06) (gráfico 2).

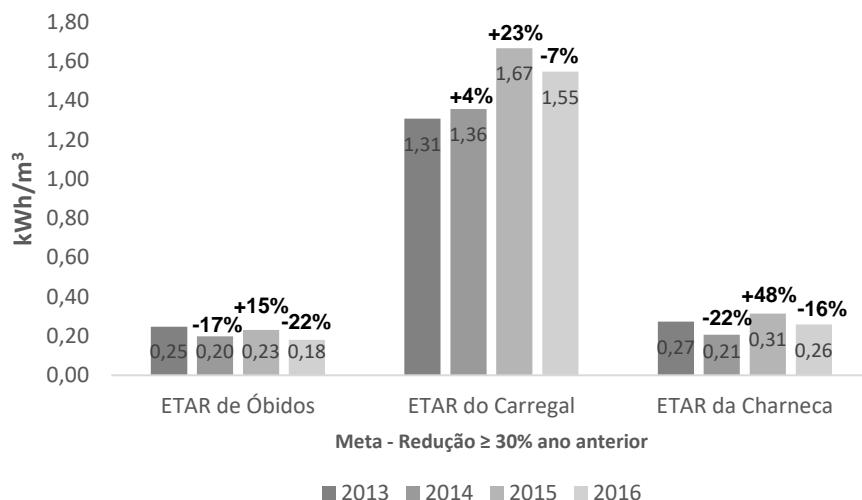


GRÁFICO 2 CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA ELÉTRICA (IAR06)

O levantamento dos dados dAR11 (Volume de água residual tratada) e dAR12 (Consumo de energia), que permite a sua avaliação, é apresentado na tabela 9. A meta definida pela organização para este indicador remete para uma redução do consumo específico de energia por m<sup>3</sup> de efluente tratado superior ou igual a 30%, em relação ao ano anterior.

TABELA 9 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA VS. CAUDAL TRATADO

Designação da Infraestrutura	Unid.	2013	2014	2015	2016
ETAR de Óbidos	kWh	40 437	43 921	44 326	47 717
	m <sup>3</sup>	163 597	220 696	191 321	264 500
ETAR do Carregal	kWh	131 481	141 564	122 208	140 377
	m <sup>3</sup>	100 447	104 310	73 292	90 676
ETAR da Charneca	kWh	493 788	434 896	480 601	447 381
	m <sup>3</sup>	1 800 804	2 101 659	1 530 661	1 730 957

Do ano de 2013 para 2014, o caudal tratado nas ETAR de Óbidos e Carregal sofreu um aumento significativo, prevendo-se um conseqüente aumento da energia consumida nas instalações, situação que se veio a comprovar (tabela 9). No entanto, de acordo com o indicador IAR06, a ETAR de Óbidos sofreu uma redução no consumo específico de energia elétrica (gráfico 2), indicando que o aumento do caudal não foi acompanhado por um aumento do consumo energético na mesma proporção. Na ETAR do Carregal, o IAR06 aumentou do ano 2013 para 2014, estando relacionado com a perda de eficiência do arejador (desgaste físico do equipamento), um dos principais consumidores de energia desta instalação.

Na ETAR da Charneca, o caudal a tratar aumentou do ano 2013 para 2014, contudo o consumo energético para tratar esse efluente reduziu significativamente. Esta situação está relacionada

com a retirada de serviço da segunda vala de oxidação durante o ano de 2014, que evitou a duplicação de consumos no sistema de arejamento e agitação nesse ano.

Comparando os anos de 2014 e 2015, verifica-se uma redução de caudal a tratar em todas as instalações (tabela 9). Atendendo à redução de caudal, seria de esperar que o consumo energético seguisse a mesma tendência, o que não veio a acontecer. Na verdade, de acordo com a tabela 9, verifica-se que os consumos energéticos aumentaram no ano de 2015 nas ETAR de Óbidos e na Charneca. O aumento foi mais significativo na ETAR da Charneca, devido à perda de eficiência do sistema de arejamento da instalação (ocorrência identificada pelo departamento de manutenção). Na ETAR de Óbidos, o aumento do consumo deveu-se ao aumento do funcionamento da bomba que eleva o efluente tratado para a conduta elevatória de Óbidos (um dos principais consumidores de energia desta instalação).

Entre o ano de 2014 e 2015, o valor do indicador IAR06 na ETAR do Carregal teve um aumento de cerca de 23%. Como se pode verificar, no ano de 2015, a instalação tratou menos caudal, mas o consumo energético, embora inferior, não acompanhou essa redução (tabela 9). Esta situação veio confirmar a alteração da eficiência do arejador de superfície, sendo necessária a intervenção no mesmo.

Segundo a informação apresentada no gráfico 2, o valor do indicador IAR06 diminuiu em todas as instalações do ano 2015 para 2016. A redução foi de cerca de 22% na ETAR de Óbidos, 7% na ETAR do Carregal e 16% na ETAR da Charneca, não tendo sido possível, no entanto, atingir o objetivo estabelecido pela organização, ou seja, uma redução de 30%, relativamente ao ano 2015.

A melhoria do indicador IAR06 verificada neste período deveu-se ao acompanhamento mais acentuado das instalações em matéria de energia e qualidade de tratamento. Contudo, o objetivo não foi alcançado, principalmente devido à demora na assistência de manutenção, tanto ao nível preventivo como corretivo.

O indicador IAR07 (gráfico 3) indica a relação entre as lamas produzidas em ETAR (dAR13) e a quantidade de caudal tratado (dAR11) (tabela 10).

TABELA 10 PRODUÇÃO DE LAMAS VS. CAUDAL TRATADO

Designação da Infraestrutura	Unid.	2013	2014	2015	2016
ETAR de Óbidos	ton	148,98	30,20	200,42	18,78
	m <sup>3</sup>	163 597	220 696	191 321	264 500
ETAR do Carregal	ton	8,26	0,00	6,10	4,60
	m <sup>3</sup>	100 447	104 310	73 292	90 676
ETAR da Charneca	ton	1 600,82	1 691,56	2 340,15	2 932,86
	m <sup>3</sup>	1 800 804	2 101 659	1 530 661	1 730 957

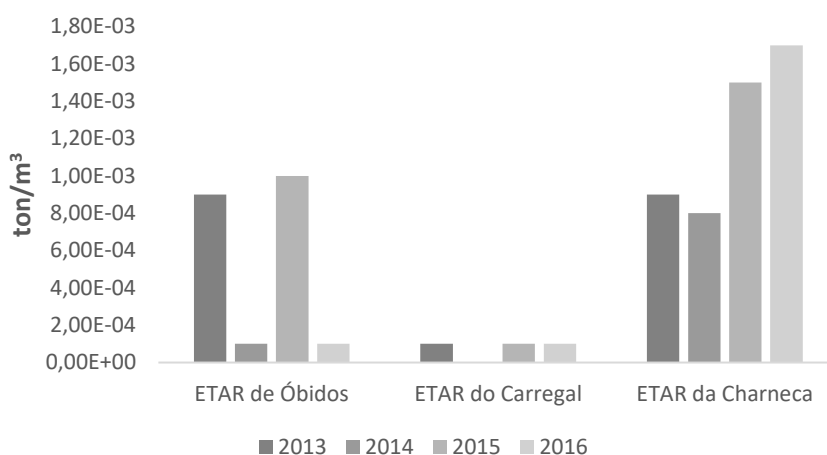


GRÁFICO 3 PRODUÇÃO ESPECÍFICA DE LAMAS EM ETAR (IAR07)

De acordo com os valores apresentados na tabela 10 constata-se que, na ETAR de Óbidos, a produção de lamas se acentua quando há uma redução de caudal. Na ETAR da Charneca, independentemente do caudal tratado, a produção de lamas tem vindo a aumentar desde o ano de 2013. Na ETAR do Carregal, os valores indicam que praticamente não são produzidas lamas na instalação, o que se explica pelo facto de estas serem enviadas para desidratação na ETAR da Charneca. Apesar da ETAR do Carregal ter dois leitos de secagem em operação (figura 8), frequentemente não se verificam as condições (climáticas) adequadas ao seu bom funcionamento, sendo necessário o encaminhamento de lamas para outro sistema de desidratação. A contabilização destas lamas no âmbito da produção da ETAR da Charneca promove a sobrevalorização do indicador IAR07, evidenciando um desempenho menos positivo nesta ETAR.

A produção de lamas nas ETAR está relacionada, não só com as características das águas à entrada, mas também com o tipo de tratamento biológico aplicado. Os sistemas de tratamento por lamas ativadas, como os que são aplicados nas ETAR do Carregal e da Charneca, estão associados a uma produção de lamas mais elevada do que o sistema de tratamento através de leitos percoladores. Perante esta realidade, o indicador IAR07 nas instalações da ETAR do

Carregal e da ETAR da Charneca terá sempre tendência para ser mais elevado, devido ao tipo de tratamento que incluem.[37][38]



FIGURA 8 LEITOS SECAGEM ETAR DO CARREGAL

Para o escoamento dos sólidos desidratados na ETAR de Óbidos recorre-se à desidratação de lamas através de leitos de secagem ou filtro de banda móvel; no caso da ETAR da Charneca procede-se à desidratação através da centrifugação. A adição de polímero às lamas processadas nos equipamentos de desidratação mecânica permite o aumento da eficiência da separação sólido-líquido. A tabela 11 apresenta o consumo desse reagente (dAR14) e a produção de sólidos desidratados (dAR15) nessas ETAR.

TABELA 11 CONSUMO DE POLÍMERO E QUANTIDADE DE LAMAS DESIDRATADAS

	ETAR da Óbidos								ETAR da Charneca							
	2013		2014		2015		2016		2013		2014		2015		2016	
	Polímero kg	Lamas ton MS	Polímero kg	Lamas ton MS	Polímero kg	Lamas ton MS	Polímero kg	Lamas ton MS	Polímero kg	Lamas ton MS	Polímero kg	Lamas ton MS	Polímero kg	Lamas ton MS	Polímero kg	Lamas ton MS
Janeiro	0	0,00	12,5	1,36	0	0,00	0	0,00	325	50,19	100	42,00	0	0,00	225	35,08
Fevereiro	0	0,00	12,5	4,02	0	0,00	0	0,00	150	21,19	50	17,74	0	0,00	200	30,69
Março	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	100	39,02	150	46,57	75	17,60	300	51,20
Abril	0	0,00	0	0,00	25	1,91	0	0,00	100	27,02	125	46,41	250	35,41	350	50,53
Maio	0	0,00	0	0,00	25	1,48	0	0,00	125	28,84	75	23,56	425	83,17	200	63,19
Junho	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	175	31,17	275	61,98	275	39,62	250	56,60
Julho	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	150	26,14	125	24,43	200	46,89	225	39,74
Agosto	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	200	27,67	250	37,79	325	46,23	300	36,41
Setembro	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	200	27,47	150	33,06	375	43,61	225	35,77
Outubro	25	3,89	0	0,00	0	0,00	0	0,00	200	37,63	200	39,48	200	41,35	250	35,57
Novembro	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	150	33,08	125	31,05	175	46,50	175	24,85
Dezembro	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	300	19,85	25	7,64	325	39,35	275	36,60
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>3,89</b>	<b>25</b>	<b>5,38</b>	<b>50</b>	<b>3,39</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>2175</b>	<b>369,27</b>	<b>1650</b>	<b>411,72</b>	<b>2625</b>	<b>439,73</b>	<b>2975</b>	<b>496,23</b>

Na ETAR de Óbidos, o consumo de polímero (dAR14) é esporádico e varia entre 25 kg e 50 kg por ano, não havendo qualquer consumo durante o ano de 2016 (tabela 11). Esta ETAR tem a necessidade de desidratar lamas durante os períodos húmidos, uma vez que a desidratação mecânica é a alternativa à secagem natural. Durante os anos de 2013, 2014 e 2015 houve necessidade de desidratar lamas, havendo consumo de polímero durante esse período. No ano

de 2015 há um consumo de 50 kg de polímero, contudo foi dado nota pelo responsável da instalação, que parte da quantidade de reagente (12,5 kg) não foi usada para os sólidos desidratados tendo ficado dentro do equipamento.

O indicador IAR08, que relaciona a quantidade de polímero gasto na desidratação e a quantidade de sólidos desidratados, é apresentado no gráfico 4. Na ETAR de Óbidos, os consumos específicos durante os anos 2013 e 2014 foram de 6,43 e de 6,16 kg polí./ton MS, respetivamente, e no ano de 2015 foi de 10,77 kg polí./ton MS. Este aumento significativo é justificado pela alteração da eficiência do equipamento de desidratação mecânica (filtro de banda móvel). A equipa de operação indicou que o equipamento está muito tempo parado, apresentando oscilações no desempenho quando colocado em funcionamento, devido a obstrução parcial das tubagens e alteração da tensão da tela. Sempre que é expetável uma longa paragem, é recomendada a realização de uma limpeza exaustiva e apoio da manutenção ao equipamento.

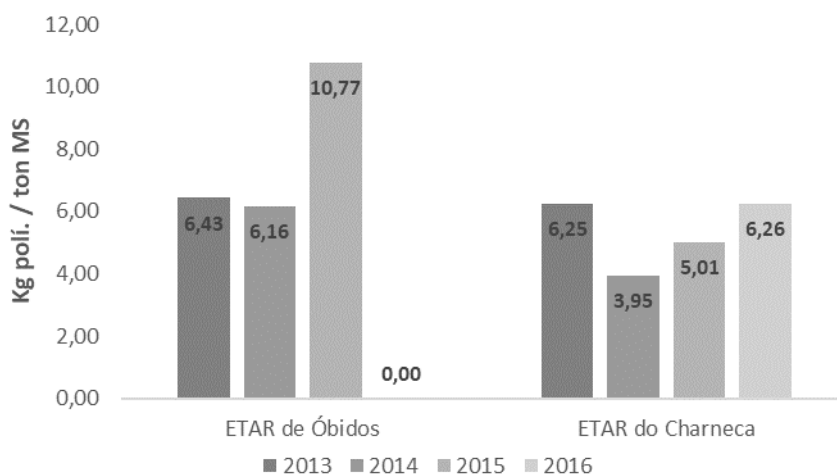


GRÁFICO 4 CONSUMO ESPECÍFICO DE POLÍMERO (IAR08)

Na ETAR da Charneca, o consumo de polímero teve uma redução do ano de 2013 para 2014, situação que poderá ser considerada de referência, uma vez que, em relação ao ano anterior, a produção de lamas desidratadas aumentou em 42,45 toneladas, com menos 525 kg de polímero gasto. Deste modo, o IAR08 (gráfico 4) atingiu o valor mais baixo no ano de 2014 (3,95 kg polí. / ton MS).

Nos anos 2015 e 2016, a produção de sólidos desidratados aumentou, sendo acompanhada pelo aumento do consumo de polímero (tabela 11). Nesses anos, o valor de IAR08 atingiu valores mais elevados, nomeadamente, 5,01 e 6,26 kg polí. /ton MS, respetivamente. Esta situação poderá ter como explicação a alteração da quantidade e da qualidade das lamas admitidas nesta etapa de tratamento. Estas alterações poderão estar relacionadas com a

variação da concentração de sólidos à saída do espessador de lamas e com uma anomalia nas bombas doseadoras de polímero, que não permitia regular o doseamento de reagente com precisão. Assim, sugere-se um maior controlo da concentração de lamas espessadas, de modo a facilitar a desidratação; e uma verificação periódica do fluxo das bombas de polímero.

Além disso, o aumento do consumo de polímero em 2015 pode estar relacionado com o desgaste das bombas doseadoras. Efetivamente, em 2016, na sequência do novo aumento do consumo de polímero, procedeu-se à manutenção corretiva das bombas doseadoras e ao controlo da concentração de polímero, antes de ser injetado na desidratação (verificação que não era efetuada anteriormente). Esta intervenção indicou a necessidade de uma maior supervisão desta etapa de tratamento, de modo a garantir um melhor controlo da eficiência do equipamento, recomendando-se que a concentração do polímero e o caudal das bombas doseadoras sejam verificados semanalmente ou quinzenalmente.

Atualmente, os indicadores IAR07 e IAR08 não apresentam metas definidas pela EG, pelo que a análise efetuada neste trabalho pretende contribuir para a sua definição futura, garantindo um melhor controlo do processo. Atendendo ao histórico dos valores obtidos para estes indicadores e ao modo de funcionamento das instalações durante o período estudado sugerem-se as metas apresentadas na tabela 12. Estes valores deverão ser revistos anualmente de modo a maximizar os objetivos de redução da quantidade de lamas produzida por ETAR e o consumo específico de polímero na desidratação de lamas. Também deverão ser recolhidos dados que permitam a quantificação real de lamas produzidas em cada instalação, permitindo aumentar a fiabilidade e diferenciação da informação.

TABELA 12 PROPOSTA DE METAS PARA OS INDICADORES IAR07 E IAR08

Identificação do Indicador	Designação do indicador	Meta Sugerida
IAR07	Produção de lamas de ETAR (ton/m <sup>3</sup> )	0,0005
IAR08	Consumo de Polímero (kg/ton MS)	5

O indicador IAR09 permite avaliar a quantidade de lamas escoadas das instalações de tratamento para destino adequado, nos anos de 2013 a 2016, de acordo com os dados dAR16 (Lamas com destino adequado), dAR17 (Lamas armazenadas iniciais), dAR18 (Lamas produzidas no sistema), dAR19 (Lamas de outros sistemas) e dAR20 (Lamas armazenadas finais) (tabelas 10 e 13). Este indicador só foi calculado com base nos dados dAR16 e dAR18, visto que todos os outros dados têm valor nulo desde o ano 2013. Como se pode verificar, o valor do indicador IAR09 foi de 100%, assegurando o encaminhamento da totalidade das lamas produzidas nas instalações para destino adequado (tabela 13).

As lamas produzidas são sujeitas a controlo analítico, o que permite adequar o seu destino (aterro e compostagem). Além do controlo de parâmetros gerais (%MS, % matéria orgânica, pH, Azoto, Fósforo, Potássio, Magnésio e Cálcio), dos microorganismos patogénicos (*Salmonella spp* e *Escherichia Coli*), compostos orgânicos e dioxinas são determinados metais (Cádmio, Chumbo, Cobre, Níquel, Zinco, Mercúrio e Crómio). No ano de 2016 os parâmetros foram cumpridos em todas as ETAR exceto na Charneca, que ultrapassou o limite legal dos microorganismos patogénicos e do Cádmio (anexo 5), o que pode estar associado a afluentes provenientes do aterro sanitário do Vilar.[39] A EG, na sequência destas situações, interatua com os responsáveis das Câmaras Municipais e das organizações por forma a identificar e eliminar essas divergências.

TABELA 13 LAMAS PRODUZIDAS E COM DESTINO ADEQUADO

<b>Designação da Infraestrutura</b>	<b>Unid.</b>	2013	2014	2015	2016
ETAR de Óbidos	ton/ano	<b>148,98</b>	<b>30,20</b>	<b>200,42</b>	<b>18,78</b>
ETAR do Carregal	ton/ano	<b>8,26</b>	<b>0,00</b>	<b>6,10</b>	<b>4,60</b>
ETAR da Charneca	ton/ano	<b>1 600,82</b>	<b>1 691,56</b>	<b>2 340,15</b>	<b>2 932,86</b>

### 3.2 Avaliação e otimização do funcionamento das instalações

O consumo energético e a produção de lamas são os elementos com custos mais elevados para a organização, tornando-se imperativo desenvolver um modelo que permita uma melhor eficiência na utilização dos recursos disponíveis e o aumento da rentabilidade dos sistemas. O presente capítulo engloba a avaliação qualitativa e quantitativa das instalações, por forma a perceber quais os pontos que podem ser melhorados. São apresentadas algumas soluções a adotar, tendo-se quantificado o seu custo de aplicação.

#### 3.2.1 Medições e controlo da ETAR de Óbidos

A tabela 14 apresenta a lista dos equipamentos da ETAR de Óbidos, bem como os consumos anuais dos mesmos, resumindo dados desde 2013 a 2016.

TABELA 14 CONSUMO ENERGÉTICO DOS EQUIPAMENTOS DA ETAR DE ÓBIDOS

Equipamentos	Potência (kW)	2013		2014		2015		2016	
		Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)	Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)	Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)	Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)
Tamizador	0,55	4857	2671	4906	2698	6255	3440	4946	2720
Supressor	4,00	1790	7159	1808	7231	1751	7004	1726	6906
Classificador de Areias	0,18	5295	953	5348	963	5243	944	4437	799
Desarenador	0,40	8708	3483	8796	3518	8747	3499	8629	3451
Ponte Raspadora	0,40	8737	3495	8826	3530	8748	3499	8550	3420
Distribuidor Rotativo	0,40	8726	3490	8814	3526	8741	3496	8467	3387
Bomba Recirculação	0,94	8590	8074	8668	8148	8681	8160	8681	8160
Bomba Carregal	2,00	6679	13358	8106	16212	7812	15624	8442	16883
Bomba Escorrências 1	1,15	14	16	16	18	4	5	6	6
Bomba Escorrências 2	1,15	14	17	16	18	4	5	6	6
Bomba Purga Lamas 1	1,15	10	12	11	13	15	17	9	10
Bomba Purga Lamas 2	1,15	10	11	11	13	14	16	9	10
Total		53429	42740	55325	45888	56015	45708	53905	45758

A análise dos dados apresentados na tabela 14 permite verificar alterações no funcionamento de alguns equipamentos desta instalação, nomeadamente, na bomba do Carregal, no tamizador, nas bombas de escorrências e no classificador de areias.

O consumo energético da bomba do Carregal aumentou a partir de 2014, devido à alteração introduzida no funcionamento da ETAR. Neste ano, todo o efluente tratado na instalação passou a ser elevado através desta bomba e enviado para o emissário da ETAR de Óbidos, não sendo descarregado na linha de água adjacente.

No ano de 2015, o consumo energético do tamizador aumentou, devido a um mau funcionamento do equipamento. O facto de estar associado a uma sonda de nível que comanda a sua entrada em funcionamento faz com que, caso esteja obstruído, funcione mais tempo do que o necessário. Neste caso específico, sugere-se que o sistema de lavagem do crivo do tamizador seja melhorado e que se aumente a periodicidade de limpeza. Espera-se, deste modo, o aumento da eficiência da operação, reduzindo o período de ação do tamizador e os custos de manutenção.

As bombas das escorrências 1 e 2 diminuíram o número de horas de trabalho a partir de 2015, devido ao encaminhamento das lamas para os leitos de secagem e à ausência de utilização da desidratação mecânica, que reduz a afluência de caudal ao poço de escorrências. Efetivamente, a quantidade de lamas produzidas nesta instalação permite uma resposta eficiente dos leitos de secagem existentes, não sendo necessário recorrer ao filtro de banda móvel. Este procedimento também evita os custos energéticos associados ao funcionamento deste equipamento.

Por forma a melhorar o desempenho energético da instalação, a programação dos temporizadores foi avaliada, tendo como objetivo a redução do período de funcionamento dos equipamentos. Da avaliação efetuada, concluiu-se não ser possível alterar a programação usada nos equipamentos da obra de entrada (figura 9), uma vez que qualquer redução no seu período de funcionamento irá provocar obstruções nos circuitos hidráulicos desta etapa. Nesta

instalação, a avaliação incidiu apenas sobre os equipamentos da obra de entrada, visto que são os únicos que são temporizados. Todos os outros funcionam com bóias de nível ou em contínuo, não sendo possível qualquer ajuste.



FIGURA 9 OBRA DE ENTRADA DA ETAR DE ÓBIDOS

Atendendo ao estado de conservação desta estação de tratamento e ao facto de incluir dispositivos que já não são habitualmente assumidos na concepção de ETAR, nomeadamente um tanque Imhoff (figura 10) e um leito percolador (figura 11), procedeu-se à avaliação do seu desempenho de modo a verificar qual a sua mais-valia para o sistema.

Além disso, prevendo-se a intenção de encaminhar o afluente bruto desta instalação para tratamento numa instalação a jusante, interessa verificar a forma como estes órgãos podem ser utilizados numa futura alteração do sistema.

A tabela 15 mostra as eficiências de remoção de  $CBO_5$ , CQO e SST do tanque Imhoff, calculadas de acordo com os valores do controlo analítico interno presentes no anexo 4. Constata-se que este órgão apresenta um alto rendimento (cerca de 50% de remoção de  $CBO_5$  e 60% de SST), já que, segundo Asmus (2005), este tipo de equipamentos apresenta eficiências de remoção de  $CBO_5$  e de sólidos que variam entre 25% e 40% e 30% e 60%, respetivamente. [40]

TABELA 15 EFICIÊNCIAS DO FUNCIONAMENTO DO TANQUE IMHOFF DA ETAR DE ÓBIDOS

Eficiência de Remoção - %	2013	2014	2015	2016
$CBO_5$	48,8	44,5	55,6	50,1
CQO	56,0	45,9	59,9	44,2
SST	69,4	62,7	63,9	50,7

A análise detalhada dos dados revela que a eficiência do tanque Imhoff variou ao longo do período analisado, o que poderá estar relacionado com a quantidade de lamas purgadas do tanque Imhoff posteriormente encaminhadas para a desidratação mecânica (filtro de banda móvel) e leitos de secagem. Por incapacidade dos sistemas de desidratação a quantidade de lamas purgadas nem sempre é efetuada com a frequência desejável.



FIGURA 10 TANQUE IMHOFF DA ETAR DE ÓBIDOS

O caudal proveniente do tanque Imhoff é enviado para uma câmara de carga, onde se junta com o caudal de recirculação da instalação (figura 11). Este modo de funcionamento assegura a alimentação contínua do leito percolador da ETAR e aumenta a sua eficiência. Na prática, a instalação de um controlador de caudal permite que a bomba da recirculação se ajuste ao caudal tratado no tanque Imhoff, diluindo-o na câmara de carga, de modo a manter constante o caudal de entrada no reator.

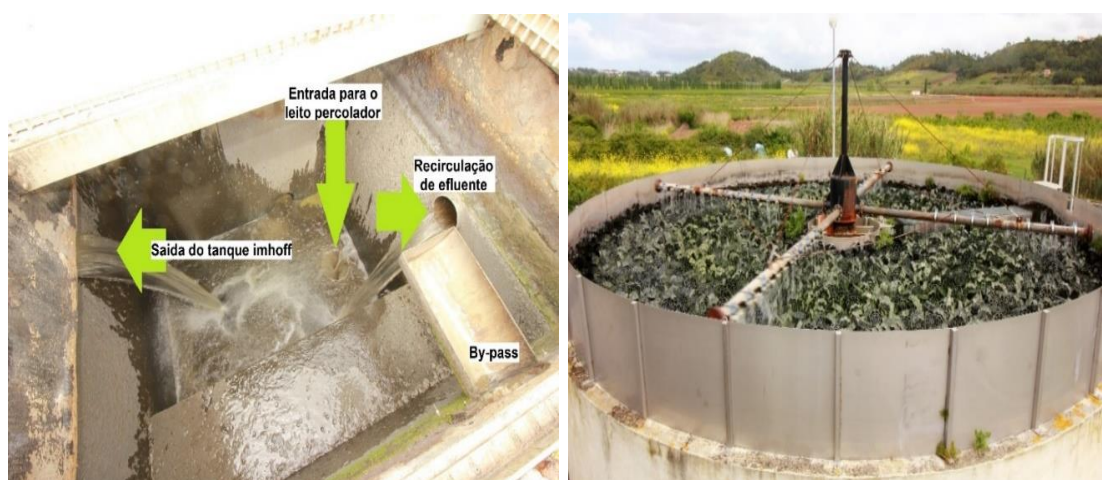


FIGURA 11 CÂMARA DE CARGA E LEITO PERCOLADOR DA ETAR DE ÓBIDOS

O funcionamento deste órgão foi avaliado através da eficiência de remoção de  $CBO_5$ , calculada a partir dos resultados do controlo analítico interno presentes no anexo 6 (tabela 16). Como se pode verificar, apesar da evolução positiva na eficiência do equipamento desde 2013, os valores apresentados até 2016 são baixos. Note-se que, previsivelmente, os leitos percoladores de alta carga apresentam eficiências de remoção de  $CBO_5$  entre 60% a 90%.[41]

TABELA 16 EFICIÊNCIA DO LEITO PERCOLADOR DA ETAR DE ÓBIDOS

Eficiência de Remoção - %	2013	2014	2015	2016
$CBO_5$	36,1	38,3	55,2	65,6

A baixa eficiência poderá ser justificada pela deficiente distribuição do efluente sobre o meio de enchimento, que promove, por ausência de alimento, a morte dos microrganismos responsáveis pela depuração. Efetivamente, a observação do leito percolador permitiu verificar que o distribuidor rotativo se apresentava muito degradado, com sinais de corrosão, o que causava alterações na distribuição do efluente (figura 11).

Assim, assume-se como prioritária a intervenção neste equipamento, de modo a corrigir os aspetos identificados. Em alternativa a esta ação, sugere-se o encaminhamento do afluente para tratamento na instalação a jusante, a ETAR da Charneca. Este procedimento permitirá o tratamento deste efluente com uma maior qualidade e com um menor custo, já que, para obter eficiências de tratamento elevadas, o sistema de leito percolador obriga a uma mão-de-obra operacional elevada. Além disso, beneficiará a ETAR da Charneca com relações de  $CBO_5/CQO$  mais elevadas, atenuando o efeito das descargas industriais pontuais na estação, já que o esgoto que chega à ETAR de Óbidos é na, sua maioria, doméstico.

Para implementar esta solução deverá ser assegurado o transporte do efluente através da conduta elevatória da instalação, pelo que se procedeu à verificação das condições do sistema de transporte, nomeadamente o estado da câmara de carga e a velocidade de escoamento.

O procedimento revelou valores médios de velocidade de escoamento de 0,30 m/s e caudal de 40 m<sup>3</sup>/h, que indicam que o escoamento se situa em metade do valor para verificação das condições de autolimpeza, não cumprindo o estabelecido no Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de agosto na alínea b), ponto 1, do seu artigo 133º, que refere que: “A velocidade de escoamento para o caudal de ponta no início de exploração não deve ser inferior a 0,6 m/s para coletores domésticos e a 0,9 m/s para coletores unitários e separativos pluviais”. [42]

Estes resultados indicam uma limitação no sistema de transporte, que irá provocar restrições no escoamento, havendo depósito de materiais sólidos no fundo da conduta elevatória, já que esta não revela condições para que se consiga limpar de forma autónoma. Uma solução a adotar

para a manutenção das condições de escoamento da conduta elevatória, passa pela limpeza da mesma com recurso a camião de limpeza industrial.

### 3.2.2 Medições e controlo da ETAR do Carregal

O procedimento adotado para a verificação das condições de operação na ETAR do Carregal foi idêntico ao da ETAR de Óbidos. Os resultados apresentados na tabela 17 permitem comparar a evolução desta instalação ao longo dos anos. No ano de 2014, a bomba de efluente final 1 apresentou uma redução do seu período de funcionamento que, de acordo com o histórico de operações desse ano, foi possível relacionar com a ocorrência de uma avaria. No ano de 2015, todos os equipamentos sofreram uma redução de funcionamento devido à redução de caudal que se fez sentir nesse ano.

TABELA 17 CONSUMO ENERGÉTICO DOS EQUIPAMENTOS DA ETAR DO CARREGAL

Equipamentos	Potência (kW)	2013		2014		2015		2016	
		Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)	Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)	Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)	Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)
Grade Mecânica	0,25	4396	1099	4190	1048	3189	797	4859	1215
Arejador	6,50	5699	37043	5323	34601	4665	30324	4596	29876
Bomba REC. Lamas 1	1,15	869	1000	948	1090	798	918	678	779
Bomba REC. Lamas 2	1,15	864	994	945	1087	795	914	680	782
Bomba Escorrências 1	0,83	27	22	26	21	6	5	11	9
Bomba Escorrências 2	0,83	26	21	25	21	5	4	11	9
Bomba EF. Final 1	26,93	1701	45806	1180	31767	1331	35834	1717	46236
Bomba EF. Final 2	28,39	1979	56187	2450	69562	1365	38746	1856	52705
Total		15561	142172	15086	139196	12154	107542	14407	131610

No ano de 2016, a instalação teve que sofrer uma paragem total para ser intervencionada e funcionou apenas até setembro. Esta intervenção teve como base a reparação do arejador do reator biológico da ETAR (figura 12), já identificado como tendo pouca eficiência de tratamento. Considerando que a intervenção seria demorada, sugeriu-se alterar o circuito da instalação, por forma a encaminhar o efluente recebido para tratamento na ETAR da Charneca, durante o período de tempo em que o equipamento estivesse em reparação. Esta alteração ao funcionamento permitiu a realização do estudo da qualidade do tratamento da instalação a jusante (ETAR da Charneca), com o incremento de cargas provenientes da ETAR do Carregal.



FIGURA 12 REATOR BIOLÓGICO DA ETAR DO CARREGAL

Salienta-se ainda que a ETAR do Carregal está construída numa cota inferior no perfil topográfico do sistema, pelo que é necessário elevar o caudal tratado para o emissário de descarga. A estação elevatória do efluente final é composta por dois grupos eletrobomba, que representam a grande parte do consumo energético da instalação (tabela 18). Os valores do consumo anual relativo dos equipamentos desta ETAR indicam que os dois grupos da estação elevatória final 1 e 2 representam cerca de 75,18% do consumo total da instalação; o arejador cerca de 22,7%; e os restantes equipamentos da instalação cerca de 2,12%.

Atendendo à importância dos dois grupos elevatórios do efluente final no consumo energético da ETAR procedeu-se à otimização do seu funcionamento, tendo-se verificado que, para o caudal máximo admissível (120 m<sup>3</sup>/h) e para uma frequência de 46,7 Hz, os grupos elevatórios apresentaram os valores de consumo apresentados na tabela 18. A elevação do mesmo caudal mediante a operação das bombas a frequências acima deste valor conduziu a consumos energéticos superiores, pelo que o valor de 46,7 Hz foi fixado como sendo o da frequência ótima de funcionamento destes equipamentos.

TABELA 18 CONSUMO ENERGÉTICO DOS GRUPOS ELEVATÓRIOS DE EFLUENTE FINAL EM OPERAÇÃO À FREQUÊNCIA ÓTIMA DE FUNCIONAMENTO

Equipamentos	Frequência Ótima - Hz	Consumo Energético - kWh
Bomba Ef. Final 1	46,7	26,93
Bomba Ef. Final 2	46,7	28,39

### 3.2.3 Medições e controlo da ETAR da Charneca

A ETAR da Charneca também foi objeto de avaliação, recorrendo a dados de consumo e número de horas de funcionamento (tabela 19).

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

Pela análise dos dados apresentados na tabela 19 foram identificados os equipamentos que são os maiores consumidores de energia nesta instalação. A centrífuga, os agitadores biológicos, os supressores biológicos e a bomba de lamas secas são os equipamentos que mais consomem energia na ETAR da Charneca. De acordo com os dados de consumo apresentados (tabela 19) e atendendo ao consumo energético anual da ETAR da Charneca em 2016 (anexo 7), verifica-se que estes equipamentos representaram 43% desse consumo.

TABELA 19 EQUIPAMENTOS DA ETAR DA CHARNECA COM MAIOR CONSUMO ENERGÉTICO

Equipamentos	Potência (kW)	2013		2014		2015		2016	
		Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)	Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)	Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)	Período de funcionamento (h)	Consumo (kWh)
Bomba Gorduras 1	0,8	811	649	1059	847	1740	1392	1639	1311
Bomba Gorduras 2	0,8	2041	1633	1804	1443	838	670	1167	934
Supressor 1	7,50	846	6345	804	6030	647	4853	683	5123
Supressor 2	7,50	848	6360	806	6045	643	4823	679	5093
Agitador Biológico 1	5,15	1899	9780	1804	9291	2448	12607	0	0
Agitador Biológico 2	5,15	751	3868	713	3672	5776	29746	2579	13282
Agitador Biológico 3	5,15	3587	18473	3408	17551	1618	8333	170	876
Agitador Biológico 4	5,15	3844	19797	3652	18808	7004	36071	8493	43739
Supressor Biológico 1	35,00	855	29925	817	28595	425	14875	0	0
Supressor Biológico 2	35,00	1108	38780	946	33110	1742	60970	1069	37415
Supressor Biológico 3	35,00	981	34335	1036	36260	1764	61740	1685	58975
Bomba Recirculação 1	2,90	5148	14929	4985	14457	4161	12067	5115	14834
Bomba Recirculação 2	2,90	4878	14146	4541	13169	4073	11812	5232	15173
Bomba Recirculação 3	2,90	5447	15796	5034	14599	3773	10942	5063	14683
Bomba Purga 1	2,50	673	1683	705	1761	880	2200	956	2390
Bomba Purga 2	2,50	663	1658	695	1737	856	2140	915	2288
Bomba escorrências 1	4,20	1058	4444	1027	4314	1081	4540	229	962
Bomba escorrências 2	4,20	2148	9022	2268	9526	1171	4918	4380	18396
Centrifuga	16,00	827	13232	659	10544	1029	16466	1223	19567
Doseador Poli. 1	0,56	703	395	560	315	874	492	850	478
Doseador Poli. 2	0,56	141	79	112	63	96	54	314	177
Bomba Lamas 1	3,00	836	2508	662	1986	944	2832	1157	3471
Bomba Lamas 2	3,00	6	18	8	24	24	72	5	15
Bomba Lamas Secas	8,25	810	6683	646	5330	1007	8308	1192	9834
Total		38057	252254	35888	237185	42036	310859	41989	266767

A utilização dos agitadores (figura 13) visa a circulação e mistura do fluido presente nas valas de oxidação. Como se pode verificar, o consumo associado aos agitadores 1 e 2 varia ao longo do tempo e é pouco significativo relativamente aos dos agitadores 3 e 4. Esta situação deve-se ao facto destes equipamentos estarem inseridos na vala de oxidação 1 (figura 13), que só é utilizada em caso de avaria no sistema, de necessidade de manutenção ou de alguma alteração inesperada na instalação.

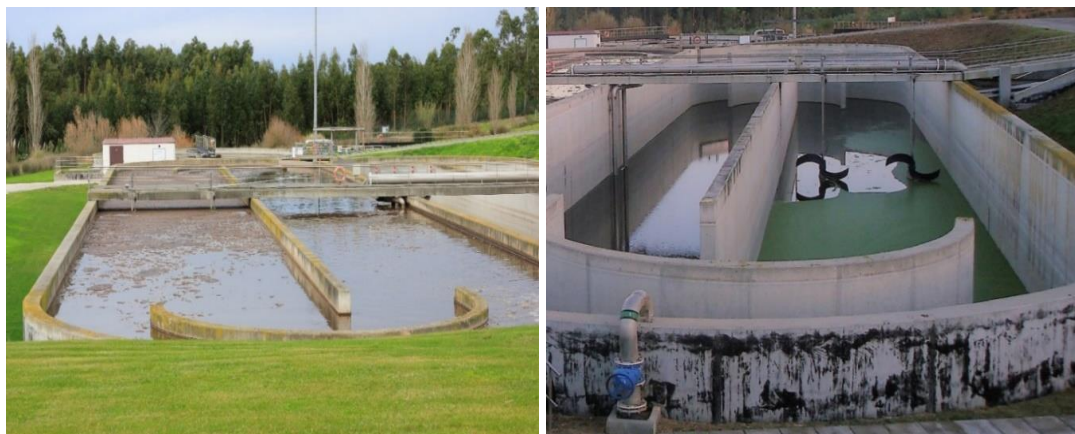


FIGURA 13 VALA DE OXIDAÇÃO E AGITADORES DE FLUXO DA ETAR DA CHARNECA

Os agitadores 3 e 4 são usados na vala de oxidação 2, estando associados a um consumo energético global regular no período 2013 a 2016. Consta-se, no entanto, que o seu modo de funcionamento se alterou a partir do ano 2015. Nos anos 2013 e 2014, estavam temporizados por forma a ter um período de descanso, funcionando alternadamente. No ano 2015, optou-se pelo funcionamento de apenas um dos equipamentos (agitador 4), uma vez que se verificou que esta situação era suficiente para a função desejada. Deste modo, o agitador 3 passou a estar desligado, ficando disponível apenas para uma eventual avaria; e o agitador biológico 4 passou a representar a maior parte do consumo energético.

O sistema de arejamento desta instalação representa o maior consumo de energia desta ETAR (figura 14). De acordo com os dados de consumo apresentados e atendendo ao consumo energético total da ETAR da Charneca entre 2013 e 2016 (tabela 19), verifica-se que, no ano de 2015, os supressores biológicos 1, 2 e 3 representaram 29% do consumo total desta instalação; e em 2016, cerca de 22%. A redução deveu-se à limpeza do sistema de arejamento em 2015, que permitiu um melhor escoamento do ar injetado nas valas de oxidação, aumentando a eficiência do arejamento.



FIGURA 14 SUPRESSORES BIOLÓGICOS DA ETAR DA CHARNECA

Considerando os valores registados, procedeu-se à avaliação da potência destes equipamentos em função da frequência de funcionamento, com o objetivo de aumentar a sua eficiência energética. Verificou-se que a frequência mais baixa e mais eficiente para o funcionamento destes equipamentos é de 29 Hz. Note-se que, de acordo com os dados do fornecedor, estes supressores obedecem a frequências mínimas de funcionamento de 25 Hz, para evitar desgastes e avarias. Assim, qualquer ajuste que possa ser feito nestes equipamentos não poderá ser inferior a esse valor.

Para a condição identificada (29 Hz) entendeu-se necessário verificar se os supressores biológicos asseguravam a quantidade necessária de O<sub>2</sub> no reator. A medição de OD na vala de oxidação, assumindo o funcionamento do supressor durante 10 minutos e um período de paragem de 20 minutos, indicou cerca de 2 mg/l (figura 15), estando dentro dos valores admissíveis (1,5 mg/l e 2 mg/l), durante o período de arejamento, para este tipo de tratamento.[43] De acordo com a remoção de CBO<sub>5</sub>, CQO e SST pretendida, este sistema e método de arejamento revelaram ser adequados.

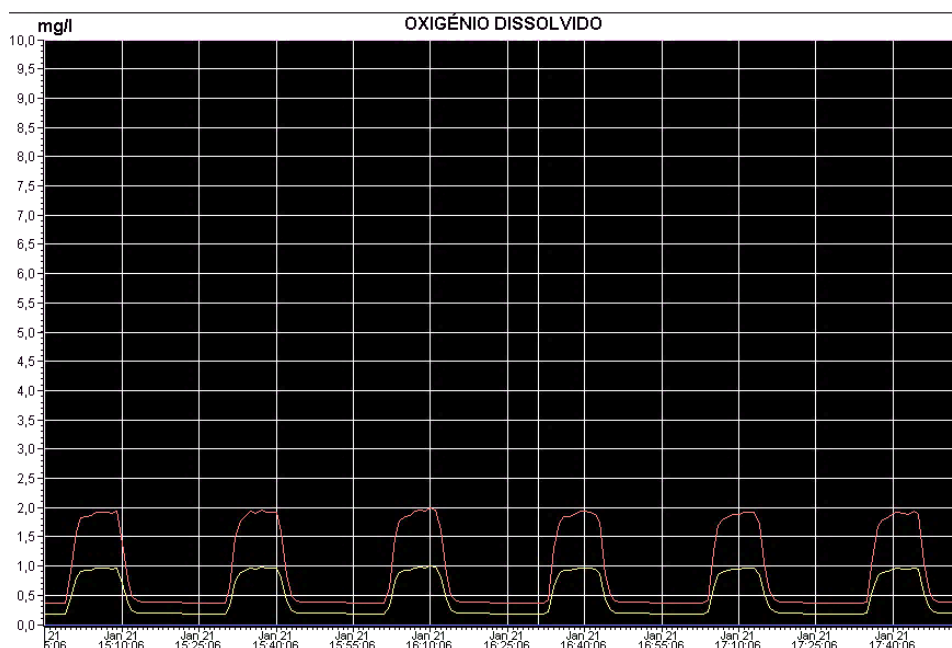


FIGURA 15 NÍVEL DE OXIGÉNIO NA VALA DE OXIDAÇÃO (JANEIRO 2016) (FONTE: ALVT)

(Linha Vermelha – OD vala oxidação 2; Linha Amarela – média OD (Vala 1 – Fora Serviço; Vala 2 – Em Funcionamento))

Os restantes equipamentos, nomeadamente, a centrífuga, as bombas de lamas, as bombas doseadoras de polímero e a bomba de lamas secas (que conduz as lamas para armazenamento no silo de lamas), fazem parte da operação de tratamento de lamas (tabela 19 e figura 16).



FIGURA 16 EQUIPAMENTOS DE DESIDRATAÇÃO DE LAMAS DA ETAR DA CHARNECA

De acordo com os dados de consumo apresentados e atendendo ao consumo energético total da ETAR da Charneca entre 2013 e 2016 (tabela 19), verifica-se que, no ano de 2015, esta fase de tratamento representou cerca de 6% do consumo total desta instalação; e em 2016, cerca de 7,5%.

Considerando o aumento do consumo energético nestes equipamentos, analisou-se o histórico de valores associados à etapa de desidratação, nomeadamente, ao consumo de polímero, à quantidade de lamas produzidas no sistema e ao número de horas despendidas nesta operação, durante os anos de 2015, 2016 e de 10 meses do ano de 2017 (tabela 20), com o objetivo de analisar a possibilidade de melhoria na eficiência e fiabilidade desta etapa de tratamento.

TABELA 20 ETAPA DE DESIDRATAÇÃO - ETAR DA CHARNECA

	Lamas Desidratadas - Toneladas (ton)			Consumo de Polímero (Kg)			Horas Desidratação - Mensal (Horas)				
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017		
Janeiro	0,00	219,28	233,72	Janeiro	0	225	225	Janeiro	0	101	95
Fevereiro	0,00	191,84	263,00	Fevereiro	0	200	275	Fevereiro	0	57	103
Março	92,61	320,00	345,68	Março	75	300	450	Março	28	109	157
Abril	186,37	315,84	296,26	Abril	250	350	425	Abril	72	114	150
Maió	396,03	315,94	236,12	Maió	425	200	275	Maió	149	92	119
Junho	208,54	383,00	146,54	Junho	275	250	125	Junho	93	100	79
Julho	275,82	248,36	143,20	Julho	200	225	150	Julho	101	92	84
Agosto	243,32	191,64	147,34	Agosto	325	300	300	Agosto	107	92	104
Setembro	272,54	188,24	179,82	Setembro	375	225	325	Setembro	123	99	111
Outubro	187,96	209,22	176,18	Outubro	200	250	275	Outubro	97	101	90
Novembro	258,36	146,16		Novembro	175	175		Novembro	103	88	
Dezembro	218,60	203,34		Dezembro	325	275		Dezembro	101	94	
MÉDIA	195,01	244,41	216,79	MÉDIA	219	248	283	MÉDIA	81	95	109

Note-se que a ausência de valores nos meses de janeiro e fevereiro de 2015 se deve à paragem da centrífuga para manutenção. De acordo com os resultados, verifica-se que a quantidade média de lamas produzidas aumentou no ano 2016 e sofreu um decréscimo durante o ano de 2017. A quantidade de polímero gasto e o número de horas médio de desidratação aumentaram durante os 3 anos.

Assim, identifica-se um decréscimo da eficiência desta fase de tratamento, associado a um gasto de reagente e a consumos energéticos superiores. A análise dos resultados em função da quantidade de lamas desidratada é apresentada na tabela 21.

TABELA 21 RESULTADOS DA DESIDRATAÇÃO MECÂNICA NA ETAR DA CHARNECA

<b>Lamas Desidratadas / Horas Desidratação - ton/hora</b>				<b>Polímero / Lamas Desidratadas - kg/ton</b>			
	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>		<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
Média	2,4	2,6	2,0	Média	1,1	1,01	1,3

Verifica-se que no período 2015/2016, a quantidade de lamas desidratadas aumentou cerca de 0,2 ton/hora, enquanto que o consumo de polímero diminuiu cerca de 0,09 kg/ton de lama desidratada. No período 2016/2017, a produção de lamas desidratadas diminuiu 0,6 ton/hora, enquanto que o consumo de polímero aumentou 0,29 kg/ton de lama desidratada. Os resultados apresentados comprovam que a etapa de desidratação apresenta uma redução de eficiência em 2017, sugerindo-se como valores de referência para a operação, o mínimo de 2,6 toneladas de lama desidratada por cada hora de desidratação e o consumo máximo de 1 kg de polímero por cada tonelada de lama desidratada.

A ETAR da Charneca integra ainda os serviços administrativos da entidade gestora e o controlo operacional do sistema litoral, através de um sistema de gestão à distância. Desta análise, verifica-se que a parte operacional/tratamento da instalação corresponde a 68% do consumo energético total da ETAR, estando os restantes 32% associados a consumos que dizem respeito ao edifício administrativo. Perante esta constatação, deverá ser desenvolvido um trabalho de avaliação deste edifício, para verificar a possibilidade de redução do seu consumo energético.

### 3.3 Soluções a adotar

Os sistemas estudados apresentam debilidades, nomeadamente, o desgaste de alguns equipamentos na ETAR de Óbidos e na ETAR do Carregal, que deveriam ser objeto de intervenção imediata.

A ETAR do Carregal, além da baixa eficiência do sistema de arejamento, apresenta um consumo energético específico (kWh/m<sup>3</sup>) muito elevado e não dispõe, na sua linha de tratamento, do número de equipamentos para desidratação de lamas suficiente para secar as lamas produzidas na instalação, tendo a necessidade de as enviar para desidratação na ETAR da Charneca.

Em contrapartida, o tanque Imhoff da ETAR de Óbidos tem uma eficiência elevada, justificando a manutenção desse equipamento na solução de alteração a adotar no sistema.

Na ETAR da Charneca podem identificar-se alguns aspetos positivos, nomeadamente, um processo de tratamento com baixo consumo energético específico ( $\text{kWh/m}^3$ ), uma elevada capacidade de desidratação de lamas e a disponibilidade de uma grande área de terreno, que permite a implantação de infraestruturas que venham a ser consideradas de interesse. Apesar da relação de  $\text{CBO}_5/\text{CQO}$  apresentar constantes reduções desde 2015, esta instalação apresenta uma elevada resiliência, na medida em que se encontra a funcionar só com uma vala de oxidação, contendo uma segunda (de reserva) na sua linha de tratamento. A redução de  $\text{CBO}_5/\text{CQO}$  reflete a afluência de águas residuais à ETAR com menor concentração de matéria orgânica biodegradável, o que deve ser controlado de modo a manter o elevado desempenho desta instalação.

Com base nesta análise justifica-se a opção de tratamento dos afluentes da ETAR de Óbidos e da ETAR do Carregal na ETAR da Charneca, sendo encaminhados através do emissário comum (figura 17). Considerando as condições atuais dos sistemas, e por forma a promover o uso eficiente dos equipamentos, sugere-se o envio dos efluentes da ETAR de Óbidos, após passagem pelo tanque Imhoff; e os da ETAR do Carregal, após passagem pela fase de pré-tratamento. Esta solução vai ao encontro de todos os requisitos técnicos que os sistemas apresentam neste momento, garantindo assim as características do efluente tratado. As soluções apresentadas têm consideram um baixo valor investimento e a possibilidade de reversão, caso se pretenda, garantindo o funcionamento das instalações tal e qual como foram concebidas. Esta abordagem permite adequar/adaptar o funcionamento das 3 ETAR, ficando a funcionar como um sistema único, que pode ser ajustado em função da necessidade e do desempenho da ETAR da Charneca.

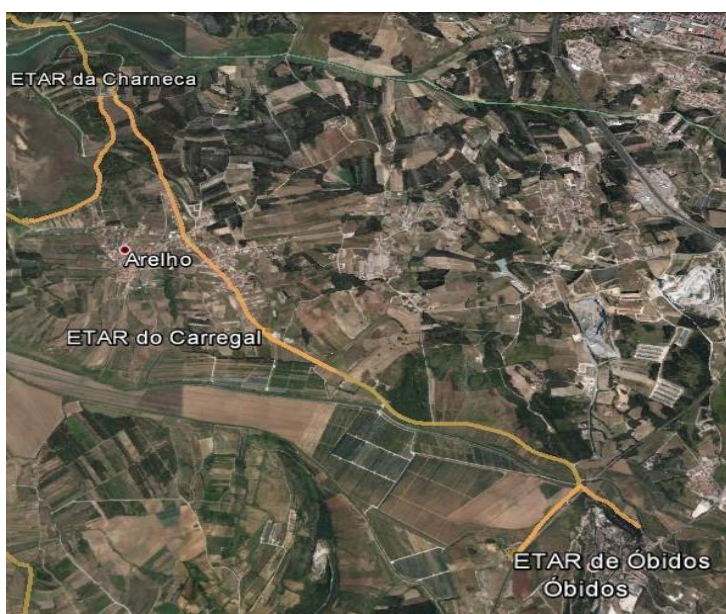


FIGURA 17 EMISSÁRIO DA ETAR DE ÓBIDOS E ETAR DO CARREGAL (FONTE: ADO)

As alterações sugeridas devem ser implementadas por fases, de modo a seguir a evolução do processo de tratamento na ETAR da Charneca. Atendendo à necessidade de intervenção imediata na ETAR do Carregal para reparação do sistema de arejamento, a ALVT S.A., optou por proceder às correções nesta instalação em primeiro lugar, tendo-se iniciado a alteração ao sistema em outubro de 2016. Como referido, o afluente que chega à entrada da instalação passa pela obra de entrada e é encaminhado para a estação elevatória final (figura 18), seguindo para tratamento na ETAR da Charneca. Este procedimento requer apenas o funcionamento do motor da grade mecânica na obra de entrada e dos grupos eletrobomba da estação elevatória final, ficando todos os outros equipamentos desligados.



FIGURA 18 ALTERAÇÃO FÍSICA DO ESCOAMENTO AFLUENTE BRUTO - ETAR DO CARREGAL

No período entre outubro de 2016 e setembro de 2017, a ETAR da Charneca foi monitorizada, de modo a verificar a eventual necessidade de ajustar a operação ao aumento do caudal e das cargas afluentes. No que se refere ao processo biológico, verificou-se que a instalação não teve necessidade de sofrer alteração a nível da temporização do sistema de arejamento, conseguindo assegurar a quantidade de oxigénio dissolvido necessária, garantindo a eficiência do tratamento biológico na vala de oxidação (figura 19).

Não havendo qualquer alteração ao nível do sistema de arejamento também não ocorreram oscilações do consumo energético específico ( $\text{kWh/m}^3$ ) nesta instalação. Uma vez que o sistema de arejamento é um dos principais consumidores de energia, a manutenção das condições de funcionamento do sistema constituiu um resultado bastante favorável no âmbito da alteração proposta.

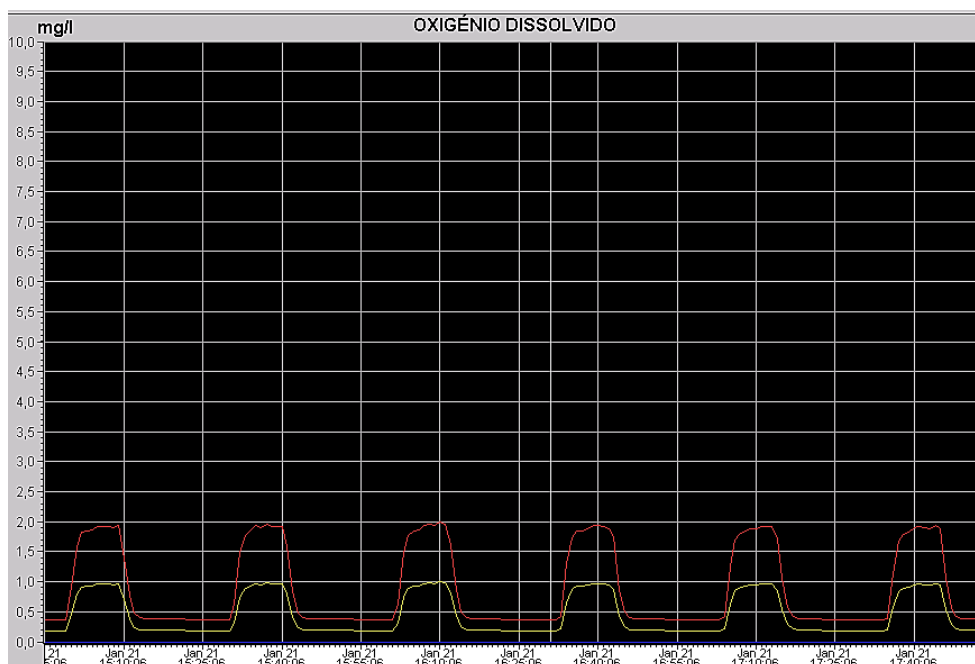


FIGURA 19 NÍVEL DE OXIGÉNIO NA VALA DE OXIDAÇÃO (JANEIRO 2017) (FONTE: ALVT)

(Linha Vermelha – OD vala oxidação 2; Linha Amarela – média OD (Vala 1 – Fora Serviço; Vala 2 – Em Funcionamento))

A produção média de lamas desidratadas na ETAR da Charneca foi avaliada no mesmo período, sendo comparada com a produção do período homólogo de 2015 a 2016 (tabela 22). Os resultados mostram que houve uma redução de cerca de 41,73 toneladas de lamas desidratadas entre outubro de 2016 e setembro de 2017, relativamente ao mesmo período, entre 2015 e 2016, verificando-se que a introdução das águas da ETAR do Carregal no processo depurativo da ETAR da Charneca não conduziu ao aumento dos custos associados ao processamento de lamas nessa instalação.

TABELA 22 PRODUÇÃO MENSAL DE LAMAS DESIDRATADAS NA ETAR DA CHARNECA (TON)

	2015	2016	2017
Janeiro	0,00	219,28	233,72
Fevereiro	0,00	191,84	263,00
Março	92,61	320,00	345,68
Abril	186,37	315,84	296,26
Maiο	396,03	315,94	236,12
Junho	208,54	383,00	146,54
Julho	275,82	248,36	143,20
Agosto	243,32	191,64	147,34
Setembro	272,54	188,24	179,82
Outubro	187,96	209,22	176,18
Novembro	258,36	146,16	
Dezembro	218,60	203,34	
<b>MÉDIA</b>		<b>253,26</b>	<b>212,53</b>

A alteração proposta para a ETAR de Óbidos é evidenciada na figura 20. Consiste na colocação de uma válvula para impedir a afluência do caudal tratado no tanque Imhoff ao leito percolador e no envio direto para a câmara de carga da conduta elevatória (indicado pela seta verde), através de tubagem e válvula já existente. Uma vez que se verificou que a conduta elevatória apresenta uma velocidade de escoamento baixa, que irá promover a sedimentação de partículas sólidas no fundo do coletor, prevê-se que esta alteração aumente a necessidade de limpeza com recurso a camião de limpeza.



FIGURA 20 ESQUEMA DE ALTERAÇÃO APÓS O TANQUE IMHOFF NA ETAR DE ÓBIDOS

(Quadrado azul – Válvula a implementar)

De modo a prever as condições de funcionamento da ETAR da Charneca depois do desvio adicional das águas residuais da ETAR de Óbidos, procedeu-se à avaliação das cargas de entrada expectáveis para a instalação, no que se refere aos parâmetros CQO, CBO<sub>5</sub> e SST. Tomou-se como referência o período entre janeiro de 2016 e junho de 2017.

A avaliação teve em conta as características das águas residuais recebidas nas três ETAR (caudal e concentração) e a eficiência do tanque Imhoff na ETAR de Óbidos (anexo 2). No que se refere à ETAR do Carregal, não tendo sido possível efectuar o controlo analítico da estação desde outubro de 2016, foram assumidos os valores médios à entrada da instalação, durante o período de janeiro até setembro 2016.

Com base nos dados apresentados no anexo 2 foram calculadas as cargas previstas afluentes à ETAR da Charneca com a implementação das sugestões referidas (anexo 8). A tabela 23

resume esses resultados, apresentando os valores anuais das cargas afluentes à ETAR da Charneca após as alterações, em tempo húmido (TH) e em tempo seco (TS).

TABELA 23 CARGAS PREVISTAS AFLUENTES À ETAR DA CHARNECA

Parâmetro	Unidade	Horizonte de Projecto (HP)	Média TH	Média TS	Min. TH	Max. TH	Min. TS	Max. TS
<b>CBO<sub>5</sub></b>	kg/dia	1 766	373	644	114	868	262	1519
<b>CQO</b>	kg/dia	3 532	1261	2407	484	2046	713	9807
<b>SST</b>	kg/dia	2 649	674	1083	214	2251	240	5069

Legenda : TH - Tempo Humido ; TS - Tempo Seco

Como se pode verificar, as cargas médias previstas em tempo húmido e em tempo seco apresentam valores significativamente abaixo das assumidas para o horizonte de projeto da instalação. De acordo com os valores médios, ter-se-á, em relação ao horizonte de projeto, a afluência de uma corrente com cerca de 36% de CBO<sub>5</sub>, 68% de CQO e 41% de SST. Apenas as cargas máximas de CQO e de SST, em tempo seco, ultrapassam as admissíveis, verificando-se que os valores são, respetivamente, cerca de 3 e 2 vezes superiores aos do horizonte de projeto, podendo criar algumas dificuldades na operação desta instalação.

A tabela 24 mostra a carga orgânica volúmica alimentada ao reator biológico nas condições propostas, revelando que os valores médios para o tempo húmido e tempo seco estão abaixo do valor de horizonte de projeto desta instalação (< 0,4 kg/m<sup>3</sup>.dia). De acordo com os valores referência (0,1 - 0,4 kg/m<sup>3</sup>.dia), verifica-se que a instalação está a funcionar próximo do limite mínimo, pelo que poderá receber cargas de CBO<sub>5</sub> mais elevadas e manter o funcionamento dentro dos limites para a qual foi dimensionada.

TABELA 24 CARGA ORGÂNICA VOLÚMICA AFLUENTE À ETAR DA CHARNECA

Parâmetro	Unidade	Horizonte de Projecto (HP)	Média TH	Média TS
<b>CBO<sub>5</sub></b>	kg/m <sup>3</sup> .dia	0,1 - 0,4	0,08	0,15

Legenda : TH - Tempo Humido ; TS - Tempo Seco

Por forma a controlar a produção específica de lamas e o consumo específico de polímero nas ETAR em estudo, para os indicadores IAR07 e IAR08, sugere-se a adoção de metas para as 3 instalações estudadas, de acordo com a proposta já anteriormente apresentada (tabela 12 da Secção 3.1). A EG deverá intentar esforços no sentido de melhorar as práticas/procedimentos que garantam a redução dos valores dos indicadores IAR07 e IAR08 abaixo das metas

sugeridas. Nesse sentido é importante a determinação dos indicadores de forma fiável. A avaliação da concentração de lamas espessadas e da percentagem de MS de cada etapa de desidratação com um maior rigor e periodicidade, irá permitir calcular a quantidade de lamas produzidas por cada instalação (ETAR do Carregal e ETAR da Charneca).

De modo a reduzir os custos energéticos na ETAR da Charneca sugerem-se ainda três alterações, que se consideram capazes de otimizar a instalação e aproveitar os benefícios das energias renováveis disponíveis para este sector.

Uma das medidas propostas consiste em aumentar a utilização dos equipamentos de desidratação mecânica ao fim-de-semana, uma vez que, neste período, o custo da energia é mais baixo. Já que a empresa labora 7 dias por semana é possível tirar partido dessa vantagem, evitando a utilização destes equipamentos durante a semana.

Atendendo a que o número total de horas de desidratação para o ano de 2016 foi de 1139 horas (tabela 20), sendo 173 horas realizadas ao fim-de-semana (apenas cerca de 15%), considera-se possível aumentar a utilização da etapa de desidratação nos fins-de-semana para um valor de 50%, se se melhorar a distribuição dos colaboradores da equipa de operação durante o período de laboração. Além da adequação da equipa de operação, é importante fazer um acompanhamento mais regular do processo, de modo a verificar a evolução do número de horas de desidratação durante o período recomendado.

A segunda solução a adotar consiste na alteração da temporização do sistema de arejamento da instalação durante o tarifário de ponta. Este procedimento é possível, no entanto, para haver um ciclo automático, é necessário reprogramar o *software* de telegestão, de modo a serem inseridos os horários correspondentes aos tarifários de ponta e de cheia, permitindo que o sistema cumpra as várias temporizações nos períodos desejados, durante o ciclo de verão e de inverno.

O objetivo desta medida é a redução do consumo de energia, além de que poderá haver um melhor aproveitamento da energia consumida para o estritamente necessário, cumprindo a regulação e a base legal a que está obrigada.

A temporização durante os períodos de ponta passaria a ser de 10 minutos a funcionar e 30 minutos em descanso (a temporização normal de funcionamento, durante as 24 horas, é de 10 minutos a funcionar e 20 minutos em descanso). Esta medida foi testada manualmente, ao longo do mês de janeiro de 2017, para acompanhar a reação do sistema à mudança, não se tendo verificado grandes alterações do nível de oxigénio dissolvido na vala de oxidação (figura 19 vs. figura 21).

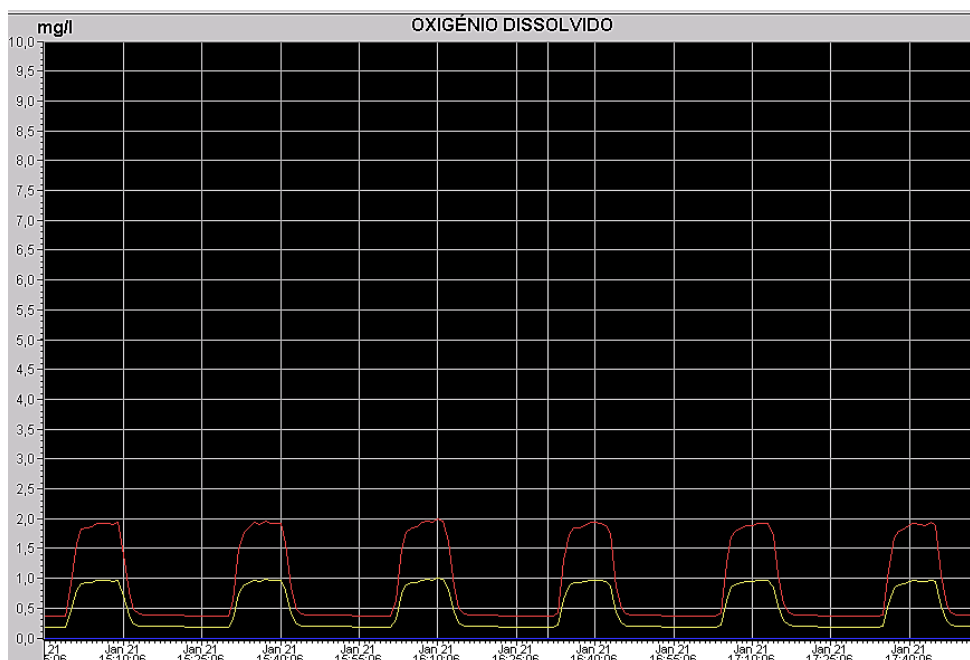


FIGURA 21 NÍVEL DE OXIGÉNIO VALA DE OXIDAÇÃO (JANEIRO 2017) (FONTE: ALVT)

(Linha Vermelha – OD vala oxidação 2; Linha Amarela – média OD (Vala 1 – Fora Serviço; Vala 2 – Em Funcionamento))

Atendendo a que a energia elétrica é indispensável ao funcionamento desta instalação e representa, por isso, um custo significativo, sugere-se, por último, a adoção de um sistema de solar fotovoltaico para autoconsumo, tendo como base o enquadramento legal para unidades para autoconsumo (UPAC) previsto no D.L. nº 153/2014, de 20 de outubro.

O estudo de aplicação do sistema baseou-se nos consumos da instalação (anexo 7) e na desagregação dos mesmos nos diversos tarifários (vazio, super-vazio, ponta e cheia) no ano de 2016 (figura 22), na potência média registada (60 kW) e na localização da instalação.

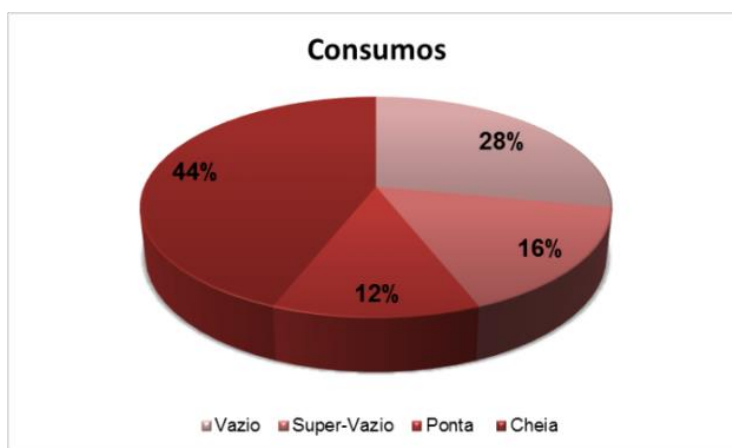


FIGURA 22 DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS POR TARIFÁRIO NA ETAR DA CHARNECA

Estes dados foram objeto de análise com recurso ao simulador *PVsyst@Photovoltaic Software*, versão 6.7 da *Tutorial PVsyst SA*, assim como a análise de sombreamento e inserção

arquitetónica, através do software *SketchUp® da Microsoft* (figura 23). Utilizou-se o programa de cálculo em *Excel PROSUMER* fornecido pela *CK-CRITICAL KINETICS*.

O dimensionamento do sistema proposto resultou na determinação da disposição, da orientação e do ângulo de inclinação dos módulos, e da área de implantação necessária. O local selecionado para a instalação do sistema teve em consideração a área disponível na ETAR e a menor distância ao posto de transformação, que induz um custo mais reduzido no próprio sistema a instalar. O sistema fotovoltaico foi dimensionado por forma a cobrir parte das necessidades de energia na ETAR da Charneca, tendo sido selecionado um sistema de 64,8kWp que, comparando com o consumo da ETAR da Charneca, evidência a melhor rentabilidade que se pode alcançar para uma UPAC, com o mínimo desperdício de energia produzida (anexo 9).

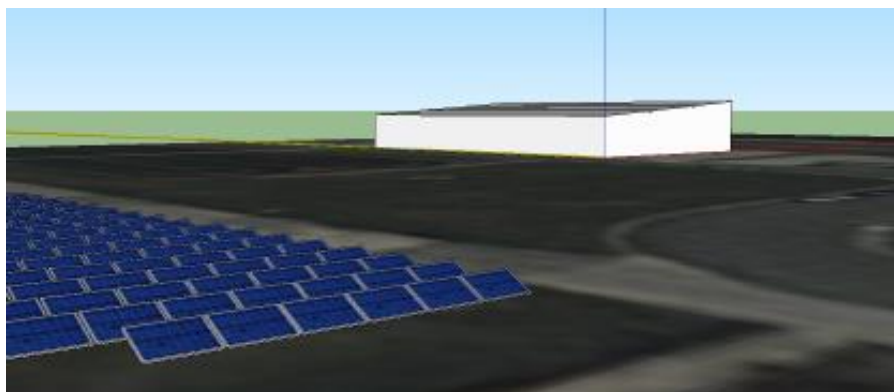


FIGURA 23 PROPOSTA DE LOCALIZAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

A consulta ao mercado de comércio liberalizado de energia já é um procedimento da entidade gestora. Atendendo a que os contratos estabelecidos para o fornecimento de energia às instalações carecem de um concurso público, e que a adjudicação é feita pelo valor mais baixo, este procedimento já está implementado na empresa, sendo assegurada a compra do kWh pelo custo mais baixo possível. Este procedimento é adequado para o efeito e deve ser mantido, segundo as normas para as quais a EG se rege para a contratação pública.

### 3.4 Viabilidade Económica das soluções propostas

A validação das propostas apresentadas teve por base a avaliação dos custos anuais associados às alterações assumidas e dos benefícios anuais resultantes dessas alterações (tabela 25).

TABELA 25 ALTERAÇÕES SUGERIDAS - CUSTOS E BENEFÍCIOS

Custos €/Ano		Benefícios €/Ano	
Alteração fluxo ETAR Óbidos	1698	Controlo analítico externo	1565
Limpeza da conduta elevatória com recurso a camião de limpeza industrial	1000	Energia evitada	6534
		Alteração desidratação fins-de-semana	384
		Desvio de consumos no tarifário de Ponta	764
TOTAL	2698	TOTAL	9247

No âmbito dos custos associados consideram-se as alterações/retificações que permitem adequar o funcionamento das ETAR de Óbidos e do Carregal às soluções propostas, nomeadamente, a alteração do fluxo na ETAR de Óbidos e, por consequência, a limpeza da conduta elevatória e emissário entre esta instalação e a ETAR do Carregal, que representam um investimento de 1698 € e 1000 €, respetivamente (orçamento apresentado no anexo 10).

Em contrapartida, com os desvios de caudal que se verificam nas instalações de Óbidos e Carregal, o controlo analítico externo deixa de ser obrigatório, pelo que será menor o custo para a empresa, representando uma poupança de 1565 €.

Na solução proposta, a alteração de funcionamento destas duas instalações remete para a paragem de alguns equipamentos, o que representa uma redução no consumo de energia das instalações de 63324,36 kWh/ano. Avaliando o custo energético que cada instalação representa, este valor perfaz uma economia direta de 6534 €/ano, calculado com base no custo da energia contratada (€/kWh) para cada uma das instalações. Na ETAR da Charneca, foram propostas duas medidas que se comprovam viáveis na sua aplicação e que se traduzem também num maior aproveitamento de cada equipamento em períodos tarifários com custos mais reduzidos. A primeira remete para a utilização da etapa de desidratação durante os fins-de-semana, induzindo uma redução de custo no valor de 384 €/ano. Este cálculo teve como base os custos por kWh em cada período horário de cada tarifário, os horários legais de verão e inverno e a correspondência de utilização desta etapa durante o período diurno da 8h às 17h.

A segunda medida proposta para esta instalação complementa a adoção de uma temporização alternativa em horários de ponta (tarifário onde o custo da energia é mais elevado), que permita o cumprimento dos requisitos quantitativos e qualitativos do tratamento desta instalação. Esta medida foi avaliada na mesma perspetiva da primeira, contudo, a redução que foi calculada tem como base o período de ponta durante a semana e o período de cheia durante o fim-de-semana. Com base nestes pressupostos, o valor que corresponde a esta poupança é de 764 €/ano, evitando assim o consumo de 4054 kWh/ano.

Atendendo à avaliação dos custos e ao valor que se poupa verifica-se que o retorno do investimento nas alterações será de 3,4 meses. O valor apresentado foi calculado através da

divisão dos benefícios pelos custos, tendo em consideração a soma dos valores de poupança anuais

(9247 €) e o custo associado às alterações referidas (2698 €).

Para a solução proposta para o sistema de autoconsumo assume-se um custo de 58 770 €. Este valor teve em conta a análise da produtividade/eficiência do sistema em 25 anos de vida útil e os seguintes fatores:

- Aumento de energia elétrica de 3% ao ano;
- Taxa de atualização do capital de 2%;
- Depreciação anual da produção em 0,7% (valor indicado pelo fornecedor dos painéis);
- Manutenção anual do sistema de 1% do montante investido.

Atendendo aos resultados desta simulação e aos benefícios esperados com a implementação do sistema fotovoltaico, obtiveram-se as seguintes referências económico/financeiras: Valor Atualizado Líquido (VAL), Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), Retorno de Investimento (ROI) e o período de retorno (PRI) (tabela 26). Estes valores permitem avaliar, com rigor, a viabilidade da solução proposta. Este projeto apresenta um investimento inicial de 58 770 €, para um período de utilização de 25 anos. O VAL é de 231 671,03€, que segundo o critério financeiro  $VAL \geq 0$ , demonstra a viabilidade do projeto. O valor da TIR (19%) representa a taxa anual líquida de rentabilidade do sistema para o tempo que foi dimensionado. Através dos critérios financeiros deduziu-se o ROI, que apresenta o valor de 3,94€ para cada € investido neste sistema, permitindo verificar que o projeto é rentável ( $ROI > 1$ ). O PRI indica o tempo de retorno do investimento do projeto, que neste caso é de 4 anos e 11 meses, considerado favorável do ponto de vista financeiro para um projeto a 25 anos.[44]

TABELA 26 REFERÊNCIAS ECONÓMICO/FINANCEIRAS

Referências	Valores para o período 25 anos
Investimento	58 770 €
VAL	231 671,03 €
TIR	19%
ROI	3,94 €
PRI	4 anos e 11 meses
Custo Wp/instalado	0,88 €

Esta solução, que constitui a utilização de uma energia renovável, contribui para a redução da pegada de carbono em 1 218 710 kg CO<sub>2</sub> eq, considerando o período em que foi realizado o estudo do sistema de autoconsumo.[36] Este sistema poderá ser ampliado caso, no futuro, o sistema da ETAR da Charneca sofra algum aumento do consumo energético.

## Capítulo 4 – Conclusões e propostas para trabalho futuro

Este capítulo resume as principais conclusões que resultaram da análise e otimização de três ETAR da empresa Águas do Tejo Atlântico S.A.

As infraestruturas analisadas são essenciais para o cumprimento dos requisitos legais das águas residuais descarregadas. No entanto, verifica-se que apresentam custos de operação elevados, em particular no que se refere ao consumo energético.

A ETAR de Óbidos inclui uma etapa de pré-tratamento que permite reter uma grande parte dos sólidos grosseiros afluentes à instalação. O tanque Imhoff revela uma eficiência elevada e os sólidos em excesso poderão ser desidratados com recurso aos leitos secagem. Esta instalação inclui ainda uma conduta elevatória e emissário que permite ligar esta instalação à ETAR do Carregal, favorecendo o envio de efluentes com uma boa biodegradabilidade para a ETAR da Charneca.

O processo de tratamento da ETAR do Carregal apresenta alguma fragilidade quanto às exigências dos indicadores IAR03 (Eficiência mássica de remoção de CBO<sub>5</sub>), IAR04 (Eficiência mássica de remoção de CQO) e IAR05 (Eficiência mássica de remoção de SST), quando as concentrações dos parâmetros analisados à entrada são mais reduzidas. Está associada a um elevado consumo de energia no tratamento de águas residuais (IAR06), que deve reduzir. Devido à produção constante de lamas nesta instalação, verificam-se limitações na etapa de desidratação (leitos de secagem). A instalação inclui uma estação elevatória final que eleva os efluentes para o exutor submarino e/ou para a ETAR da Charneca, útil para as soluções apresentadas neste trabalho.

Atualmente, devido à necessidade de reparação do arejador de superfície, a ETAR do Carregal já se encontra a enviar os seus efluentes para a ETAR da Charneca. O encaminhamento faz-se depois do pré-tratamento (grade mecânica), através da estação elevatória final, concluindo-se ser uma solução a manter. De acordo com esta opção de tratamento, a linha de tratamento biológico desta estação está desligada, no entanto, recomenda-se a reposição do arejador na instalação após reparação, de modo a permitir a reversão futura da alteração efetuada, caso seja necessário.

Apesar da ETAR da Charneca apresentar, em alguns períodos, uma redução significativa dos indicadores IAR03 (Eficiência mássica de remoção de CBO<sub>5</sub>), IAR04 (Eficiência mássica de remoção de CQO) e IAR05 (Eficiência mássica de remoção de SST) está associada a um reduzido consumo de energia no tratamento de águas residuais (IAR06) e uma grande capacidade de tratamento. O estudo efectuado permitiu concluir que a perda de eficiência nesta

instalação (IAR03, IAR04 e IAR05) se deve à baixa biodegradabilidade dos efluentes que recebe.

As alterações ao funcionamento das infraestruturas estudadas, apresentadas neste trabalho, não envolvem custos elevados e permitem um melhor aproveitamento das potencialidades de um funcionamento integrado. Uma das soluções possíveis para o sistema passa por enviar os afluentes das ETAR do Carregal e de Óbidos para a ETAR da Charneca. Espera-se que esta opção possa melhorar o desempenho desta instalação, já que, ao contrário dos efluentes que chegam a esta ETAR, os que são alimentados às ETAR do Carregal e de Óbidos apresentam uma boa biodegradabilidade.

Além disso, esta proposta assenta no facto da ETAR da Charneca apresentar um consumo energético específico baixo e uma capacidade de tratamento elevada, tendo ainda uma vala de oxidação de reserva, que permite aumentar os caudais tratados.

A solução na ETAR de Óbidos permite tirar partido da eficiência do tanque Imhoff e dos leitos de secagem (etapa de desidratação), reduzindo os indicadores IAR06 (consumo de energia no tratamento de águas residuais) e o IAR08 (consumo de polímero). O leito percolador apresenta eficiências reduzidas e algumas debilidades quanto ao seu funcionamento, não se considerando pertinente manter o seu funcionamento.

A alteração apresentada para a ETAR do Carregal contribui para a redução dos valores do indicador IAR06 (consumo de energia no tratamento de águas residuais) e para que os afluentes admitidos a esta instalação possam receber um tratamento com maior qualidade, tranquilizando o técnico responsável e a sua equipa, de uma constante preocupação de instabilidade da instalação.

Quanto à desidratação mecânica, a ETAR da Charneca está equipada com uma centrífuga, que permite a desidratação de uma quantidade elevada de lamas. No entanto, atendendo ao consumo energético associado à desidratação mecânica, recomenda-se o aumento da utilização deste equipamento aos fins-de-semana, de modo a garantir um aproveitamento da energia da rede a valores mais reduzidos.

O funcionamento preliminar da ETAR da Charneca nas condições propostas (com a afluência das águas residuais provenientes da ETAR do Carregal desde outubro de 2016) indica que o processo de tratamento não sofreu alterações, tendo sido possível assegurar a quantidade de oxigénio requerida na vala de oxidação sem alteração da temporização dos supressores biológicos, o que é vantajoso, já que, apesar do acréscimo de caudal, se mantém consumo específico energético (IAR06) na instalação.

Uma vez que o consumo energético na ETAR da Charneca é elevado, recomenda-se a implementação de um sistema de autoconsumo em painéis fotovoltaicos na área de terreno disponível na ETAR. A sua instalação iria reverter em ganhos económicos e ambientais significativos para a empresa.

De acordo com a EG, as propostas apresentadas no âmbito deste trabalho terão aplicabilidade real no sistema em estudo, consolidando a estratégia de gestão seguida pela empresa.

A sua aplicação contribuirá para otimização de recursos humanos de operação e manutenção, energia e controlo analítico, permitindo assim assegurar o tratamento das águas residuais afluentes com elevada qualidade e eficiência, sendo possível aumentar a disponibilidade desses meios para a ETAR da Charneca e outras instalações da mesma área de operação.

Aproveitando a experiência adquirida, poderá ser interessante, no futuro, dar continuidade a este trabalho, sugerindo-se o seguinte:

- Estudar uma solução para um sistema de autolimpeza no emissário da ETAR de Óbidos, promovendo um maior e melhor escoamento do mesmo, sem que a organização tenha que recorrer a um prestador de serviços externo.
- Verificar a viabilidade de construção de um sistema de produção de biogás na ETAR da Charneca (digestão mesofílica), garantindo a produção de energia nessa instalação.
- Estudar a eficiência energética no edifício administrativo da ETAR da Charneca, por forma a perceber quais as suas debilidades térmicas e poder aumentar a eficiência, reduzindo o seu percentil de consumo na fatura energética desta instalação.

Para a organização é importante que os esforços que venham a ser realizados se possam refletir num aumento da qualidade do serviço prestado com menores consumos energéticos associados.

## Bibliografia

- [1] A. Serra, “Saneamento em Portugal Duas décadas de um processo de mudança,” 2009.
- [2] Parlamento Europeu e do Conselho, “Diretiva 2012/27/UE,” *J. Of. da União Eur.*, pp. 1–56, 2012.
- [3] A. Guerrini, G. Romano, and A. Indipendenza, “Energy efficiency drivers in wastewater treatment plants: A double bootstrap DEA analysis,” *Sustain.*, vol. 9, no. 7, pp. 1–13, 2017.
- [4] M. Molinos-Senante, F. Hernandez-Sancho, and R. Sala-Garrido, “Benchmarking in wastewater treatment plants: A tool to save operational costs,” *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 16, no. 1, pp. 149–161, 2014.
- [5] Henriques.J and Catarino.J, “Ecoefficiency in Portuguese WWTP,” *Apresentado 5º Int. Work. Adv. Clean. Prod. Bras.*, 2015.
- [6] S. Carlson and A. Walburger, “Energy index development for benchmarking water and wastewater utilities,” *Am. Water Work. Assoc. Res. Found. CDH Energy Corp., Evansville, Wis*, 2007.
- [7] J. Daw, K. Hallett, J. DeWolfe, and I. Venner, “Energy Efficiency Strategies for Municipal Wastewater Treatment Facilities,” *Tech. Rep. NREL/TP-7A30-53341 January 2012*, p. 25, 2012.
- [8] Governo de Portugal, “Programa Operacional da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos,” vol. 2014, pp. 1–175, 2014.
- [9] C. Hamlin, “Edwin Chadwick and the engineers, 1842-1854: systems and antisystems in the pipe-and-brick sewers war.,” *Technol. Cult.*, vol. 33, no. 4, pp. 680–709, 1992.
- [10] Governo de Portugal, “Programa Operacional da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos,” *Programas Operacionais Temáticos no Cont.*, 2014.
- [11] J. Peças, “Economias de escala no sector das águas em Portugal: uma reflexão crítica - Mestrado de Ciências Empresariais,” Instituto Superior de Economia e Gestão, 2013.
- [12] J. Galvão, S. Leitão, S. Malheiro, and T. Gaio, “Microgeneration model in energy hybrid system - Cogeneration and PV panels,” *SPEEDAM 2010 - International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*. pp. 1812–1817, 2010.
- [13] “Green Savers.” [Online]. Available: <https://greensavers.sapo.pt/2014/01/portugal-bateu-recorde-de-energia-renovavel-em-2013/>. [Accessed: 26-May-2017].
- [14] Ministério do Ambiente, “Decreto-Lei n.º 305-A/2000 de 24 de Novembro,” *Diário da República - 1.ª Série-A*, vol. N.º 272, p. 6714, 2013.
- [15] “Ambienteonline.” [Online]. Available: <http://ambienteonline.pt/directorios/entidade/22>. [Accessed: 01-Sep-2017].
- [16] Ministério do Ambiente, “Decreto-Lei n.º 94/2015 de 29 de Maio,” *Diário da República - 1.ª série*, vol. N.º104, pp. 3300–3327, 2015.
- [17] Aguas de Lisboa e Vale do Tejo S.A., “ADLVT.” [Online]. Available: <http://www.adlvt.pt/index.php/pt/destaques/aguas-de-lisboa-e-vale-do-tejo-inicia-atividade/>. [Accessed: 06-Jun-2016].
- [18] Águas de Portugal S.A., “ADP - Grandes competências que se aplicam na valorização do ambiente e da qualidade de vida,” Lisboa, 2010.

- [19] “PENSAAR 2014-2020; Uma estratégia ao serviço da população: Serviços de qualidade a um preço sustentável,” 2014.
- [20] ODS and Ecotécnica, “Empreitada de reabilitação das Etar de Óbidos - Memória descritiva e justificativa,” 2004.
- [21] M. Von Sperling, *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- [22] “Ecoalcance.” [Online]. Available: [http://www.ecoalcance.net/index\\_ficheiros/gradagem.htm](http://www.ecoalcance.net/index_ficheiros/gradagem.htm). [Accessed: 13-May-2017].
- [23] “Etar.blogs.sapo.pt.” [Online]. Available: <http://etar.blogs.sapo.pt/2674.html>. [Accessed: 13-May-2017].
- [24] ODS and Ecotécnica, “Empreitada de reabilitação das Etar do Carregal - Memória descritiva e justificativa.” 2004.
- [25] JOCA and CERVITER, “Compilação técnica - ETAR Charneca.” 2004.
- [26] “International Water Association.” [Online]. Available: <http://www.iwa-network.org/about-us/>. [Accessed: 20-May-2017].
- [27] S. Quadros, M. J. Rosa, and H. Alegre, “Avaliação De Desempenho de Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas. Proposta de Indicadores de Avaliação de Desempenho Global,” *Apresentado 13º Encontro Nac. Saneam. Básico, Covilhã*, 2008.
- [28] P. Vieira, “Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água para consumo humano - Tese para a obtenção do grau de doutor no ramo Ciências e Tecnologias do Ambiente, especialidade de Tecnologias do Ambiente),” Universidade do Algarve, 2009.
- [29] S. Cristina and A. Jorge, “Avaliação de desempenho de ETAR urbanas - Projeto Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente,” Instituto Politecnico de Leiria, 2016.
- [30] Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos, *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal*, vol. 1. 2016.
- [31] A. Helena, R. Matos;, E. Neves;, A. Cardoso;, and P. Duarte;, *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores - 2.ª geração do sistema de avaliação*, 2ª Edição. 2013.
- [32] Ministério do Ambiente, “Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho de 1997,” *Diário da República - 1ª Série-A*, vol. Nº 139, pp. 2959–2967, 1997.
- [33] G. Venkatesh and H. Brattebø, “Energy consumption, costs and environmental impacts for urban water cycle services: Case study of Oslo (Norway),” *Energy*, vol. 36, no. 2, pp. 792–800, 2011.
- [34] R. A. Brealey, S. C. Myers, and F. Allen, *Princípios de Finanças corporativas*, 10ª Edição. 2013.
- [35] J. Berk and P. DeMarzo, “Corporate Finance,” 3ª Edição., Pearsonhighered, 2003, pp. 337–429.
- [36] Ministério da Economia e da Inovação, “Despacho n.º 17313/2008,” *Diário da República*, 2ª Série, vol. N.º 122, pp. 27912–27913, 2008.
- [37] G. Tchobanoglous, F. L. Burton, and H. D. Stensel, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Metcalf & Eddy, Inc.*, vol. 4, no. 3. 2004.

- [38] A. Nicolau, M. Jo, M. Mota, N. Lima, R. Para, and P. Crescimento, “Importância da identificação das espécies responsáveis pelo crescimento filamentoso nas etars,” no. 1, pp. 1–10.
- [39] Ministério do Ambiente, “Decreto-Lei nº 276/2009 de 2 de Outubro - Regime jurídico de utilização agrícola das lamas de depuração em solos agrícolas.,” *Diário da República nº 192, Série I 2 Outubro 2009.*, pp. 7154–7165, 2009.
- [40] T. Asmus, “Tank Imhoff.” [Online]. Available: <https://www.wwoa.org/history/treatment/>. [Accessed: 25-Feb-2018].
- [41] A. Catarina and M. Quinteiro, “Análise da eficiência relativa de remoção dos leitos percoladores da ETAR do Choupal - Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Processos Químicos e Biológicos,” Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2012.
- [42] Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, “Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto,” *Diário da República - 1 Série-B*, vol. N.º 194, pp. 5284–5319, 1995.
- [43] D. L. Cotrim, “Otimização das condições de arejamento do tratamento biológico da ETAR da Ericeira - Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão da Água,” Universidade Nova de Lisboa, 2013.
- [44] A. Zunido and G. M. e Varco, “Análise Financeira de Projectos de Software (VAL, TIR e PRI),” pp. 1–8, Dec-2006.

## Anexos

### ANEXO 1 LICENÇAS DE DESCARGA DE ÁGUAS RESIDUAIS



#### LICENÇA DE UTILIZAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA REJEIÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Emitida nos termos do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio

##### 1 - Identificação da Utilização

Número:	2011.001719.000.T.L.RJ.DAR
Data de emissão:	2011-06-29
Data de validade:	2016-06-29

##### 2 - Identificação do Titular

Nome:	ÁGUAS DO OESTE. S.A.
NIF:	505311593
Morada:	CONVENTO DE S. MIGUEL DAS GAEIRAS
Código postal:	2510-718 GAEIRAS

##### 3 - Localização da Utilização (Sistema de referência PT-TM06-ETRS89)

M (m):	-95797
P (m):	-23989
Designação ou local:	EXUTOR SUBMARINO DA FOZ DO ARELHO

##### 4 - Caracterização da Utilização

Domínio:	PÚBLICO
Caução (€):	35000.00
Ano horizonte:	2030
População inicial (e.p.):	60542
Capacidade da ETAR:	78536
Tratamento:	SECUNDÁRIO
Meio:	ÁGUAS COSTEIRAS
Ano de início da rejeição:	2005
Sistema de tratamento:	TRATAMENTO DE NÍVEL SECUNDÁRIO NAS DIFERENTES ETAR'S
Denominação do meio receptor:	OCEANO ATLÂNTICO
Sistema de descarga:	EMISSÁRIO SUBMARINO
Caudal médio de descarga em tempo seco (m³/dia):	19844.4
Área total do projecto (m²):	48855



MINISTÉRIO DO AMBIENTE  
E DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO



**5 - Origens**

Doméstica	NÃO
Urbana	SIM
Agro-pecuária	NÃO
Actividade industrial	NÃO
Serviços	NÃO

**6 - Condições gerais**

- 1º Este título será exclusivamente utilizado para a rejeição de águas residuais, no local e nas condições indicadas, fim que não pode ser alterado sem prévia autorização da ARH do Tejo, I.P..
- 2º O titular obriga-se a cumprir o disposto no presente título, bem como todas as leis e regulamentos vigentes, na parte em que lhe for aplicável, e os que venham a ser publicados, quer as disposições legais se harmonizem ou não com os direitos e obrigações que ao presente título sejam aplicáveis, bem como a munir-se de quaisquer outras licenças exigíveis por outras entidades.
- 3º O titular obriga-se a observar todos os preceitos legais no que concerne a segurança, gestão de resíduos e conservação da natureza e também a legislação e os regulamentos específicos das actividades complementares que simultaneamente venham a ser desenvolvidas no local.
- 4º O titular obriga-se a respeitar outras utilizações dos recursos hídricos devidamente tituladas, bem como quaisquer restrições de utilização local.
- 5º O titular obriga-se a informar a ARH do Tejo, I.P., no prazo máximo de vinte e quatro horas, de qualquer acidente ou anomalia que afecte o estado das águas ou o cumprimento das condições indicadas neste título.
- 6º Para efeitos de fiscalização ou inspecção, o titular obriga-se a facultar este título às entidades competentes, bem como o acesso à área da utilização, construções e equipamentos associados.
- 7º As despesas com vistorias extraordinárias inerentes à emissão deste título, ou as que resultarem de reclamações justificadas, serão suportadas pelo titular.
- 8º Este título só poderá ser transmitido mediante autorização da ARH do Tejo, I.P., de acordo com o disposto no artigo 26.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio.
- 9º Este título pode ser revisto ou revogado nos casos previstos nos artigos 28.º, 29.º e 32.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio.
- 10º Este título caduca nas condições previstas no artigo 33.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio.
- 11º Em caso de incumprimento do presente título, o titular fica sujeito às sanções previstas no Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio.
- 12º Este título não confere direitos contra concessões que vierem a efectuar-se nos termos da legislação vigente.
- 13º Este título só poderá ser transaccionado e temporariamente cedido mediante autorização da ARH do Tejo, I.P., de acordo com o disposto no artigo 27.º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio.
- 14º O presente título fica revogado se a utilização estiver interrompida durante um ano.
- 15º O presente título fica revogado se a utilização não se iniciar no prazo de seis meses.



ARH do Tejo, I.P.  
Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P.  
Rua Braamcamp, 7 1250-048 Lisboa PORTUGAL  
tel: 211 554 800/801 fax: 211 554 809  
e-mail: geral@arhtejo.pt  
www.arhtejo.pt  
2011.001719.000 T.L.R.J.DAR



- 16º Qualquer alteração no funcionamento do sistema, mesmo que não prejudique as condições impostas neste título, deve ser comunicada à ARH do Tejo, I.P. no prazo de cinco dias.
- 17º O titular obriga-se a solicitar a renovação deste título, no prazo de seis meses antes do seu termo, caso se mantenham as condições que determinaram a sua atribuição.
- 18º A rejeição das águas residuais no solo não deve provocar alteração da qualidade das águas subterrâneas, bem como de outros possíveis factores decorrentes da necessidade de preservação do ambiente e de defesa da saúde pública.
- 19º A rejeição das águas residuais na linha de água não deve provocar alteração da sua qualidade que ponha em risco os seus usos e tem de ser efectuada de modo a não prejudicar o escoamento natural da corrente e a não contribuir para o aumento dos riscos de erosão no local.
- 20º O titular obriga-se a manter o sistema de tratamento adoptado em bom estado de funcionamento e conservação.
- 21º A ARH do Tejo, I.P. reserva o direito de restringir excepcionalmente o regime de utilização dos recursos hídricos, por período a definir, em situações de emergência, nomeadamente secas, cheias e acidentes.

#### 7 - Condições específicas

- 1º O titular obriga-se a respeitar as condições de rejeição indicadas no Anexo T01, em condições de funcionamento normal, não podendo efectuar qualquer operação deliberada de diluição das águas residuais. A avaliação de conformidade é determinada com base nos critérios definidos no mencionado Anexo.
- 2º O titular obriga-se a implementar o programa de auto-controlo descrito no Anexo T01 e a enviar os dados obtidos à ARH do Tejo, I.P., com o formato e periodicidade definidos no mesmo Anexo, mantendo um registo actualizado para efeitos de inspecção ou fiscalização por parte das entidades competentes.
- 3º O titular obriga-se: para o corrente ano civil, a enviar a calendarização prevista para a recolha de amostras de auto-controlo na ETAR, num prazo de 15 dias a contar da data da emissão do presente título; para cada ano civil, a enviar a calendarização prevista até ao dia 15 de Dezembro do ano anterior; caso a programação prevista seja alterada, a enviar a nova calendarização, com uma antecedência mínima de 15 dias.
- 4º O titular obriga-se a garantir a existência de uma área para futura ampliação do sistema de tratamento, caso se verifique a sua necessidade através dos resultados do auto-controlo, ou do controlo efectuado pela ARH do Tejo, I.P. ou por outras entidades da Administração Pública.
- 5º O titular obriga-se a implementar o programa de monitorização do meio receptor descrito no Anexo T02 e a enviar os dados obtidos à ARH do Tejo, I. P., com o formato e periodicidade definidos no mesmo Anexo, mantendo um registo actualizado para efeitos de inspecção ou fiscalização por parte das entidades competentes.
- 6º Na ausência de comunicação atempada das medições de auto-controlo previstas no presente título, a ARH do Tejo, I.P. procederá à determinação directa da matéria tributável da Taxa de Recursos Hídricos (TRH), em conformidade com o artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho.
- 7º Pela utilização dos recursos hídricos é devida a Taxa de Recursos Hídricos (TRH), conforme dispõe o número 2 do artigo 77.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, e nos termos definidos no Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho.



MINISTÉRIO DO AMBIENTE  
E DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

8º Qualquer rejeição de águas residuais urbanas e/ou industriais, bem como de outras actividades económicas ou serviços, nas redes de drenagem ou directamente na ETAR geridas pelo titular, só poderá ocorrer mediante autorização do mesmo e ficará sujeita às disposições constantes dessa autorização não podendo, em qualquer caso, comprometer o cumprimento das condições impostas neste título. Qualquer nova situação desta natureza deverá ser comunicada à ARH do Tejo, I.P..

9º A ligação, às redes de drenagem da ETAR geridas pelo titular, das águas residuais de actividades económicas ou serviços localizados dentro da malha urbana que produzam ou utilizem substâncias classificadas como perigosas e/ou prioritárias para os meios aquáticos, nos termos do regulamento previsto no artigo 9.º, do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 348/98, de 9 de Novembro e pelo Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22 de Junho, deve ser encarada com precaução, não podendo, em quaisquer circunstâncias, comprometer o cumprimento das condições impostas neste título.

10º Sempre que forem autorizadas rejeições de águas residuais de indústrias localizadas fora da malha urbana, a autorização de rejeição fica sujeita à aprovação da ARH do Tejo, I.P..

11º O titular obriga-se a manter um dossier organizado contendo as Fichas de Dados de Segurança de todas as substâncias e/ou preparações perigosas utilizadas, devidamente redigidas em língua portuguesa.

12º No prazo máximo de trinta dias após a data de emissão do presente título, será prestada uma caução a favor da ARH do Tejo, I.P., para recuperação ambiental no valor de 35000 €, de acordo com os critérios estabelecidos para a aplicação do disposto no artigo n.º 49 e no n.º 10 da alínea A) do Anexo I do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio.

13º A falta de pagamento atempado da TRH fica sujeito a juros de mora à taxa legal em vigor, conforme dispõe o número 5 do artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho.

14º O pagamento da taxa devida é efectuado até ao termo do mês de Fevereiro do ano seguinte àquele a que a taxa respeite de acordo com o número 1 do artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho e pode ser feito de acordo com o previsto no número 4 do referido artigo.

#### 8 - Anexos

ANEXO T01 – CONDIÇÕES DE REJEIÇÃO E PROGRAMA DE AUTO-CONTROLO [REFERÊNCIA INTERNA: T01-R06-V01]

ANEXO T02 – MONITORIZAÇÃO DO MEIO RECEPTOR [REFERÊNCIA INTERNA: T02-R06-V01]

O Presidente



Manuel Lacerda



**Anexo T01 - Condições de descarga e programa de auto-controlo**

<b>Número de identificação fiscal</b>	<b>Número do título</b>
505311593	2011.001719.000.T.L.RJ.DAR

**Condições de descarga**

As condições de descarga do efluente final em condições normais de funcionamento são as indicadas no quadro seguinte:

Parâmetro	Valor Limite de Emissão	Legislação
CBO <sub>5</sub>	25 mg/l <sup>(1)</sup>	(1) Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho
CQO	125 mg/l <sup>(1)</sup>	
SST	35 mg/l <sup>(1)</sup>	
pH	6-9 (escala de Sorensen) <sup>(2)</sup>	(2) Anexo XVIII do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto
Óleos e gorduras	15 mg/l <sup>(2)</sup>	

**Avaliação da conformidade:**

A frequência mínima de amostragem deverá ser quinzenal para o CBO<sub>5</sub>, CQO, SST e pH.

O número de amostras não conformes deverá ser de 3 para o CBO<sub>5</sub>, CQO e SST e respectivo valor máximo de 50 mg/l para o CBO<sub>5</sub>, de 250 mg/l para o CQO e de 87,5 mg/l para os SST (Anexo I secção D do Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho).

Para o pH e óleos e gorduras o número máximo de amostras não conformes deverá ser de 3, não devendo os respectivos valores médios anuais exceder os valores constantes do intervalo correspondente aos valores limite de emissão (Critério estabelecido pela Comissão de Acompanhamento da Directiva das Águas Residuais Urbanas e Anexo XVIII do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto).

As amostras deverão ser compostas, representativas do caudal descarregado em 24 horas.

**Programa de auto-controlo**

**QUANTIDADE**

Os dados referentes ao volume mensal rejeitado deverão ser medidos e enviados à ARH do Tejo, I.P. com periodicidade trimestral, até ao dia 15 do mês seguinte ao trimestre em causa.



Mês e Ano (MM-AAAA)	Volume rejeitado (m³)	Observações

Em complemento aos volumes mensais deve igualmente ser medido o volume descarregado nos mesmos dias em que é efectuada a colheita de amostras relativas ao auto-controlo.

### Programa de auto-controlo

#### QUALIDADE

O programa de monitorização do efluente final deverá realizar-se mediante as condições indicadas no quadro I. As determinações analíticas destes parâmetros devem ser realizadas por laboratórios acreditados para o efeito, devendo, nos restantes casos, ser realizadas por laboratórios que mantenham um sistema de controlo de qualidade analítica devidamente documentado e actualizado.

Os boletins analíticos emitidos pelo laboratório deverão ser enviados à ARH do Tejo, I.P. com periodicidade trimestral, até ao dia 15 do mês seguinte ao trimestre em causa, bem como a síntese dos resultados de acordo com a estrutura indicada no Quadro II.

Colheita do efluente: **Local e equipamento: Câmara de visita a jusante de cada sistema de tratamento e na câmara de carga do exutorsubmarini**

Quadro I - Programa de auto-controlo

Parâmetros	Frequência de Amostragem (nº de colheitas diárias/ano regularmente distribuídas)	Tipo de Amostragem
SST	24	Composta representativa do caudal descarregado em 24 horas.
CQO	24	Composta representativa do caudal descarregado em 24 horas.
CBO <sub>5</sub>	24	Composta representativa do caudal descarregado em 24 horas.
pH	24	Composta representativa do caudal descarregado em 24 horas.
Óleos e Gorduras	24	Composta representativa do caudal descarregado em 24 horas.
N total <sup>(1)</sup>	4	Composta representativa do caudal descarregado em 24 horas.
P total <sup>(1)</sup>	4	Composta representativa do caudal descarregado em 24 horas.

<sup>(1)</sup> Os parâmetros N total e P total não constituem requisitos de descarga, no entanto deverão ser analisados para efeito de cálculo da taxa de recursos hídricos ( Decreto-Lei nº 97/2008 de 11 de Junho)



MINISTÉRIO DO AMBIENTE, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL  
CCDR-LVT - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo

**LICENÇA DE DESCARGA DE ÁGUAS RESIDUAIS N.º 84/CM/DSAI/07**

A presente licença, emitida nos termos do Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de Maio e mais legislação em vigor, é válida por 3 anos e consta do processo n.º 499/2310 da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo.

**IDENTIFICAÇÃO**

<b>Titular da Licença:</b> Águas do Oeste, SA	<b>Contribuinte:</b> 505311593
<b>Residência/Sede:</b> Convento de São Miguel das Gaeiras 2510 - 718 Gaeiras	
<b>Finalidade:</b> Descarga após tratamento nas Etar's de Caldas da Rainha, Foz do Arelho, Charneca, Carregal e Óbidos, dos efluentes produzidos por 78 536Hab equ., encaminhado por emissário submarino para cerca de 2000m da costa.	
cujo meio receptor é o mar, situado no local denominado por Foz do Arelho, Freguesia de Foz do Arelho, Concelho de Caldas da Rainha, Distrito de Leiria, com as seguintes coordenadas do ponto de descarga M: 104,201 P: 276,011 da carta militar n.º 326 à escala 1:25.000.	

**CONDICÕES ESPECÍFICAS**

1ª A estação de tratamento de águas residuais é constituída por tratamentos de nível secundário nas diferentes ETAR's devendo estar executada de acordo com o projecto datado de :

2ª As condições de descarga a respeitar pelo titular desta licença, são as seguintes:

Parâmetro	Valor limite	Parâmetro	Valor limite	Parâmetro	Valor limite
Caudal	19 844,4 m3/dia	CBO5	25 mg/l	CQO	125 mg/l
SST	35 mg/l	Oleos e Gorduras	15 mg/l	Cobre Total	1 mg/l
Niquel Total	2 mg/l	Nitratos	50 mg/l	Ferro Total	2 mg/l
Azoto amoniacal	10 mg/l	Fósforo Total	10 mg/l	pH	6-9

Nota: Valor Limite (excepto o caudal) - definido nos termos do Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho e DL 236/98 de 1 de Agosto

3ª O auto-controlo a efectuar para os parâmetros definidos na 2ª condição geral desta licença deverá realizar-se nas seguintes condições:

- A frequência da amostragem deve ser bimensal para todos os parâmetros e incluir Azoto Total
- A monitorização será efectuada em todas as ETAR's do sistema e na Câmara de carga do Exutor Submarino (no local de junção dos caudais).
- A amostragem deve ser composta de 24 horas
- Nas Etar's de Óbidos, Carregal e Foz do Arelho, a monitorização incide nos primeiros seis parâmetros, incluindo Azoto Total e Fósforo Total
- O auto controlo deverá ser feito preferencialmente por laboratório acreditado

4ª O método analítico para cada parâmetro é definido nos termos do Anexo XXII do Decreto Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto;

5ª As colheitas devem ser efectuadas numa caixa de visita adequada e construída a jusante de cada sistema de tratamento, e na Câmara de Carga do Exutor;

6ª Deve ser efectuada a instalação do medidor de caudal;

7ª O titular desta licença obriga-se a enviar os boletins de análise à CCDR de Lisboa e Vale do Tejo com a periodicidade anual;

8ª Outras condições a observar:

- De salientar que, só com os resultados do controlo analítico a efectuar ao efluente final se poderá verificar se este cumpre as normas de descarga de águas residuais, pelo que deverá ficar prevista uma área para futura ampliação do sistema de tratamento caso os mesmos assim o exijam.
- Enviar à CCDRLVT, no prazo de seis meses, a listagem das unidades industriais ligadas ao sistema e quais as condições impostas às mesmas.
- O incumprimento de qualquer condição da presente licença, nomeadamente a periodicidade do auto-controlo, constitui contra-ordenação nos termos do Artº 81º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de Maio.

9ª Taxa de utilização: A definir nos termos previstos na Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro

**CUSTO DA LICENÇA**

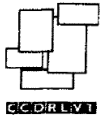
- Taxa de utilização (a definir)	
- Imposto de Selo	€ 13,00
<b>TOTAL</b>	

Modelo 1

Lisboa, em 23 de Julho de 2007

O Presidente  
*António Fonseca Ferreira*

*Helena Lima Santos*  
Directora de Serviços



MINISTÉRIO DO AMBIENTE, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL  
CCDRLVT – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo



er,  
Anquevan 003)  
ce,  
to man  
cubca7 -  
e ue flr me  
DLY  
DT/1

Exmo(a) Senhor(a)  
Águas do Oeste, SA

Convento de São Miguel das Gaeiras  
2510 - 718 Gaeiras

Sua referência  
HZ/ec/cc - 1157/2007/c. exp

Sua comunicação

Nossa referência  
DSRO-001512-2007

LISBOA,

Proc. 499/2310

ASSUNTO: **Esclarecimento sobre a Licença de descarga de águas residuais nº 84/CM/DSAI/07**

Em resposta ao vosso pedido de esclarecimento relativo à licença de descarga de águas residuais mencionada em epígrafe, cumpre-nos informar o seguinte:

- O procedimento a adoptar para avaliar a qualidade do efluente tratado, em virtude de não haver um ponto que permita fazer retirar amostras do tratamento de todo o sistema, deverá ser através de um balanço de massas para a determinação dos valores da rejeição do emissário. Todos os resultados nos diversos pontos sujeitos a controlo, bem como o balanço final, têm de ser enviados aos nossos serviços com a periodicidade estipulada na licença.
- Os parâmetros a analisar nas ETAR's de Óbidos, Carregal e Foz do Arelho terão de ser o pH, CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, Nitratos, Óleos e Gorduras. De acordo com a licença emitida e complementarmente terão de ser analisados também o Azoto Total e Fósforo Total.

Com os melhores cumprimentos

ÁGUAS DO OESTE, S.A.
C. EXP.
Nº de registo 1219
Data 5/12/07
Destino EC

PP1 A Vice-Presidente

05/12/2007

Fernanda do Carmo

*[Handwritten signature]*

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

### ANEXO 2 CONTROLO ANALÍTICO À ENTRADA DAS INSTALAÇÕES - 01/2016 A 06/2017

#### Óbidos

Contolo Analítico

		DATA	07/01/16	21/01/16	04/02/16	18/02/16	03/03/16	17/03/16	07/04/16	21/04/16	05/05/16	19/05/16	02/06/16	16/06/16	07/07/16	21/07/16	04/08/16	18/08/16	08/09/16	22/09/16
Caudal	m <sup>3</sup> /dia		1 392	1 012	721	911	1 030	645	970	1 078	889	1 150	889	868	759	473	451	531	546	474
CBO <sub>5</sub> _EB	mgO <sub>2</sub> /l		110,00	140,00	160,00	160,00	140,00	210,00	95,00	81,00	190,00	170,00	280,00	120,00	222,00	110,00	100,00	1300,00	340,00	260,00
CQO_EB	mgO <sub>2</sub> /l		380,00	520,00	300,00	470,00	420,00	530,00	200,00	230,00	720,00	500,00	730,00	290,00	543,00	230,00	310,00	4900,00	800,00	520,00
SST_EB	mg/l		150,00	420,00	180,00	160,00	110,00	120,00	110,00	71,00	290,00	170,00	230,00	86,00	200,00	190,00	110,00	4100,00	250,00	330,00
CBO <sub>5</sub> para ETAR CARREGAL	mgO <sub>2</sub> /l		49,39	62,86	71,84	71,84	62,86	94,29	42,66	36,37	85,31	76,33	125,72	53,88	99,68	49,39	44,90	583,70	152,66	116,74
Retenção do IMHOFF	mgO <sub>2</sub> /l		60,61	77,14	88,16	88,16	77,14	115,71	52,35	44,63	104,69	93,67	154,28	66,12	122,32	60,61	55,10	716,30	187,34	143,26
CQO para ETAR CARREGAL	mgO <sub>2</sub> /l		193,04	264,16	152,40	238,76	213,36	269,24	103,80	119,37	373,68	259,50	378,87	150,51	281,82	119,37	160,89	2543,10	415,20	269,88
Retenção do IMHOFF	mgO <sub>2</sub> /l		186,96	255,84	147,60	231,24	206,64	260,76	96,20	110,63	346,32	240,50	351,13	139,49	261,18	110,63	149,11	2356,90	384,80	250,12
SST para ETAR CARREGAL	mg/l		72,00	201,60	86,40	76,80	52,80	57,60	55,99	36,14	147,61	86,53	117,07	43,77	101,80	96,71	55,99	2086,90	127,25	167,97
Retenção do IMHOFF	mg/l		78,00	218,40	93,60	83,20	57,20	62,40	54,01	34,86	142,39	83,47	112,93	42,23	98,20	93,29	54,01	2013,10	122,75	162,03

#### Carregal

Contolo Analítico

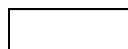
		DATA	07/01/16	21/01/16	04/02/16	18/02/16	03/03/16	17/03/16	07/04/16	21/04/16	05/05/16	19/05/16	02/06/16	16/06/16	07/07/16	21/07/16	04/08/16	18/08/16	08/09/16	22/09/16
Caudal	m <sup>3</sup> /dia		379	421	238	677	285	284	227	350	144	323	288	262	192	161	190	154	189	165
CBO <sub>5</sub> _EB	mgO <sub>2</sub> /l		13,00	11,00	200,00	39,00	44,00	75,00	95,00	62,00	240,00	160,00	220,00	130,00	180,00	120,00	160,00	150,00	180,00	150,00
CQO_EB	mgO <sub>2</sub> /l		83,00	100,00	600,00	90,00	100,00	160,00	210,00	100,00	730,00	480,00	560,00	360,00	490,00	210,00	330,00	340,00	470,00	420,00
SST_EB	mg/l		51,00	45,00	290,00	79,00	34,00	91,00	100,00	27,00	300,00	130,00	180,00	120,00	300,00	69,00	150,00	71,00	100,00	60,00

#### Charneca

Contolo Analítico

		DATA	07/01/16	21/01/16	04/02/16	18/02/16	03/03/16	17/03/16	07/04/16	21/04/16	05/05/16	19/05/16	02/06/16	16/06/16	17/06/16	18/06/16	04/08/16	18/08/16	08/09/16	22/09/16
Caudal	m <sup>3</sup> /dia		9 537	5 847	4 516	8 181	7 192	4 516	5 905	6 174	4 735	5 715	5 480	5 134	3 650	3 590	3 582	3 203	2 801	2 730
CBO <sub>5</sub> _EB	mgO <sub>2</sub> /l		17,00	110,00	110,00	10,00	110,00	110,00	100,00	45,00	120,00	24,00	87,00	110,00	150,00	300,00	410,00	95,00	130,00	67,00
CQO_EB	mgO <sub>2</sub> /l		90,00	280,00	340,00	180,00	250,00	350,00	400,00	89,00	430,00	96,00	370,00	690,00	360,00	920,00	2700,00	300,00	480,00	360,00
SST_EB	mg/l		79,00	130,00	160,00	260,00	110,00	250,00	140,00	83,00	130,00	30,00	97,00	420,00	200,00	570,00	1400,00	190,00	90,00	140,00

Legenda:



Periodo Quente/Pouca Precipitação

Periodo Húmido/Maior Precipitação

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

### Óbidos

Contolo Analítico

		DATA	06/10/2016	20/10/16	03/11/16	17/11/16	07/12/16	22/12/16	05/01/17	06/01/17	02/02/17	16/02/17	02/03/17	16/03/17	06/04/17	20/04/17	04/05/17	18/05/17	08/06/17	22/06/17
Caudal	m <sup>3</sup> /dia		420	398	460	424	535	420	570	336	456	462	456	462	643	626	717	586	531	400
CBO <sub>5</sub> _EB	mgO <sub>2</sub> /l		250,00	190,00	150,00	180,00	98,00	50,00	64,00	81,00	87,00	62,00	60,00	140,00	128,00	160,00	310,00	130,00	160,00	210,00
CQO_EB	mgO <sub>2</sub> /l		530,00	530,00	310,00	280,00	360,00	253,00	170,00	310,00	180,00	120,00	440,00	280,00	453,00	390,00	2000,00	360,00	660,00	510,00
SST_EB	mg/l		150,00	150,00	140,00	82,00	84,00	62,00	110,00	100,00	80,00	77,00	160,00	69,00	118,00	120,00	660,00	110,00	260,00	170,00
CBO <sub>5</sub> para ETAR CARREGAL	mgO <sub>2</sub> /l		112,25	85,31	67,35	80,82	44,00	22,45	33,15	41,96	45,07	32,12	31,08	72,52	62,08	77,60	150,35	63,05	77,60	101,85
Retenção do IMHOFF	mgO <sub>2</sub> /l		137,75	104,69	82,65	99,18	54,00	27,55	30,85	39,04	41,93	29,88	28,92	67,48	65,92	82,40	159,65	66,95	82,40	108,15
CQO para ETAR CARREGAL	mgO <sub>2</sub> /l		269,24	269,24	157,48	142,24	182,88	128,52	104,21	190,03	110,34	73,56	269,72	171,64	240,09	154,05	790,00	142,20	260,70	201,45
Retenção do IMHOFF	mgO <sub>2</sub> /l		260,76	260,76	152,52	137,76	177,12	124,48	65,79	119,97	69,66	46,44	170,28	108,36	212,91	235,95	1210,00	217,80	399,30	308,55
SST para ETAR CARREGAL	mg/l		72,00	72,00	67,20	39,36	40,32	29,76	64,90	59,00	47,20	45,43	94,40	40,71	49,44	50,28	276,54	46,09	108,94	71,23
Retenção do IMHOFF	mg/l		78,00	78,00	72,80	42,64	43,68	32,24	45,10	41,00	32,80	31,57	65,60	28,29	68,56	69,72	383,46	63,91	151,06	98,77

### Carregal

Contolo Analítico

		DATA	06/10/2016	20/10/16	03/11/16	17/11/16	07/12/16	22/12/16	05/01/17	06/01/17	02/02/17	16/02/17	02/03/17	16/03/17	06/04/17	20/04/17	04/05/17	18/05/17	08/06/17	22/06/17	
Caudal	m <sup>3</sup> /dia		200	220	180	204	267	230	349	349	295	295	294	294	236	236	363	363	236	236	
CBO <sub>5</sub> _EB	mgO <sub>2</sub> /l		124,00	124,00	120,00	120,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00	124,00
CQO_EB	mgO <sub>2</sub> /l		325,00	325,00	215,00	215,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00
SST_EB	mg/l		120,00	120,00	100,00	100,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00

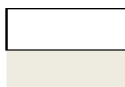
Valores médios calculados a partir da média de cargas no período 01/2016 a 09/2016, por ausência de resultados

### Charneca

Contolo Analítico

		DATA	06/10/2016	20/10/16	03/11/16	17/11/16	07/12/16	22/12/16	05/01/17	19/01/17	02/02/17	16/02/17	02/03/17	16/03/17	06/04/17	20/04/17	04/05/17	18/05/17	08/06/17	22/06/17
Caudal	m <sup>3</sup> /dia		3056	2 772	3 520	3 230	3 990	3 190	5 140	3 590	4 510	4 690	4 510	4 690	4 260	2 820	4 858	3 460	3 500	3 200
CBO <sub>5</sub> _EB	mgO <sub>2</sub> /l		120,00	89,00	58,00	140,00	50,00	35,00	10,00	100,00	34,00	42,00	62,00	51,00	117,00	250,00	220,00	120,00	77,00	60,00
CQO_EB	mgO <sub>2</sub> /l		300,00	460,00	360,00	560,00	301,00	230,00	80,00	100,00	75,00	140,00	150,00	140,00	348,00	740,00	450,00	450,00	190,00	210,00
SST_EB	mg/l		100,00	190,00	75,00	290,00	48,00	69,00	80,00	240,00	43,00	50,00	30,00	37,00	197,00	140,00	200,00	49,00	47,00	99,00

Legenda:



Periodo Quente/Pouca Precipitação

Periodo Húmido/Maior Precipitação

# Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

## ANEXO 3 ANÁLISES REALIZADAS NAS INSTALAÇÕES NOS ANOS 2015 E 2016

### Óbidos

Contolo Analítico

		DATA																		TOTAL						
		07/01/16	21/01/16	04/02/16	18/02/16	03/03/16	17/03/16	07/04/16	21/04/16	05/05/16	19/05/16	02/06/16	16/06/16	07/07/16	21/07/16	04/08/16	18/08/16	08/09/16	22/09/16	06/10/2016	20/10/16	03/11/16	17/11/16	07/12/16	22/12/16	Análises Realizadas
CBO <sub>5</sub> _EF	mgO <sub>2</sub> /l	18	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	11	10	36	22	10	12	13	10	10	17	14	13	24	
CQO_EF	mgO <sub>2</sub> /l	42	38	34	45	34	45	30	30	51	42	30	31	45	35	68	45	49	61	30	52	73	70	53	85	24
SST_EF	mg/l	15	11	5	11	5	11	6	5	5	7	13	16	14	15	19	12	12	28	9	9	5	11	5	8	24
Azoto Total_EF	mgN/l	15	12					20						21					41	41						5
Fósforo Total_EF	mgP/l	3	2					3						4					5	5						5
pH_EF	Esc. Sorensen	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	24
Óleos e Gorduras_EF	mg/l	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	24

### Carregal

Contolo Analítico

		DATA																		TOTAL						
		07/01/16	21/01/16	04/02/16	18/02/16	03/03/16	17/03/16	07/04/16	21/04/16	05/05/16	19/05/16	02/06/16	16/06/16	07/07/16	21/07/16	04/08/16	18/08/16	08/09/16	22/09/16	06/10/2016	20/10/2016	03/11/16	17/11/16	07/12/16	22/12/16	Análises Realizadas
CBO <sub>5</sub> _EF	mgO <sub>2</sub> /l	10	10	10	10	10	10	13	10	13	10	10	10	10	10	30	17	10	10							18
CQO_EF	mgO <sub>2</sub> /l	30	30	46	30	30	41	30	30	37	30	30	30	30	30	64	90	30	35							18
SST_EF	mg/l	9	5	5	5	8	12	5	5	5	5	5	5	5	7	15	32	12	23							18
Azoto Total_EF	mgN/l	18	15					13						14												4
Fósforo Total_EF	mgP/l	2	2					2						6												4
pH_EF	Esc. Sorensen	8	8	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8							18
Óleos e Gorduras_EF	mg/l	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5							18

### Charneca

Contolo Analítico

		DATA																		TOTAL						
		07/01/16	21/01/16	04/02/16	18/02/16	03/03/16	17/03/16	07/04/16	21/04/16	05/05/16	19/05/16	02/06/16	16/06/16	17/06/16	18/06/16	04/08/16	18/08/16	08/09/16	22/09/16	06/10/2016	20/10/16	03/11/16	17/11/16	07/12/16	22/12/16	Análises Realizadas
CBO <sub>5</sub> _EF	mgO <sub>2</sub> /l	19	10	11	10	11	10	21	22	13	10	15	16	22	10	20	18	10	10	10	10	10	10	23	24	
CQO_EF	mgO <sub>2</sub> /l	77	67	44	94	44	94	85	48	92	62	72	35	66	50	85	61	67	55	40	35	74	72	74	108	24
SST_EF	mg/l	13	7	6	13	6	13	5	5	5	7	5	5	5	9	5	5	8	9	5	5	5	5	14	24	
Azoto Total_EF	mgN/l	46	21					47						23						32						5
Fósforo Total_EF	mgP/l	2	3					1						4						2						5
pH_EF	Esc. Sorensen	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	24
Óleos e Gorduras_EF	mg/l	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	24

### Legenda:



Período Quente/Pouca Precipitação  
Período Húmido/Maior Precipitação

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

### Óbidos

Contolo Analítico

		DATA																		TOTAL						
		08/01/15	22/01/15	05/02/15	19/02/15	12/03/15	19/03/15	02/04/15	16/04/15	07/05/15	21/05/15	04/06/15	18/06/15	02/07/15	16/07/15	06/08/15	20/08/15	03/09/15	17/09/15	08/10/2015	22/10/15	05/11/15	19/11/15	03/12/15	17/12/15	Análises Realizadas
CBO <sub>5</sub> _EF	mgO <sub>2</sub> /l	11	20	18	21	14	10	10	10	12	13	16	10	10	10	10	25	10	12	11	10	10	10	15	10	24
CQO <sub>5</sub> _EF	mgO <sub>2</sub> /l	88	54	64	78	120	45	88	40	60	67	60	78	60	79	32	94	63	64	71	41	34	37	48	37	24
SST_EF	mg/l	9	10	5	6	32	5	28	15	28	10	13	34	14	14	19	25	12	16	20	12	11	13	10	12	24
Azoto Total_EF	mgN/l	32						33										45		43						4
Fósforo Total_EF	mgP/l	3						4										2		2						4
pH_EF	Esc. Sorensen	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	7	8	8	8	24
Óleos e Gorduras_EF	mg/l	2	2	10	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	24

### Carregal

Contolo Analítico

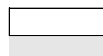
		DATA																		TOTAL						
		08/01/15	22/01/15	05/02/15	19/02/15	12/03/15	19/03/15	02/04/15	16/04/15	07/05/15	21/05/15	04/06/15	18/06/15	02/07/15	16/07/15	06/08/15	20/08/15	03/09/15	17/09/15	08/10/2015	22/10/2015	05/11/15	19/11/15	03/12/15	17/12/15	Análises Realizadas
CBO <sub>5</sub> _EF	mgO <sub>2</sub> /l	8	13	15	17	14	10	10	10	10	12	13	10	10	11	10	11	10	21	10	10	14	10	10	10	24
CQO <sub>5</sub> _EF	mgO <sub>2</sub> /l	54	41	41	46	30	30	36	30	30	35	30	49	38	30	41	42	30	47	36	30	85	41	42	66	24
SST_EF	mg/l	5	5	5	5	11	5	15	8	5	5	10	23	10	7	10	17	9	17	30	5	35	15	5	10	24
Azoto Total_EF	mgN/l	46						13										46		15						4
Fósforo Total_EF	mgP/l	3						2										2		2						4
pH_EF	Esc. Sorensen	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	7	8	7	8	7	8	7	7	7	7	24
Óleos e Gorduras_EF	mg/l	2	5	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	24

### Charneca

Contolo Analítico

		DATA																		TOTAL						
		08/01/15	14/01/15	05/02/15	19/02/15	12/03/15	19/03/15	02/04/15	16/04/15	07/05/15	21/05/15	04/06/15	18/06/15	02/07/15	16/07/15	06/08/15	20/08/15	03/09/15	17/09/15	08/10/2015	22/10/15	05/11/15	19/11/15	03/12/15	17/12/15	Análises Realizadas
CBO <sub>5</sub> _EF	mgO <sub>2</sub> /l	11	6	22	10	10	10	10	20	10	14	10	10	10	10	21	10	10	11	10	17	10	20	10	16	24
CQO <sub>5</sub> _EF	mgO <sub>2</sub> /l	150	84	93	53	54	44	37	61	63	46	30	61	40	48	84	62	63	70	61	85	30	70	93	96	24
SST_EF	mg/l	5	7	8	5	5	5	22	5	5	5	5	24	7	6	8	5	5	7	5	8	5	10	5	10	24
Azoto Total_EF	mgN/l	120	36					34										33		15						5
Fósforo Total_EF	mgP/l	2	3					2										2		2						5
pH_EF	Esc. Sorensen	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	7	8	7	8	8	8	24
Óleos e Gorduras_EF	mg/l	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	24

### Legenda:



Período Quente/Pouca Precipitação  
Período Húmido/Maior Precipitação

ANEXO 4 CONTROLO ANALÍTICO E EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO

**ETAR de Óbidos**

2015	Afluente Bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção		
	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST
	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(%)	(%)	(%)
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35			
Janeiro	69	220	75	16	71	10	77,4	67,7	87,3
Fevereiro	130	305	110	20	71	6	84,6	76,7	94,5
Março	195	626	284	12	83	19	93,8	86,7	93,5
Abril	77	215	107	10	64	22	87,0	70,2	79,4
Mai	265	485	330	13	64	19	95,1	86,8	94,2
Junho	315	660	330	13	69	24	95,9	89,5	92,7
Julho	178	540	129	10	70	14	94,4	87,1	89,1
Agosto	320	790	340	10	32	19	96,9	95,9	94,4
Setembro	240	615	240	11	64	14	95,4	89,6	94,2
Outubro	150	435	180	11	56	16	92,7	87,1	91,1
Novembro	164	480	163	10	36	12	93,9	92,6	92,6
Dezembro	160	797	339	13	43	11	92,2	94,7	96,8

**ETAR de Óbidos**

2016	Afluente bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção		
	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST
	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(%)	(%)	(%)
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35			
Janeiro	125	450	285	14	40	13	88,8	91,1	95,4
Fevereiro	160	385	170	10	42	14	93,8	89,2	92,1
Março	175	475	115	10	40	8	94,3	91,7	93,0
Abril	88	215	91	10	30	6	88,6	86,0	93,9
Mai	180	610	230	10	47	6	94,4	92,4	97,4
Junho	200	510	158	13	31	15	93,8	94,0	90,8
Julho	166	387	195	11	40	15	93,7	89,7	92,6
Agosto	700	2605	2105	29	57	16	95,9	97,8	99,3
Setembro	300	660	290	11	55	20	96,3	91,7	93,1
Outubro	220	530	150	12	41	9	94,8	92,3	94,0
Novembro	165	295	111	14	72	8	91,8	75,8	92,8
Dezembro	74	307	73	14	69	7	81,8	77,5	91,1

**ETAR do Carregal**

2015	Afluente bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção		
	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST
	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(%)	(%)	(%)
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35			
Janeiro	747	4005	445	11	48	5	98,6	98,8	98,9
Fevereiro	105	305	110	16	44	5	84,7	85,7	95,5
Março	134	523	222	12	30	8	91,0	94,3	96,4
Abril	105	555	205	10	33	12	90,5	94,1	94,1
Maiο	200	565	475	11	33	5	94,5	94,2	98,9
Junho	149	360	95	12	40	17	92,3	88,9	82,1
Julho	305	860	460	11	34	9	96,6	96,0	98,2
Agosto	190	460	170	10	41	10	94,7	91,1	94,1
Setembro	335	1050	310	16	39	13	95,4	96,3	95,8
Outubro	240	500	215	10	33	18	95,8	93,4	91,9
Novembro	98	300	109	12	63	25	87,8	79,0	77,1
Dezembro	155	385	120	10	54	8	93,5	86,0	93,8

**ETAR do Carregal**

2016	Afluente bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção		
	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST
	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(%)	(%)	(%)
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35			
Janeiro	12	92	48	10	30	7	16,7	67,2	85,4
Fevereiro	120	345	185	10	38	5	91,6	89,0	97,3
Março	60	130	63	10	36	10	83,2	72,7	84,0
Abril	79	155	64	12	30	5	84,8	80,6	92,2
Maiο	200	605	215	12	34	5	94,0	94,4	97,7
Junho	175	460	150	10	30	5	94,3	93,5	96,7
Julho	150	350	185	10	30	6	93,3	91,4	96,8
Agosto	155	335	111	24	77	24	84,8	77,0	78,7
Setembro	165	445	80	10	33	18	93,9	92,7	78,1
Outubro									
Novembro									
Dezembro									

Ausência de valores devido a paragem da instalação para manutenção corretiva

**ETAR da Charneca**

2015	Afluente bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção		
	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST
	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(%)	(%)	(%)
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35			
Janeiro	48	325	60	11	107	5	77,1	67,1	91,7
Fevereiro	32	180	42	16	73	7	49,2	59,4	84,3
Março	278	722	364	10	49	5	96,4	93,2	98,6
Abril	300	955	700	15	49	14	95,0	94,9	98,0
Maio	54	205	174	12	55	5	77,8	73,2	97,1
Junho	550	545	570	10	46	15	98,2	91,6	97,4
Julho	139	490	245	10	44	7	92,8	91,0	97,3
Agosto	150	750	180	21	84	8	86,0	88,8	95,6
Setembro	190	490	330	11	67	6	94,5	86,4	98,2
Outubro	345	805	295	14	73	7	96,1	90,9	97,8
Novembro	250	525	303	15	50	8	94,0	90,5	97,5
Dezembro	231	610	150	18	95	8	92,2	84,5	95,0

**ETAR da Charneca**

2016	Afluente bruto			Efluente Tratado			Eficiências de Remoção		
	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST
	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg O <sub>2</sub> /l)	(mg /l)	(%)	(%)	(%)
<b>Valores limite</b>	400	1000	350	25	125	35			
Janeiro	64	185	105	15	72	10	77,2	61,1	90,4
Fevereiro	60	260	210	14	60	17	76,7	76,9	91,9
Março	110	300	180	11	69	10	90,5	77,0	94,7
Abril	73	245	112	22	67	5	69,9	72,7	95,5
Maio	72	263	80	12	77	6	83,3	70,7	92,5
Junho	99	530	259	16	54	5	83,8	89,8	98,1
Julho	225	640	385	16	58	7	92,9	90,9	98,2
Agosto	253	1500	795	19	73	5	92,5	95,1	99,4
Setembro	99	420	115	10	61	9	89,8	85,5	92,6
Outubro	105	380	145	10	38	5	90,4	90,1	96,6
Novembro	99	460	183	10	73	5	89,9	84,1	97,3
Dezembro	43	266	59	17	91	10	61,2	65,8	83,8

ANEXO 5 CONTROLO ANALÍTICO EXTERNO – LAMAS 2016

03/03/2016	Parâmetros	Matéria Seca (%)	Matéria Orgânica (%)	pH	Azoto Total (mg/Kg MS)	Azoto Nítrico (mg/Kg MS)	Azoto Amoniacal (mg/Kg MS)	Fósforo Total (mg/Kg MS)	Salmonella spp (/50g)	Escherichia coli (colonias/g)	Cádmio (mg/kg MS)	Cobre (mg/kg MS)	Níquel (mg/kg MS)	Chumbo (mg/kg MS)	Zinco (mg/kg MS)	Mercúrio (mg/kg MS)	Crómio (mg/kg MS)	Potássio Total (mg/kg MS)	Magnésio Total (mg/kg MS)	Cálcio Total (mg/kg MS)
Designação da Infraestrutura	Valores Limite	--	--	--	--	--	--	--	Ausente/50g	1000	20	1000	300	750	2500	16	1000	--	--	--
ETAR Óbidos		45	31,4	6,3	26000	100	100	9500	Ausente	10	5	190	20	20	740	0,1	20	1000	1600	18000
ETAR Carregal		17,7	57,7	7	44000	100	1300	17000	Presente	2700	36000	170	29	32	490	0,2	140	2700	2900	36000
ETAR Charneca		40,4	42,7	6,2	23000	100	100	13000	Ausente	10	5	300	20	67	1300	0,5	28	1500	3300	33000

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

### ANEXO 6 CONTROLO ANALÍTICO INTERNO - ETAR DE ÓBIDOS

ETAR: Óbidos

#### I. RESULTADOS DE CONTROLO ANALÍTICO

Nota: Valores inseridos pelo(s) Técnico(s) de Laboratório.

Data	Afluente						Tanque Imhoff - Saída			Leito Percolador - Saída		
	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg/l)	pH	T (°C)	Condutividade (μS/cm)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg/l)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg/l)
<b>2013</b>												
Janeiro	65	195	180	7,5	13	367	40	115	77	30	105	56
Fevereiro	80	217	110	7,9	16	726	28	101	57	24	68	65
Março	100	302	180	7,6	14	534	62	108	80	21	65	40
Abril	105	247	150	7,8	19	897	50	126	56	30	89	41
Mai	280	765	340	7,8	19	1110	150	236	86	26	85	20
Junho	210	405	210	7,6	21	1770	190	318	75	180	317	75
Julho	340	694	340	7,5	28	1271	230	398	95	170	299	68
Agosto	500	812	410	7,5	25	1536	280	455	110	190	331	70
Setembro	400	789	360	7,5	25	1087	240	371	97	120	265	67
Outubro	565	1104	825	7,4	20	865	105	201	82	63	147	51
Novembro	3400	10400	6000	7,7	15	872	160	262	83	120	215	73
Dezembro	105	247	150	7,8	19	897	60	111	56	44	84	53
<b>2014</b>												
Janeiro	54	120	72	7,6	14	1015	44	85	48	18	61	32
Fevereiro	105	189	110	7,6	14	706	9	51	31	24	77	44
Março	150	255	120	7,8	15	1075	75	138	64	75	136	59
Abril	170	328	190	7,8	25	1282	64	115	55	22	70	39
Mai	240	373	410	7,8	22	724	75	150	52	36	99	41
Junho	250	394	280	7,8	22	1331	125	184	66	52	117	41
Julho	85	149	110	7,4	20	774	135	213	63	21	74	38
Agosto	280	607	250	7,5	25	2580	140	261	90	26	88	41
Setembro	240	431	210	7,3	24	961	200	332	100	33	98	39
Outubro	440	730	410	7,9	20	960	135	239	73	65	157	47
Novembro	180	375	200	7,8	18	821	52	97	77	25	69	41
Dezembro												

## Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

ETAR: Óbidos

### I. RESULTADOS DE CONTROLO ANALÍTICO

Nota: Valores inseridos pelo(s) Técnico(s) de Laboratório.

Data	Afluente						Tanque Imhoff - Saída			Leito Percolador - Saída		
	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg/l)	pH	T (°C)	Condutividade (µS/cm)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg/l)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	SST (mg/l)
<b>2015</b>												
Janeiro	90	336	100	8,1	13	556	46	94	60	36	90	66
Fevereiro	210	361	210	8,2	15	942	120	202	88	24	90	40
Março	400	908	620	7,9	14	690	150	295	120	45	123	62
Abril	340	625	280	7,9	20	1068	160	339	140	32	99	46
Maio	240	504	215	8	20	926	145	233	75	28	95	42
Junho	420	883	380	7,5	26	958	170	291	82	55	141	78
Julho	580	924	200	7,4	23	1646	240	386	70	50	128	42
Agosto	280	448	200	7,5	22	1148	230	363	98	50	129	39
Setembro	480	853	390	7,5	24	1199	180	302	150	48	198	93
Outubro	230	399	170		20	612	110	164	68	220	410	640
Novembro	440	826	480	7,9	16	937	75	146	80	19	68	43
Dezembro	290	572	250	7,7	17	1030	39	84	67	17	54	44
<b>2016</b>												
Janeiro	250	462	180	7,9	15	877	31	80	50	12	46	35
Fevereiro	90	144	110	7,8	14	665	28	82	48	12	49	42
Março	2200	7405	1900	7,1	15	794	42	102	75	6	68	47
Abril	1150	1950	2300	7,2	17	731	42	109	65	21	70	47
Maio	32	86	53	7,5	17	541	28	111	77	15	70	46
Junho	160	320	160	7,5	21	740	44	90	49	16	69	39
Julho	290	548	320	7,5	24	975	56	98	60	20	65	36
Agosto	170	284,5	155	7,5	23	764	148	224	89	44	116	61
Setembro	240	360	210	7,7	23	934	240	363	100	42	109	35
Outubro	140	272	160	7,7	21	920	95	180	96	30	92	43
Novembro	54	108	45	7,9	17	1050	60	121	47	17	67	31
Dezembro												

ANEXO 7 CONSUMOS ENERGÉTICOS DA ETAR DA CHARNECA POR HORÁRIO – kWh

<b>Mês</b>	<b>Vazio Normal</b>	<b>Super Vazio</b>	<b>Ponta</b>	<b>Cheia</b>
Janeiro	11789	6208	6134	15592
Fevereiro	9370	5623	6109	15038
Março	9859	5821	5772	15894
Abril	10591	5802	4071	17041
Maio	11855	6314	3722	17636
Junho	9584	5543	3526	15786
Julho	9698	5348	3325	15295
Agosto	10447	6070	3900	18114
Setembro	9294	5668	3576	17086
Outubro	10880	5466	3217	14992
Novembro	9062	5122	5318	13461
Dezembro	11084	6191	6377	15850
<b>Total</b>	123513	69176	55047	191785

Avaliação e otimização de sistemas de tratamento de águas residuais

ANEXO 8 CARGAS PREVISTAS À ETAR DA CHARNECA - KG/DIA

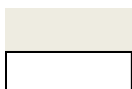
**OBD+CRG+CHR**

Contolo Analítico	DATA	07/01/16	21/01/16	04/02/16	18/02/16	03/03/16	17/03/16	07/04/16	21/04/16	05/05/16	19/05/16	02/06/16	16/06/16	07/07/16	08/07/16	04/08/16	18/08/16	08/09/16	22/09/16
CBO <sub>s</sub> _EB	kg/dia	235,81	711,42	596,16	173,66	868,41	578,88	653,44	338,74	678,60	276,62	651,89	645,57	657,72	1 119,68	1 519,27	637,33	481,50	262,99
CQO_EB	kg/dia	1 158,50	1 946,59	1 788,12	1 751,02	2 046,26	1 799,70	2 510,36	713,17	2 473,37	1 002,11	2 525,70	3 767,42	1 621,98	3 393,07	9 806,66	2 363,65	1 660,01	1 180,02
SST_EB	kg/dia	872,98	983,07	853,87	2 250,51	855,19	1 192,00	903,71	560,85	789,98	312,95	687,48	2 225,72	864,87	2 103,15	5 068,55	1 727,65	340,47	471,72

**OBD+CRG+CHR**

Contolo Analítico	DATA	06/10/16	20/10/16	03/11/16	17/11/16	07/12/16	22/12/16	05/01/17	19/01/17	02/02/17	16/02/17	02/03/17	16/03/17	06/04/17	20/04/17	04/05/17	18/05/17	08/06/17	22/06/17
CBO <sub>s</sub> _EB	kg/dia	438,67	307,94	256,74	510,95	256,15	149,60	113,57	416,37	210,47	248,40	330,25	309,15	567,60	782,84	1 221,57	497,16	339,97	262,00
CQO_EB	kg/dia	1 094,88	1 453,78	1 378,34	1 912,97	1 385,61	862,43	584,02	536,28	484,44	786,46	895,04	831,45	1 713,56	2 259,94	2 870,51	1 758,30	880,13	829,28
SST_EB	kg/dia	359,84	581,74	312,91	973,79	245,13	260,21	490,07	923,30	250,85	290,89	213,63	227,62	899,33	454,60	1 213,44	240,11	250,67	373,61

Legenda:



Periodo Quente/Pouca Precipitação

Periodo Húmido/Maior Precipitação

ANEXO 9 ELEMENTOS COMPLEMENTARES PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE AUTOCONSUMO EM FOTOVOLTAICO

Grid-Connected System: Simulation parameters

<b>Project :</b>	<b>New Project</b>		
<b>Geographical Site</b>	<b>Óbidos Municipality</b>	<b>Country</b>	<b>Portugal</b>
<b>Situation</b>	Latitude	39.40° N	Longitude -9.19° W
Time defined as	Legal Time	Time zone UT	Altitude 37 m
	Albedo	0.20	
<b>Meteo data:</b>	<b>Óbidos Municipality</b>	Meteonorm 7.1 (1991-2010), Sat=100% - Synthetic	

<b>Simulation variant :</b>	<b>60kWn SMA heckert</b>
Simulation date	12/04/18 15h03

<b>Simulation parameters</b>	System type	<b>No 3D scene defined</b>	
<b>Collector Plane Orientation</b>	Tilt	30°	Azimuth 0°
<b>Models used</b>	Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteonorm
<b>Horizon</b>	Free Horizon		
<b>Near Shadings</b>	No Shadings		

<b>PV Array Characteristics</b>			
<b>PV module</b>	Si-poly	Model	<b>NeMo 2.0 60 P 275</b>
Original PVsyst database	Manufacturer	Heckert Solar	
Number of PV modules	In series	22 modules	In parallel 11 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	242	Unit Nom. Power 275 Wp
Array global power	Nominal (STC)	<b>66.6 kWp</b>	At operating cond. 60.0 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	619 V	I mpp 97 A
Total area	Module area	<b>407 m²</b>	Cell area 353 m²

<b>Inverter</b>	Model	<b>Sunny Tripower 60-10</b>	
Original PVsyst database	Manufacturer	SMA	
Characteristics	Operating Voltage	570-800 V	Unit Nom. Power 60.0 kWac
Inverter pack	Nb. of inverters	1 units	Total Power 60 kWac Pnom ratio 1.11

<b>PV Array loss factors</b>			
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	107 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
Module Quality Loss			Loss Fraction -0.5 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction 1.0 % at MPP
Strings Mismatch loss			Loss Fraction 0.10 %
Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290			

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

**User's needs :** Ext. defined as file csvfinal.csv

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
39982	36141	37806	42356	39784	35142	34088	40084	38169	33613	32107	43735	453008	kWh

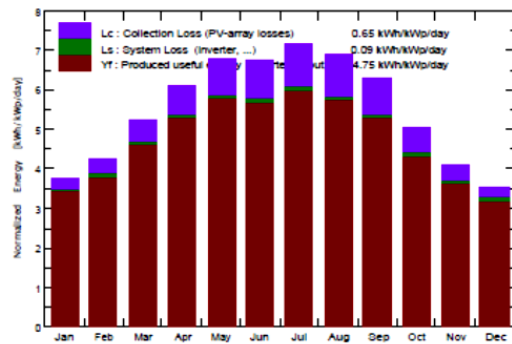
### Grid-Connected System: Main results

**Project :** New Project  
**Simulation variant :** 60kWn SMA heckert

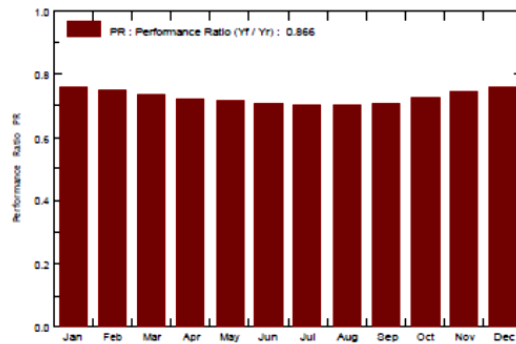
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth	0°
PV modules	Model	NeMo 2.0 60 P 275	Pnom	275 Wp
PV Array	Nb. of modules	242	Pnom total	<b>66.6 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Tripower 60-10	Pnom	60.0 kW ac
User's needs	Ext. defined as file	csvfinal.csv	Global	453 MWh/year

<b>Main simulation results</b>				
System Production	<b>Produced Energy</b>	<b>115.5 MWh/year</b>	Specific prod.	1735 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	86.55 %	Solar Fraction SF	0.00 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 66.6 kWp



Performance Ratio PR



#### 60kWn SMA heckert Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E Load MWh	E User MWh	E_Grid MWh
January	72.2	30.79	10.65	117.0	114.7	39.98	7.10	0.000
February	83.7	34.74	11.60	119.4	117.0	36.14	7.13	0.000
March	131.3	59.71	13.82	162.0	158.3	37.81	9.53	0.000
April	168.2	61.53	14.60	183.6	179.1	42.36	10.59	0.000
May	211.0	75.58	17.30	209.5	203.9	39.78	11.94	0.000
June	212.4	82.67	20.27	201.6	195.9	35.14	11.37	0.000
July	230.7	69.39	21.53	222.7	216.8	34.09	12.41	0.000
August	203.4	64.40	22.06	213.2	207.9	40.08	11.88	0.000
September	158.4	52.27	20.31	188.0	183.9	38.17	10.59	0.000
October	113.3	43.09	17.91	155.6	152.4	33.61	8.99	0.000
November	76.6	29.22	13.19	122.5	120.1	32.11	7.31	0.000
December	62.8	24.26	11.23	109.7	107.5	43.74	6.65	0.000
Year	1724.0	627.65	16.23	2004.8	1957.5	453.01	115.48	0.000

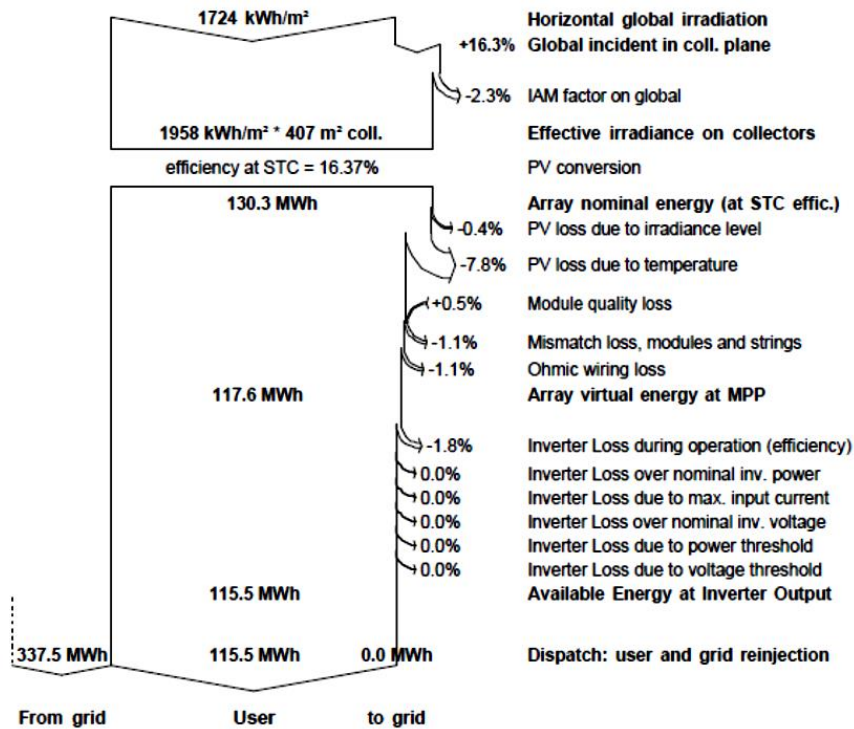
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation      GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings  
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation      E Load Energy need of the user (Load)  
 T Amb Ambient Temperature      E User Energy supplied to the user  
 GlobInc Global incident in coll. plane      E\_Grid Energy injected into grid

### Grid-Connected System: Loss diagram

**Project :** New Project  
**Simulation variant :** 60kWn SMA heckert

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth	0°
PV modules	Model	NeMo 2.0 60 P 275	Pnom	275 Wp
PV Array	Nb. of modules	242	Pnom total	<b>66.6 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Tripower 60-10	Pnom	60.0 kW ac
User's needs	Ext. defined as file	csvfinal.csv	Global	453 MWh/year

Loss diagram over the whole year



ANEXO 10 ORÇAMENTO ALTERAÇÃO ETAR DE ÓBIDOS



Proposta N.º 2198

Data: 24/10/2015

Cliente: Águas de Lisboa e Vale do Tejo,  
S.A.

A/C: Eng. João Pedro

Item	Descrição	
1	<b>Fornecimento e aplicação de válvula em tubagem.</b> - Fabricado em: <ul style="list-style-type: none"><li>o Flange Prensada 316 DN 250;</li><li>o Colarinho aço inoxidável AISI 316 Ø273 x 2 mm</li><li>o Válvula Cunha Elástica DN 250</li></ul> ETAR Óbidos	
	Preço .....	1.698,00

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*