

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÓMICA DE SOLUÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DE ETAR FACE AOS NOVOS REQUISITOS DA DARU

ISABELA PINTO FERNANDES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS

Orientadora: Professora Cristina Maria Monteiro dos Santos

JUNHO 2025

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2024/2025

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil – 2024/2025 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2024*

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

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A meus Pais

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o
mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”*

Madre Teresa de Calcutá

Agradecimentos

No momento de conclusão desta etapa tão significativa na minha vida, gostaria de registrar meu sincero agradecimento as pessoas mais importantes e que contribuíram, cada um à sua maneira, para o sucesso deste percurso.

À Professora Doutora Cristina Maria Monteiro dos Santos, por toda disponibilidade, apoio e sensibilidade na orientação para a realização deste estudo, e, principalmente, por todo conhecimento compartilhado, não apenas nesta etapa, mas também durante outras Unidades Curriculares.

Ao corpo docente do Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos da FEUP, por contribuírem para meu desenvolvimento profissional e pessoal. A cada aula, com cada Professor, tinha mais certeza da profissão que escolhi seguir, e ter Engenheiros tão capacitados como exemplo foi crucial para o sucesso do meu percurso acadêmico.

À empresa Hidrofunção – Consultores de Engenharia, Lda, especialmente à Engenheira Carolina Cantusio e ao Engenheiro Samuel Cardoso por toda a hospitalidade e auxílio, bem como pela prontidão na disponibilização de dados essenciais para a elaboração deste estudo.

Aos amigos que a FEUP me trouxe, Júlia, Chico, Lino e Alex. Vocês foram um bote salva-vidas no meio de tanta água que nos rodeava, e sou muito grata por todos os momentos que passamos juntos. As aulas pela manhã e os estudos até de madrugada custavam menos com vocês por perto.

Também quero agradecer às minhas queridas amigas Luisa, Natália e Camilla, por estarem ao meu lado ao longo desses anos. Cada uma, à sua maneira, tornou esse caminho mais leve, divertido e especial. Com vocês, aprendi que talvez as pedras que encontrava pelo caminho fossem apenas degraus disfarçados, me preparando para chegar aqui.

À minha família.

Aos meus avós, tios e à minha prima, por me fazerem sentir em casa, mesmo quando sinto que a minha está tão longe, e por não deixarem que a saudade de um almoço em família durasse muito tempo. Obrigada por todo carinho e apoio que sempre me dão. A escolha de me mudar para Portugal foi, principalmente, por saber que teria vocês por perto.

Ao meu irmão, Lucas, por ser o lado racional das minhas imensas emoções, e por sempre me surpreender com a sua inteligência, determinação e resiliência. Sempre farei de tudo por você, e agora também consigo construir um reservatório só para guardar o orgulho que sinto de ti.

E por fim, mas não menos importante, quero agradecer aos responsáveis por tornar todo esse percurso possível. Àqueles que nunca mediram esforços para me ajudar a alcançar meus sonhos e que, mesmo com toda a distância, estiveram sempre ao meu lado. Ao meu pai, Marcelo, e à minha mãe, Renata: serei eternamente grata por todo apoio, pelas conversas, pelo carinho e, acima de tudo, pelo amor. A parte mais difícil deste processo todo foi, sem dúvida, estar longe de vocês, mas hoje posso dizer com muita emoção e felicidade que a vossa filha é Engenheira. Tudo graças a vocês, e por vocês.

RESUMO

Esta dissertação teve como objetivo avaliar soluções técnico-económicas para a atualização de estações de tratamento de águas residuais (ETAR) em Portugal, com foco na adaptação às exigências da nova Diretiva Europeia 2024/3019 (DARU). A análise da evolução do sistema de saneamento na União Europeia evidenciou a importância de um enquadramento legal que uniformize os requisitos de tratamento das águas residuais no espaço europeu.

Entre as principais obrigações impostas pela DARU estão a remoção de micropoluentes, a busca pela neutralidade energética nas ETAR e a ampliação do âmbito de aplicação. Tais metas representam desafios significativos para Portugal, especialmente num contexto em que o país ainda não cumpre integralmente a legislação anterior. Por outro lado, a DARU viabiliza o acesso a financiamentos europeus, o que poderá facilitar a concretização das metas propostas.

A metodologia aplicada baseou-se na análise de dois casos de estudo concretos: a ETAR de Penedo Gordo e a ETAR da Mealhada. Para ambas, foram propostas intervenções que abrangem atualizações nos níveis de tratamento, implementação de soluções para valorização de lamas, uso de energias renováveis e mecanismos de monitorização avançada. As propostas foram avaliadas tecnicamente, operacionalmente e economicamente, considerando critérios de viabilidade, sustentabilidade e conformidade legal.

A análise orçamental mostrou que as decisões de projeto têm impacto direto nos investimentos necessários. No caso da ETAR da Mealhada, registrou-se uma diferença de cerca de 240 000,0 € entre as duas alternativas propostas. Para a ETAR de Penedo Gordo a estimativa orçamental foi de 584 020,0 €. Os orçamentos contemplaram apenas os custos referentes à construção das soluções e respectivos equipamentos necessários, não contemplando os custos ao longo da vida útil das intervenções.

Conclui-se que, embora as exigências da DARU impliquem em investimentos significativos, os benefícios ambientais, de saúde pública e sociais justificam plenamente os esforços. A análise mostrou que o enquadramento europeu é determinante para orientar os investimentos e garantir a evolução das infraestruturas de saneamento, e estabelece um novo rumo para a gestão das águas residuais na Europa.

Palavras-chave: águas residuais urbanas, ETAR, DARU, Portugal, avaliação técnico-económica.

ABSTRACT

This dissertation aimed to assess technical and economic solutions for upgrading wastewater treatment plants (WWTPs) in Portugal, with a focus on adapting to the requirements of the new European Directive 2024/3019 (Urban Wastewater Treatment Directive - UWWTD). The analysis of the evolution of the sanitation system in the European Union highlighted the importance of a legal framework that standardizes wastewater treatment requirements across the European territory.

Among the main obligations imposed by the UWWTD are the removal of micropollutants, the pursuit of energy neutrality in WWTPs, and the expansion of its scope of application. These goals represent significant challenges for Portugal, especially in a context where the country has not yet fully complied with the previous legislation. On the other hand, the UWWTD facilitates access to European funding, which may help achieve the proposed targets.

The methodology was based on the analysis of two concrete case studies: the Penedo Gordo WWTP and the Mealhada WWTP. For both, interventions were proposed that include upgrades to treatment levels, implementation of solutions for sludge valorisation, use of renewable energy, and advanced monitoring mechanisms. The proposals were assessed from technical, operational, and economic perspectives, considering criteria of feasibility, sustainability, and legal compliance.

The budget analysis showed that design decisions have a direct impact on the required investments. In the case of the Mealhada WWTP, a difference of approximately €240 000,00 was recorded between the two proposed alternatives. For the Penedo Gordo WWTP, the budget estimate was €584 020,00. The budgets included only the costs related to the construction of the proposed solutions and the respective necessary equipment, excluding life-cycle costs of the interventions.

It is concluded that although the requirements of the UWWTD entail significant investments, the environmental, public health, and social benefits fully justify the efforts. The analysis demonstrated that the European framework is essential to guide investments and ensure the development of sanitation infrastructures, establishing a new course for wastewater management in Europe.

KEYWORDS: urban wastewater, WWTP, DARU, Portugal, technical and economic evaluation.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
ENQUADRAMENTO	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2. O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS EM PORTUGAL	5
2.1. PERSPECTIVA HISTÓRICA	5
2.2. CONTEXTO PORTUGUÊS E NÍVEIS DE ATENDIMENTO	8
2.3. ENQUADRAMENTO LEGAL	10
3. A NOVA DARU	13
3.1. DESCRIÇÃO GLOBAL DOS OBJETIVOS DA DIRETIVA	13
3.2. PRINCIPAIS REQUISITOS APRESENTADOS NA DIRETIVA	14
3.3. APRESENTAÇÃO DAS PRINCIPAIS ALTERAÇÕES FACE ÀS DISPOSIÇÕES ANTERIORES	16
3.4. DESAFIOS E BENEFÍCIOS PARA INFRAESTRUTURAS	20
4. CASOS DE ESTUDO	29
4.1. ETAR DE PENEDO GORDO	29
4.1.1. DESCRIÇÃO	29
4.1.2. ALTERAÇÕES	33
4.1.2.1. NÍVEL DE TRATAMENTO	33
4.1.2.2. REUTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS	35
4.1.2.3. VALORIZAÇÃO DE LAMAS E RECURSOS	36
4.1.2.4. MONITORIZAÇÃO	37
4.2. ETAR DA MEALHADA	37
4.2.1. DESCRIÇÃO	37

4.2.2. ALTERAÇÕES	43
4.2.2.1. NÍVEL DE TRATAMENTO	43
4.2.2.2. REUTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS	49
4.2.2.3. NEUTRALIDADE ENERGÉTICA.....	50
4.2.2.4. MONITORIZAÇÃO.....	52
4.3. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	52

5. ORÇAMENTOS 55

5.1. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL ETAR DE PENEDO GORDO	55
5.2. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL ETAR DA MEALHADA.....	56

6. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS 59

6.1. CONCLUSÕES.....	59
6.2. TRABALHOS FUTUROS.....	60

Anexos I

ANEXO A.1. FATURAS DE ENERGIA ETAR DA MEALHADA.....	I
ANEXO A.2. EXCEL ORÇAMENTO EXEMPLO PROJETO HIDROFUNÇÃO	XIV
ANEXO A.3. EXCEL ORÇAMENTO CONSTRUÇÃO LAGOA DA ETAR DA MEALHADA	XXI

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Cloaca Máxima (Hopkins 2007).....	6
Figura 2 – Estimativa por país de águas residuais domésticas tratadas com segurança (Organização Mundial da Saúde 2024)	7
Figura 3- Nível de tratamento em Portugal em 2020 (Agência Portuguesa do Ambiente 2024)	10
Figura 4- Evolução da aplicação da DARU em Portugal (Agência Portuguesa do Ambiente 2021).....	11
Figura 5- Zonas sensíveis, Portugal ("Águas residuais urbanas Relatório do Estado do Ambiente" s.d.)	12
Figura 6 - Porcentagem do comprimento dos rios por limiares de qualidade (Comissão Europeia 2019)	20
Figura 7 – Concentrações PhAC, ETAR na Finlândia (Skalska-Tuomi <i>et al.</i> 2025)	22
Figura 8 – Custos e benefícios por Estado-Membro (Comissão Europeia 2022a).....	24
Figura 9 – Relação custos e capacidade da ETAR (Badhofer 2023).....	24
Figura 10 – Mapa de Portugal, (b) precipitação média anual observada para o período 1971–2000; (c) anomalia da precipitação média anual para o período 2071–2100 (Vizinho <i>et al.</i> 2021)	26
Figura 11 – Penedo Gordo, Beja	29
Figura 12 – Obra de entrada ETAR Penedo Gordo (Fonte: Hidrofunção – Consultores de Engenharia, Lda.)	30
Figura 13 – ETAR Penedo Gordo (Fonte: Hidrofunção – Consultores de Engenharia, Lda.)	31
Figura 15 – Potencial utilizador águas tratadas ETAR Penedo Gordo (Google Earth ®).....	35
Figura 16 – Potencial consumo e produção energética, ETAR de Penedo Gordo	37
Figura 17 – Localização Mealhada, Beja.....	38
Figura 18 – Atendimento ETAR do Concelho da Mealhada (Mealhada s.d.)	38
Figura 20 – Fracionamento efluente (WEST)	44
Figura 21 – Layout simulação (WEST)	45
Figura 22 – Percentagem de redução em cada etapa do processo, ETAR da Mealhada	47
Figura 23 – Potencial área lagoa de maturação, ETAR da Mealhada (Google Earth ®)	48
Figura 25 – Estimativa área de instalação painéis solares, ETAR da Mealhada (Google Earth ®)	51
Figura 26 - Comparação consumo e produção de energia por biogás e painéis solares, ETAR da Mealhada	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Alterações entre as diretivas de 1991 e de 2024	18
Tabela 1 – Alterações entre as diretivas de 1991 e 2024 (continuação)	19
Tabela 2 – Consumo energético médio das etapas de tratamento AR (Cardoso <i>et al.</i> 2021)	25
Tabela 3 – Consumo energético do tratamento quaternário (Skalska-Tuomi <i>et al.</i> 2025)	25
Tabela 4 – Características do afluente bruto, ETAR de Penedo Gordo	30
Tabela 5 – Dados de base das condições de funcionamento da ETAR	32
Tabela 6 – Requisitos descarga, ETAR de Penedo Gordo	33
Tabela 7 – Amostras não conformes, ETAR Penedo Gordo	33
Tabela 8 – Eficiência ETAR de Penedo Gordo com arejadores	34
Tabela 9 – Normas de qualidade de água para reutilização em rega, DL 119/2019 (Presidência do Conselho de Ministros 2019)	36
Tabela 10 – Caudais de projeto por povoações, ETAR da Mealhada	39
Tabela 11 – Cargas poluentes afluentes à ETAR da Mealhada	39
Tabela 12 – Requisitos mínimos de qualidade do efluente, ETAR da Mealhada	40
Tabela 13 – Eficiência do tratamento primário e secundário, ETAR da Mealhada	42
Tabela 14 – Eficiência global, ETAR da Mealhada	42
Tabela 15 – Comparação efluente de entrada na simulação e no caso de estudo	45
Tabela 16 – Resultado simulação WEST	46
Tabela 17 – Dimensionamento da lagoa de maturação, ETAR da Mealhada	48
Tabela 18 – Emissões CO ₂ associadas ao consumo de energia, ETAR da Mealhada	52
Tabela 19 – Estimativa orçamental ETAR de Penedo Gordo	56
Tabela 20 – Estimativa orçamental ETAR da Mealhada	58

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

A – Área

CBOa – Carência bioquímica de oxigénio na entrada

CBOe – Carência bioquímica de oxigénio na saída

CO₂ – Dióxido de carbono

CQO – Carência química de oxigénio

E – Altura de água no leito

H – Altura

K – Coeficiente de transmissão térmica

KT – Velocidade de redução da carência bioquímica de oxigénio

N – Nitrogénio

NH – Amónia

NO – Nitrato + Nitrito

NTK – Nitrogénio Kjeldhal total

OD – Oxigénio dissolvido

O₃ - Ozono

P – Fósforo

pH – Potencial hidrogeniônico

PO – Ortofosfato

PT – Fósforo total

Q – Caudal

Q_{In} – Caudal de entrada

Q_{Out} – Caudal de saída

S_{COD} – Carência química de oxigénio solúvel

SST – Sólidos suspensos totais

SST₁ – Decantador secundário

UV – Radiação ultravioleta

X_{COD} – Carência química de oxigénio particulado

ABAC – Controlo de aeração baseada em amónia

ADN – Ácido desoxirribonucleico

AR – Águas residuais

ASM – Activated Sludge Model

ASU – Reator de lamas ativadas

AVN – Controlo de amónia versus nitrato

Bio-P – Remoção biológica de fósforo

CAPEX – Despesas de Capital

DARU – Diretiva das Águas Residuais Urbanas

DL – Decreto Lei

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

F/Q – Físico-químico

JRC – Joint Research Centre

Multi – Medidor da qualidade da água

ODS – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

OPEX – Despesas Operacionais

PAO – Bactérias acumuladoras de fósforo

PCD – Descarga de corona pulsada

PhAC – Compostos farmacêuticamente ativos

PIB – Produto Interno Bruto

PI_Control – Arejador

PVGIS – Photovoltaic Geographical Information System

REFIT – Regulatory Fitness and Performance Programme

SARS-CoV-2 – Coronavírus da síndrome respiratória aguda grave 2

UE – União Europeia

WEST – Wastewater Process Modelling Software

WIND – *What if no Directive* scenario

a.C – Antes de Cristo

Art. – Artigo

Dec. - Decantação

E. Coli – *Escherichia coli*

Ef – Eficiência

Eq. - Equivalente

Estim. - Estimados

Hab. – Habitantes

Pop. – População

1

INTRODUÇÃO

ENQUADRAMENTO

A água desempenha múltiplos papéis no mundo. Em suas diferentes formas, constitui um elemento essencial à vida, sustentando não apenas os seres humanos, mas também os animais, as plantas e os ecossistemas como um todo. Para além da sua função vital, a água é também um recurso fundamental para atividades económicas, como a produção de energia, o transporte e a indústria.

No entanto, entre as diversas faces da água, as águas residuais ocupam um lugar muitas vezes esquecido. Conduzidas discretamente por redes subterrâneas, graças à evolução dos sistemas de drenagem urbana, essas águas costumam passar despercebidas pela sociedade, apesar do seu potencial, tanto benéfico quanto prejudicial.

A qualidade da água pode ser comprometida por diferentes fontes de poluição, sejam elas pontuais ou difusas. Na União Europeia (UE), as descargas de águas residuais urbanas que não foram devidamente tratadas constituem a principal fonte de poluição pontual. Já no campo da poluição difusa, as águas residuais são a segunda maior ameaça, superadas apenas pela agricultura, que contribui com o lançamento de pesticidas, nutrientes em excesso e microrganismos fecais (European Environment Agency 2018).

Estas águas, assim, revelam-se como vetores críticos de poluição e exigem atenção. Apesar destes riscos, as águas residuais não devem ser vistas apenas como uma ameaça, já que, quando devidamente tratadas, possuem grande potencial. Nesse cenário, podem ser reaproveitadas para diferentes usos, como em atividades agrícolas, industriais ou urbanas, podendo até serem utilizadas para fins potáveis. A sua reutilização contribui para a poupança de água e resiliência hídrica, deixando de ser um resíduo para tornarem-se um recurso novamente.

Neste contexto, insere-se a Diretiva do Tratamento das Águas Residuais (DARU), cujo objetivo principal é proteger o ambiente e a saúde pública, assegurando que o ciclo das águas residuais, da recolha, ao tratamento e à descarga, seja conduzido de forma segura, eficiente e sustentável (Parlamento e Conselho Europeu 2024). Seus propósitos não se limitam apenas à proteção do meio aquático, estendendo-se à preservação do ambiente como um todo e à promoção da saúde humana, reconhecendo a interdependência entre estes elementos.

A Diretiva 91/271/CEE representou um marco na consolidação do setor do saneamento na União Europeia. Ao estabelecer requisitos mínimos para o tratamento de águas residuais, promoveu avanços significativos nas infraestruturas existentes e impulsionou a criação de novas soluções para a gestão destes efluentes. Contudo, o cenário atual apresenta desafios mais complexos e exigentes, não

suficientemente contemplados na legislação anterior. A presença de micropouentes, a necessidade de adaptação às alterações climáticas, a exigência de maior eficiência energética e a crescente valorização da água como recurso exigem um enquadramento normativo mais abrangente e atualizado.

A nova Diretiva 2024/3019 surge, assim, como resposta aos desafios emergentes da última década, com o objetivo de atualizar e reforçar os compromissos anteriores da União Europeia. A revisão do enquadramento normativo visa não apenas corrigir lacunas identificadas na DARU anterior, mas também alinhar os objetivos do setor com as atuais exigências ambientais, tecnológicas e sociais. Entre as principais alterações, destacam-se a ampliação do âmbito de aplicação, a introdução de níveis de tratamento mais avançados, o reforço das exigências de monitorização e o estabelecimento de metas relativas à eficiência energética e redução de emissões de gases com efeito de estufa.

Em Portugal, a aplicação da nova DARU representará um desafio significativo, tendo em conta que ainda existem inconformidades em relação às metas da Diretiva 91/271/CEE. As novas exigências impõem intervenções que, além de tecnicamente exigentes, requerem um planeamento cuidadoso e investimento significativo. Nesse sentido, é fundamental avaliar a viabilidade e o impacto das possíveis soluções, considerando a escala, o funcionamento, o financiamento e as características específicas de cada sistema.

O presente estudo insere-se neste esforço e visa contribuir para o debate técnico e estratégico em torno da atualização de ETAR em território nacional. Através da avaliação técnico-económica de soluções aplicáveis a duas infraestruturas reais, pretende-se compreender os impactes a viabilidade das adaptações necessárias para garantir o cumprimento da nova legislação. Busca-se, assim, contribuir para o processo de transição das infraestruturas nacionais às novas exigências europeias, com base numa análise detalhada e aplicada à realidade existente.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo geral do presente estudo é contribuir para a compreensão e resposta às exigências impostas pela nova Diretiva Europeia 2024/3019 sobre águas residuais urbanas, através da avaliação técnico-económica de soluções para atualização de ETAR em território nacional. Este objetivo desdobra-se nas seguintes especificações:

- Estudar a nova Diretiva 2024/3019 e identificar as principais implicações técnicas, legais e operacionais para ETAR de diferentes características e dimensões.
- Propor, com base em dois casos de estudo reais, nomeadamente a ETAR de Penedo Gordo e a ETAR da Mealhada, alterações aos processos de tratamento que assegurem a conformidade com os novos requisitos legais.
- Realizar a análise técnico-económica das soluções propostas, incluindo a avaliação dos investimentos necessários, custos operacionais e eventuais benefícios ambientais e energéticos.

Com este trabalho, pretende-se contribuir para o processo de transição das ETAR nacionais rumo a sistemas de tratamento mais eficientes, sustentáveis e alinhados com os novos padrões europeus.

1.2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho encontra-se dividido em seis partes, incluindo a presente introdução, na qual é apresentado o enquadramento, objetivos e, a seguir, uma breve descrição dos temas abordados em cada capítulo;

- No Capítulo 2 é realizada uma contextualização histórica do tema, apresentando a evolução das infraestruturas de saneamento e o estado atual do tratamento de águas residuais em Portugal, incluindo o enquadramento legal e os principais indicadores de desempenho.
- O Capítulo 3 analisa a nova diretiva de águas residuais, detalhando seus objetivos, exigências técnicas e principais alterações face à legislação anterior, bem como os desafios e oportunidades que impõe às infraestruturas.
- No Capítulo 4, são apresentados os dois casos de estudo concretos: a ETAR de Penedo Gordo e a ETAR da Mealhada. Para ambas é realizada uma breve descrição da infraestrutura existente, suas características técnicas e as propostas de alteração desenvolvidas para as enquadrar às novas exigências da Diretiva 2024/3019, com recurso a ferramentas de modelação.
- No Capítulo 5 é apresentada a avaliação económico-financeira das intervenções propostas, incluindo estimativas de custos de investimentos e equipamentos.
- Por fim, no Capítulo 6, são apresentadas as conclusões, sintetizando os resultados alcançados e propondo linhas de investigação e ações futuras para o setor de tratamento de águas residuais em Portugal.

2

O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS EM PORTUGAL

2.1. PERSPECTIVA HISTÓRICA

A importância do tratamento de águas residuais é reconhecida globalmente, mas, durante grande parte da história da Humanidade, as infraestruturas de águas residuais não eram consideradas, em regra, como necessárias, e a evacuação de detritos humanos era feita em pátios ou ruas dos centros urbanos, por deposição a seco (Monte *et al.* 2016). Entretanto, na Suméria, a 4000 a.C, já se acreditava na relação da proliferação de doenças com a água, apesar da base supersticiosa e religiosa (Botica 2012).

Não obstante, existem diversos registros históricos sobre estruturas de drenagem. As primeiras evidências da adoção desse sistema surgiram na Mesopotâmia, 4000 a.C, onde foram descobertos tubos e reservatórios de resíduos. Índícios com data de 3750 a.C apontam que foram construídas na região de Nipur, na Índia, galerias destinadas à condução de esgotos. Além disso, no Vale do Indo, aproximadamente 3200 a.C, foram implementados sistemas de drenagem de águas residuais, compostos por canais revestidos de tijolos e equipados com aberturas para inspeção (Botica 2012).

Em 3000 a.C, ruínas de coletores e drenos do aglomerado Mohengo-Doro, no atual Paquistão, mostram que o sistema se destinava à drenagem de escoamentos das vias. Embora simples, é evidente o cuidado e a preocupação dedicados à construção desse tipo de infraestrutura na época. Nas cidades de Ur e Babilónia, 2500 a.C, na Mesopotâmia, já se utilizavam infraestruturas de tijolo e asfalto para evacuar resíduos líquidos, incluindo espécies de sarjetas e sumidouros (Matos, s.d.).

Outro exemplo significativo encontra-se na civilização Minoica (3000 – 1000 a.C). Na cidade de Cnossos, localizada na ilha de Creta, as ruínas do famoso palácio revelam o emprego de avançadas técnicas de engenharia, para a época, para drenagem de águas pluviais e dejetos. O sistema, construído em pedra e terracota, incluía canais que transportavam os efluentes para locais distantes, e a elevada frequência e intensidade das chuvas na região garantiam a autolimpeza do sistema, evitando a acumulação de detritos e garantindo sua funcionalidade ao longo do tempo (Burian *et al.* 1999).

Em Jerusalém, por volta de 1000 a.C, tem-se o primeiro registro de um sistema separativo, abrangendo parte da cidade. Neste, uma estrutura era destinada exclusivamente à drenagem de águas pluviais e efluentes domésticos, enquanto outra conduzia resíduos de origem sanitária. No entanto, a maior parte da cidade não possuía um planeamento abrangente para a gestão dessas águas, recorrendo apenas a canais e sarjetas ocasionais nas vias públicas (Burian *et al.* 1999).

Talvez o exemplo mais conhecido de realizações de engenharia hidráulica da antiguidade seja a Cloaca Máxima. Inicialmente concebida como um canal a céu aberto para escoamento de águas pluviais e de nascentes, sua construção teve início no século VI a.C, durante o domínio etrusco. Foi fundamental para

a drenagem da área que viria a se tornar o Fórum Romano, permitindo o desenvolvimento urbano e a expansão da cidade (Hopkins 2007).

Ao longo dos séculos, a sua estrutura foi ampliada e adaptada para atender à crescente urbanização de Roma. Canais secundários foram incorporados para melhorar a drenagem, e a cobertura progressiva do sistema transformou-o em uma rede subterrânea, como ilustra a Figura 1. No período imperial, a Cloaca Máxima passou a receber tanto águas pluviais quanto resíduos sanitários, tornando-se um sistema de esgoto combinado. Para garantir sua manutenção, Roma instituiu-lhe um imposto e designou funcionários especializados para inspecionar e conservar as galerias (Matos, s.d.).



Figura 1- Cloaca Máxima (Hopkins 2007)

Com a queda do Império Romano e a ascensão dos povos bárbaros, marcando o início da Idade Média, os sistemas de drenagem de águas residuais sofreram um grande retrocesso. Entretanto, problemas gerados pela sua escassez eram cada vez mais frequentes. A epidemia da peste negra que assolou a Europa no século XI, foi uma das diversas doenças catastróficas, proliferada pela falta de saneamento (Botica 2012).

Somente com a Revolução Industrial, nos séculos XVIII e XIX, as questões sanitárias voltaram a ganhar destaque. O crescimento populacional e a urbanização acelerada intensificaram os problemas de higiene, que se agravou com a generalização do abastecimento de água em domicílio, aumentando o volume de águas residuais. Nesse contexto surgiram esforços organizados para gerir estas águas, com a construção de canais que as transportavam para os rios mais próximos. Contudo, a associação entre água contaminada e disseminação de doenças ainda não era plenamente compreendida (Monte *et al.* 2016).

O desenvolvimento da Microbiologia no século XIX foi crucial para a evolução desta temática. John Snow, médico inglês, constatou que casos de cólera em 1854 em Soho, Londres, estavam agrupados em torno de diversos poços de água contaminados. A descoberta dos mecanismos físicos e microbiológicos do processo de autodepuração natural dos cursos d'água impulsionou pesquisas sobre o tratamento de águas residuais. A primeira implementação prática desses conhecimentos ocorreu em 1888, em Lawrence, Massachusetts, onde foram construídos os primeiros filtros intermitentes de areia, uma solução que combinava filtração e depuração biológica (Monte *et al.* 2016).

No final do mesmo século, teve-se a introdução do betão na construção de coletores circulares, que antes eram feitos de pedra ou tijolo. O novo material conferia maior eficiência, o que reduziu custos de manutenção. Paralelamente, cidades como Londres e Hamburgo iniciaram a construção de redes mais eficazes, consolidando o modelo unitário de drenagem, com a junção de águas residuais e pluviais (Matos, s.d.).

Foi só no século XX que entraram em operação as primeiras Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Em 1914, os britânicos Edward Arden e William T. Lockett realizaram o estudo inicial sobre o processo de lamas ativadas. A primeira estação de tratamento utilizando essa tecnologia foi construída em 1920, na cidade de Sheffield, no Reino Unido (Monte *et al.* 2016).

Apesar dos avanços históricos significativos no tratamento de águas residuais nas últimas décadas, constata-se que ainda é problemática recorrente à escala global. A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) reconhece a relevância dessa questão ao incluí-la no sexto objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS), visando “garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos”. Dentro desse contexto, o indicador 6.3.1 desempenha um papel fundamental, ao avaliar a “proporção do fluxo de águas residuais domésticas e industriais tratada com segurança” (BCSD Portugal s.d.).

Entretanto, em 2022, ainda havia uma escassez de dados confiáveis que permitissem fazer um panorama global sobre o tratamento de águas residuais. O relatório “Progress on the proportion of domestic and industrial wastewater flows safely treated”, indica que, de entre os 107 países que relataram algum tipo de estatística relacionada ao tema, apenas 42 forneceram dados suficientes para estimar a proporção de águas residuais tratadas de forma segura (ou seja, que foram descartadas em conformidade com os padrões relevantes ou tratadas a um nível compatível com os processos secundários, ou superiores). A Figura 2 ilustra a proporção de águas residuais tratadas em cada país, com base na disponibilidade de dados disponíveis (Organização Mundial da Saúde 2024).

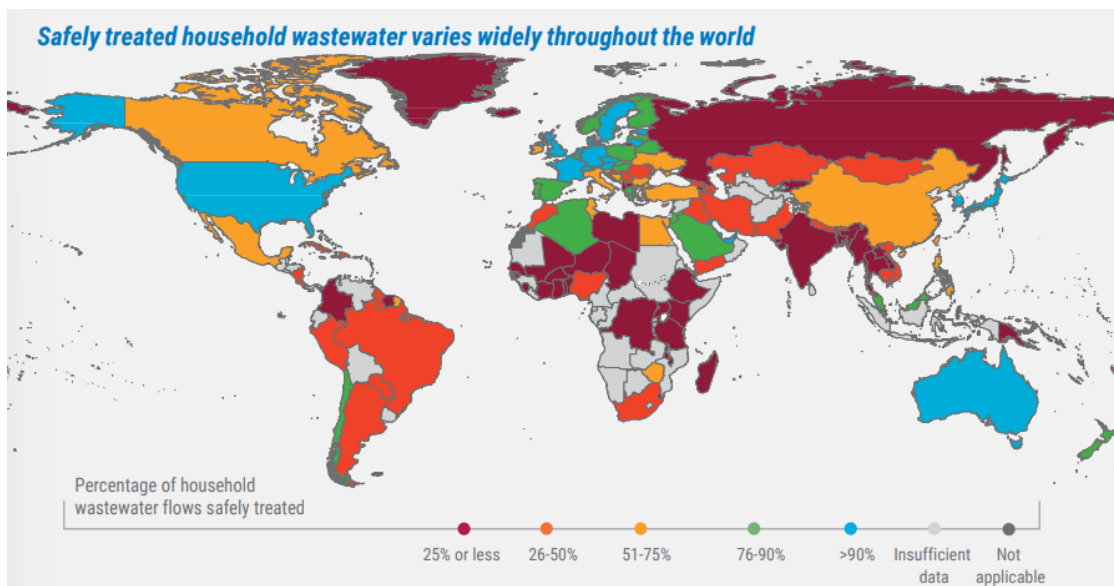


Figura 2 – Estimativa por país de águas residuais domésticas tratadas com segurança (Organização Mundial da Saúde 2024)

No mesmo relatório, é possível verificar também que, em 2022, em escala global, foram gerados aproximadamente 268 bilhões de m³ de águas residuais de origem doméstica, e que, apenas 58% desse volume foi tratado de forma segura (cerca de 155 bilhões de m³). Os 42% restantes, equivalentes a aproximadamente 133 bilhões de m³, que foram descartados sem tratamento seguro, a maior parcela foi atribuída a domicílios sem sistemas adequados de recolha (45%). Uma parcela considerável (24%) corresponde a fossas sépticas com funcionamento inadequado e, os restantes 19% referem-se a tratamentos realizados de forma insuficiente nas estações existentes (Organização Mundial da Saúde 2024).

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de fortalecer os sistemas de tratamento as águas residuais, bem como de aprimorar os mecanismos de registro e monitoramento dos seus processos. A escassez de dados disponíveis em escala global revela que muitos países não estão inteirados acerca dos riscos decorrentes do manejo inadequado das águas residuais não tratadas. A evolução histórica das infraestruturas de drenagem, ainda que inicialmente voltadas apenas para evacuação das águas, revela um percurso gradual de reconhecimento da importância da gestão das águas residuais. Foi este processo que, ao longo dos séculos, permitiu o surgimento e posterior consolidação dos sistemas de tratamento. Assim, compreender este percurso histórico auxilia na contextualização dos desafios atuais, reforçando a urgência de evitar que erros passados sejam recorrentes no futuro.

2.2. CONTEXTO PORTUGUÊS E NÍVEIS DE ATENDIMENTO

As raízes históricas da gestão de águas residuais em Portugal remontam ao século XV, quando D. João II ordenou operações de limpeza nos sistemas de drenagem da época, em resposta aos surtos da peste negra. Concebidos inicialmente para escoamento pluvial, os canais acumulavam também resíduos urbanos, tornando as cidades insalubres. O crescimento populacional entre os séculos XVI e XVIII agravou os problemas sanitários, onde a ausência de infraestrutura adequada resultava em inundações frequentes e riscos epidemiológicos. Nessa época não houve qualquer avanço significativo no que diz respeito ao transporte de resíduos de áreas residenciais para outros locais. A remoção do lixo ainda dependia das chuvas, as quais eram responsáveis por carregar os resíduos e garantir a limpeza (Botica 2012).

Uma maior atenção ao planeamento sanitário iniciou-se na segunda metade do século XIX, com influência de Edwin Chadwick, advogado e reformista social que se dedicou à reforma sanitária na Grã-Bretanha. Os seus estudos revelaram os efeitos adversos do saneamento inadequado à saúde, apresentando evidências que levaram a intervenção governamental nessa área (Vaishali e Boopathy, s.d.). No século seguinte, em Portugal, a cidade do Porto foi pioneira na instalação de um sistema separativo, e a primeira Estação de Tratamento de Água Residual (ETAR) foi concebida na cidade de Braga, com descarga do efluente tratado no Rio Torto. Esta ETAR servia uma população de 25 mil habitantes, e o tratamento era feito pelo processo de lamas ativadas a média carga. Já no sul do país, uma vila do Barreiro foi o primeiro núcleo urbano a ter uma rede separativa doméstica (Matos, s.d.), (Monte *et al.* 2016).

O crescimento urbano e as preocupações ambientais nas décadas seguintes impulsionaram investimentos em infraestruturas de saneamento. A adesão de Portugal à União Europeia em 1986, trouxe novos desafios e oportunidades, com a necessidade de cumprir regulamentos ambientais mais rigorosos, dentre eles a Diretiva 91/271/CEE. Contudo, o país enfrentou dificuldades na implementação das exigências estipuladas, o que levou, em 2016, à condenação por parte do Tribunal de Justiça da União Europeia.

Portugal foi sancionado com uma multa de 3 milhões de euros, além de uma penalização diária de 8 mil euros até a resolução efetiva da situação, devido ao incumprimento das metas estabelecidas pela diretiva (Comissão Europeia 2019).

Apesar dos obstáculos, os avanços foram notáveis. De acordo com dados da Agência Portuguesa do Ambiente (2024), em 2020 existiam 492 ETAR em operação, servindo 465 aglomerados com um equivalente populacional igual ou superior a 2.000. Tal valor traduz que 100% da carga gerada por estas aglomerações é coletada em sistemas de drenagem.

Importante ressaltar que o equivalente populacional (e.p.) é um conceito para estimar a carga poluidora. Representa uma unidade padronizada para dimensionar a produção de efluentes, considerando tanto a população residente, quanto outras fontes que impactam o sistema de saneamento. Considera-se que 1 e.p. corresponde a uma carga de 60 gramas de carência bioquímica de oxigénio em cinco dias (CBO₅) por dia (Parlamento e Conselho Europeu 2024).

As ETAR do país diferenciam-se em relação ao nível de tratamento, que pode ser mais ou menos avançado. Todas iniciam o processo de depuração com o tratamento preliminar, etapa na qual há remoção de sólidos grosseiros em suspensão, areia e óleos, atribuindo ao afluente características que possibilitem o correto funcionamento dos processos subsequentes. Após essa fase inicial, o afluente segue geralmente para o tratamento primário, no qual acontece a primeira decantação, com separação dos sólidos que não foram removidos anteriormente.

Em 2020, como ilustra a Figura 3, 2% das ETAR do país limitavam-se ao tratamento primário e 57% avançavam para o tratamento secundário, que envolve processos de remoção da matéria orgânica biodegradável (Agência Portuguesa do Ambiente 2024). Esta etapa pode desenvolver-se por processos físico-químicos como coagulação e floculação, seguidas por decantação, ou biológicos, com uso do processo de lamas ativadas ou biofiltros.

Entre as soluções biológicas, destaca-se também o sistema de lagunagem, baseado pela depuração das águas com intervenção de algas e bactérias. Estas lagoas promovem a degradação da matéria orgânica por ação natural de microrganismos, associada a fenómenos físicos como sedimentação e fotossíntese. Embora tradicionalmente enquadradas no tratamento secundário, algumas configurações de lagunagem, especialmente as lagoas de maturação, podem também desempenhar funções típicas de desinfecção e remoção adicional de nutrientes, contribuindo para uma qualidade final do efluente compatível com padrões ambientais mais exigentes (Santos 2023).

As restantes ETAR (41%) em operação incluíam o tratamento mais avançado, no qual há remoção suplementar de sólidos suspensos que possam persistir após o tratamento secundário, desinfecção da água, com remoção de nutrientes como azoto e/ou fósforo (Agência Portuguesa do Ambiente 2024), e de vírus e bactérias através da passagem do afluente por lâmpadas UV.

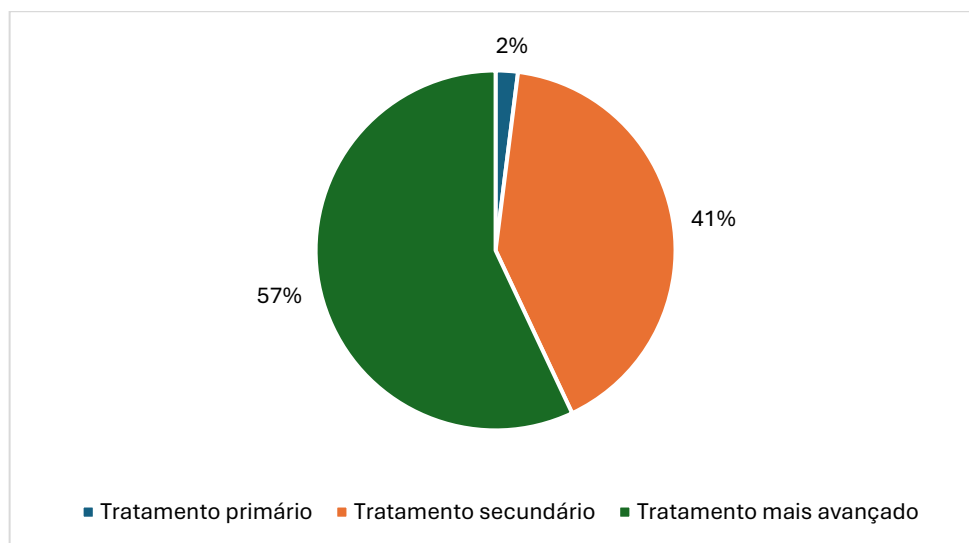


Figura 3- Nível de tratamento em Portugal em 2020 (Agência Portuguesa do Ambiente 2024)

2.3. ENQUADRAMENTO LEGAL

A necessidade de estabelecer diretrizes comuns para a gestão de águas residuais em toda Europa levou à adoção da Diretiva 91/271/CEE do Parlamento e Conselho Europeu (1991), conhecida como Diretiva das Águas Residuais Urbanas (DARU). Em 27 de fevereiro de 1998 a diretiva sofreu algumas alterações no que diz respeito aos limites de descarga de nutrientes, especificamente fósforo e azoto, com a Diretiva 98/15/CE (Parlamento e Conselho Europeu 1998). Ambas tiveram como principal objetivo proteger o meio ambiente dos impactes negativos das descargas de águas residuais, impondo obrigações aos Estados-Membros, incluindo Portugal. A transposição dessas diretrizes para a legislação nacional foi feita através do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de julho, e do Decreto-Lei n.º 348/98, de 9 de novembro, que estabeleceram os padrões para a gestão e operação das ETAR no país.

A Figura 4 ilustra o cumprimento da Diretiva 91/271/CEE em relação à recolha e descarga da carga gerada pela população, indicada no Relatório do Estado do Ambiente. Desde 2012, 100% do efluente é coletado pelo sistema de drenagem. No entanto, em 2018, apenas 86% do volume que passou pelo tratamento secundário foi descarregado em concordância com a legislação. No mesmo ano, dos 62% que receberam tratamento mais avançado, apenas 51% cumpriam os requisitos de descarga estabelecidos. Esses requisitos incluem limites para a concentração de poluentes como matéria orgânica, azoto e fósforo, além de parâmetros microbiológicos e físico-químicos, que garantem a proteção dos ecossistemas aquáticos e da saúde pública (Agência Portuguesa do Ambiente 2021).

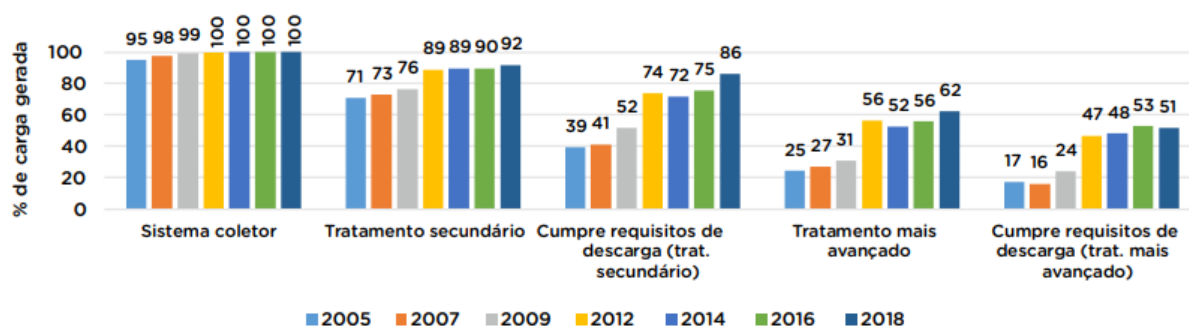


Figura 4- Evolução da aplicação da DARU em Portugal (Agência Portuguesa do Ambiente 2021)

No Relatório do Estado do Ambiente de 2024, verifica-se uma alteração na forma de apresentação dos indicadores relacionados ao cumprimento da Diretiva 91/271/CEE. Diferentemente dos relatórios anteriores, os dados mais recentes não incluem a percentagem do volume de efluentes efetivamente cumpre os requisitos de descarga (após tratamento secundário ou mais avançado), limitando-se a reportar apenas a percentagem da carga gerada que é submetida a cada nível de tratamento. Segundo este relatório, em 2020, 92% do volume foi submetido ao tratamento secundário, enquanto 63% recebeu tratamento mais avançado, valores muito semelhantes aos de 2018 (Agência Portuguesa do Ambiente 2024). Essa mudança de abordagem dificulta a comparação histórica, uma vez que impede a avaliação direta da evolução do cumprimento dos requisitos de descarga ao longo do tempo.

A conformidade com a legislação também envolve a identificação de zonas sensíveis à eutrofização, nas quais a descarga de águas residuais urbanas pode causar efeitos adversos no ambiente. Esse fenómeno caracteriza-se pela acumulação de nutrientes, sobretudo compostos de azoto e fósforo, em determinadas regiões, desencadeando um crescimento acelerado de algas e plantas aquáticas (Parlamento e Conselho Europeu 1991). A identificação dessas zonas é até então realizada de acordo com a Portaria n° 188/2021, de 8 de dezembro, conforme ilustra a Figura 5.

Nas últimas décadas, a identificação de poluentes emergentes, o aumento da ocorrência de chuvas intensas e a implementação de normas mais rigorosas em alguns Estados-Membros, levaram a reavaliação da DARU (Bacian 2022). A UNESCO define poluentes emergentes como poluentes, produtos químicos e microrganismos sintéticos ou naturais, os quais não eram monitorados e regulamentados no passado, mas que representam um risco a saúde humana e aos ecossistemas (Zandaryaa, Fares e Eckstein 2025). Assim, em 2024, para reforçar a proteção ambiental e saúde pública, abordando desafios não contemplados anteriormente, foi adotada a nova revisão. Portugal, assim como os demais Estados-Membros da União Europeia, após transposição para a legislação nacional, devem adaptar suas infraestruturas de tratamento para cumprir os novos requisitos legais ("DARU: luz verde à nova diretiva de águas residuais urbanas" s.d.). A modernização será essencial para assegurar a conformidade com os padrões ambientais e a proteção dos recursos hídricos. Tal processo reforçará a qualidade da água, a resiliência ambiental e a proteção da saúde pública.

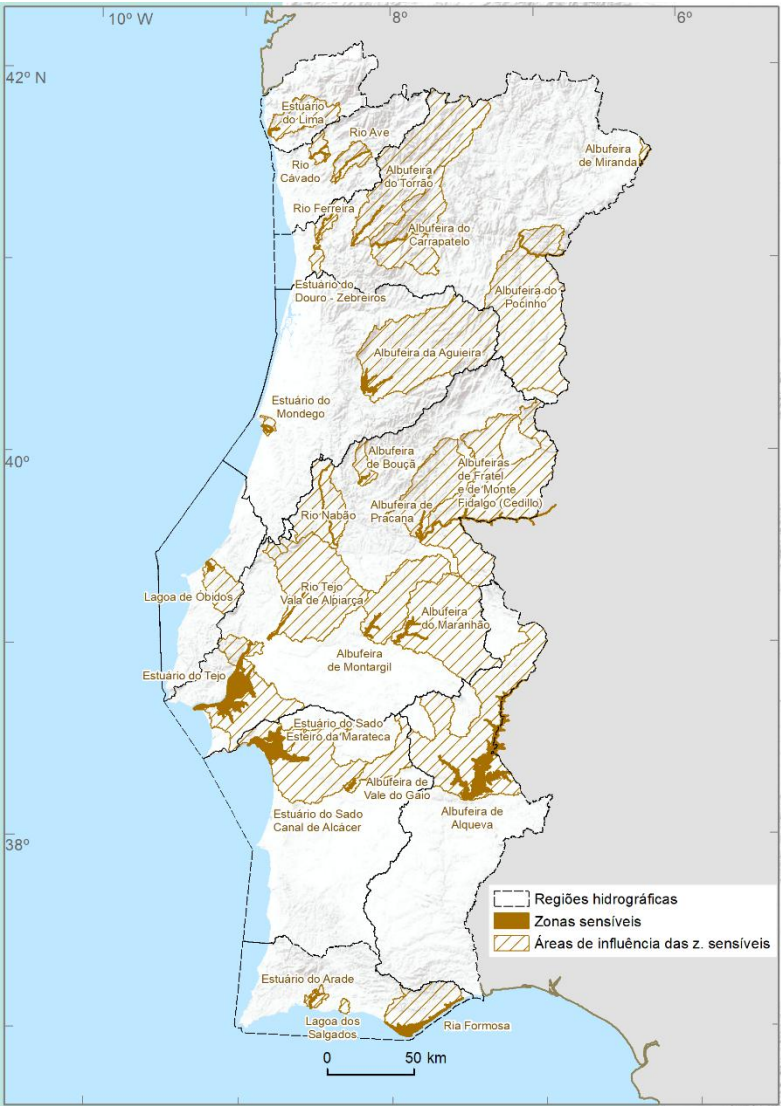


Figura 5- Zonas sensíveis, Portugal ("Águas residuais urbanas | Relatório do Estado do Ambiente" s.d.)

3 A NOVA DARU

3.1. DESCRIÇÃO GLOBAL DOS OBJETIVOS DA DIRETIVA

A Diretiva (UE) 2024/3019 (Parlamento e Conselho Europeu 2024), estabelece um quadro normativo atualizado referente a gestão e tratamento de águas residuais urbanas. Surge como resposta à necessidade de aprimorar e atualizar as medidas já existentes, adequando-se aos tempos atuais. O seu principal propósito é proteger o ambiente e a saúde pública, garantindo que a recolha, tratamento e descarga das águas residuais urbanas sejam realizados de forma segura, eficiente e sustentável.

Em relação à proteção ambiental, a diretiva busca minimizar os impactos negativos das descargas das águas residuais nos ecossistemas. Para isso, impõe padrões mais rigorosos de tratamento, com ênfase na redução de poluentes e monitorização de parâmetros sanitários, constituindo um instrumento essencial na prevenção de surtos epidemiológicos. Essas medidas estão alinhadas com a abordagem «Uma Só Saúde», a qual busca alcançar e otimizar de forma sustentável as condições de saúde das pessoas, dos animais e dos ecossistemas.

A universalização do acesso ao saneamento também está entre os objetivos centrais, com o estabelecimento de normas que asseguram a disponibilidade de infraestrutura adequada a todos, sobretudo em regiões menos desenvolvidas e entre populações vulneráveis. Enfatiza a necessidade de expansão e modernização dos sistemas de recolha e tratamento das águas residuais em aglomerações urbanas acima de um determinado equivalente populacional, incluindo tratamentos terciários e quaternários. Paralelamente, promove a transparência e governança no setor das águas residuais urbanas, exigindo informações acessíveis sobre qualidade, custos e impactos ambientais. Este compromisso com a divulgação de dados e participação pública visa aumentar a sensibilização para as implicações do tratamento das águas residuais.

No contexto das mudanças climáticas e eficiência energética, a diretiva tem como objetivo a redução progressiva das emissões de gases com efeito de estufa provenientes das atividades de recolha e tratamento. Além disso, enfatiza a economia circular, incentivando a reutilização das águas residuais tratadas e a valorização de subprodutos, como nutrientes e lamas, de forma a reduzir a dependência de recursos naturais e minimizar o impacto ambiental. Associado a isso, enfatiza a necessidade de tornar as estações de tratamento mais eficientes, promovendo o uso de energias renováveis como biogás e energia solar, contribuindo para a neutralidade climática até 2050 e para os correspondentes objetivos nacionais e da União Europeia.

Alinhada às estratégias de adaptação às alterações climáticas, a diretiva incentiva a implantação de infraestruturas resilientes, garantindo que os sistemas de saneamento possam lidar com eventos

climáticos extremos, sem comprometer a qualidade da água ou a segurança das populações. Para isso, reforça a necessidade da implementação de sistemas mais avançados para monitorizar a qualidade das águas residuais e otimizar a operação dos sistemas de tratamento, tirando máximo partido da digitalização. Desta forma pretende-se aumentar a eficiência operacional, reduzindo desperdícios e fortalecendo a gestão integrada dos recursos hídricos.

Por fim, considerando os custos adicionais decorrentes das novas exigências de tratamento, a diretiva tem como objetivo reforçar o princípio poluidor-pagador, determinando que os encargos financeiros associados aos tratamentos suplementares necessários para a remoção de micropoluentes, sejam atribuídos aos agentes responsáveis, como indústrias e setores que liberam poluentes nas redes de saneamento. Essa abordagem busca desincentivar práticas prejudiciais ao meio ambiente, promover investimentos em tecnologias mais limpas e eficientes e não prejudicar os custos para a população.

Pelo exposto, constata-se que a Diretiva 2024/3019 consolida uma estratégia abrangente para a proteção ambiental e gestão das águas residuais urbanas. Seus objetivos extrapolam o âmbito da qualidade da água e redução da poluição, promovendo a intersecção entre sustentabilidade ambiental, desenvolvimento económico e bem-estar social.

3.2. PRINCIPAIS REQUISITOS APRESENTADOS NA DIRETIVA

A Diretiva 2024/3019, apresenta um conjunto de requisitos que modernizam e ampliam as obrigações relativas ao tratamento de águas residuais urbanas. A sua adoção exigirá diversas mudanças dos Estados-Membros, que terão diferentes prazos para cumprimento, mediante o cenário em que se encontram e a mudança a ser tomada. Como referido, as novas diretrizes abrangem a ampliação do âmbito de aplicação, introdução de tratamentos mais avançados, implementação de metas de eficiência energética, regulamentação da poluição e mecanismos de governança mais transparentes e inclusivos. Nos pontos seguintes são indicados com mais detalhes os principais requisitos (Parlamento e Conselho Europeu 2024):

- **Recolha de efluentes:** Segundo o relatório da European Environment Agency (2018), 11% das pressões difusas das massas de água vêm de descargas de águas residuais não conectadas a redes de saneamento. Com a nova regulamentação, todas as aglomerações urbanas com equivalente populacional igual ou superior a 1 000 deverão garantir a recolha e tratamento das águas residuais. Estas, deverão ser recolhidas em sistemas coletores, salvo exceções justificadas por inviabilidade técnica ou custo excessivo.
- **Níveis de tratamento:** Em relação ao nível de tratamento, o tratamento secundário deverá ser implementado em todas as estações a partir de 1 000 e.p. O tratamento terciário, por sua vez, com requisitos para remoção de azoto e fósforo, passa a ser obrigatório para equivalentes populacionais iguais ou superiores a 150 000, ou a partir de 10 000 em zonas sujeitas a eutrofização. Por fim, o tratamento quaternário que assegura a remoção de um vasto leque de micropoluentes deverá ser aplicado de acordo com 3 cenários diferentes: (1) em aglomerações com mais de 10 000 e.p. que possuem diversas estações de tratamento e que estas descarreguem em zona sensível a micropoluentes; (2) aglomerações com e.p. a partir de 100 000, só necessitam de tratamento quaternário se a zona for identificada como sensível à poluição por micropoluentes; (3) caso nenhum dos cenários anteriores se aplique, será exigida apenas a implementação em aglomerações com mais de 150 000 e.p.

- Poluidor-pagador: Com a introdução do conceito de responsabilidade alargada do produtor, pelo menos 80% dos custos referentes ao tratamento quaternário deverão ser de responsabilidade dos fabricantes, incluindo custos de investimentos e operacionais. Produtos farmacêuticos para uso humano e cosméticos são os principais responsáveis pelos micropoluentes presentes nas águas residuais, desta forma, estes dois grupos serão responsabilizados pelo impacto financeiro do tratamento, independentemente do seu local de fabrico. Os valores das contribuições serão proporcionais à quantidade e perigosidade das substâncias liberadas, com isenções em 3 cenários: (1) caso a quantidade total de substâncias contidas nos produtos seja inferior a uma tonelada por ano; (2) caso as substâncias sejam rapidamente biodegradadas; (3) não gerem micropoluentes nas águas residuais no final da sua vida útil.
- Eficiência energética: A neutralidade energética deve ser progressivamente alcançada, até 31 de dezembro de 2045, em estações de tratamento receptoras de aglomerações a partir de 10 000 e.p. Energia solar, hidráulica, térmica, eólica e a produção de biogás são exemplos citados que devem ser considerados como energias renováveis a serem utilizadas. Para garantir o cumprimento dessa meta, cada Estado-Membro deverá conduzir auditorias energéticas a cada quatro anos, com avaliação do potencial de redução do consumo de energia a possibilidade de otimizar os processos existentes. No entanto, as iniciativas não deverão acarretar um aumento da emissão de metano ou óxido nitroso. Adicionalmente, o setor deverá reduzir as emissões de gases com efeito de estufa provenientes das estações de tratamento, contribuindo para a neutralidade climática até 2050.
- Valorização, reutilização e descarte: Para promoção da economia circular, os Estados-Membros deverão priorizar a recuperação de nutrientes, como o fósforo e o azoto, além de incentivar a reutilização das águas residuais tratadas, especialmente em regiões sob stress hídrico. São estabelecidas metas obrigatórias de valorização e reaproveitamento de subprodutos do tratamento de águas residuais, como o uso agrícola das lamas.
- Planos integrados: Aglomerações urbanas a partir de 100 000 e.p. deverão adotar planos integrados que considerem toda a zona de drenagem, e que proponham soluções à realidade local para controle da poluição provocada por descargas de tempestade e escoamentos urbanos. Aglomerações entre 10 000 e 100 000 deverão implementar essa medida caso as descargas de tempestade representem: (1) um máximo de 2% da carga anual de águas residuais urbanas; (2) ou um risco ambiental; (3) o incumprimento de certas condições legislativas.
- Monitorização e vigilância: Os Estados-Membros deverão estabelecer uma lista de parâmetros relevantes para monitorização, assegurando que poluentes e agentes patogénicos sejam controlados de forma eficaz. No mesmo sentido, passará a ser obrigatória a monitorização da resistência antimicrobiana para aglomerações a partir de 100 000 e.p., reconhecendo o risco que esses organismos representam para a saúde mundial. Além disso, exige-se a monitorização das descargas, das lamas, das águas reutilizadas, emissões de gases com efeito de estufa e da energia produzida e consumida.
- Acesso ao saneamento e justiça ambiental: Os Estados-Membros deverão garantir o acesso ao saneamento, com especial atenção aos grupos vulneráveis. Também se estabelece a obrigação de informar o público sobre a qualidade dos serviços, custos, desempenho ambiental e funcionamento das infraestruturas, promovendo transparência e participação cidadã. Além disso, sempre que o incumprimento das medidas propostas pela Diretiva 2024/3019 comprometeram a população, esta poderá recorrer a compensações.

3.3. APRESENTAÇÃO DAS PRINCIPAIS ALTERAÇÕES FACE ÀS DISPOSIÇÕES ANTERIORES

A anterior Diretiva Tratamento de Águas Residuais, adotada em 1991 resultou em uma redução significativa das emissões de poluentes. De acordo com a avaliação REFIT conduzida no âmbito do Programada de Adequação e Desempenho da Regulamentação, a adoção da DARU resultou no declínio das concentrações de CBO₅, N e P nas águas residuais tratadas em 61%, 32% e 44%, respectivamente, entre 1990 até 2014 (Comissão Europeia 2019). Estas reduções tiveram reflexo direto na melhoria da qualidade das águas de rios, lagoas, mares, zonas costeiras e áreas balneares em toda a Europa. Apesar dos avanços, foram identificados três conjuntos de desafios principais que ainda persistem na gestão de águas residuais urbanas, servindo como base para a proposta de reformulação da legislação (Comissão Europeia 2022b).

O primeiro desafio refere-se à poluição remanescente de fontes urbanas, uma vez que a Diretiva 91/271/CEE se concentra principalmente no tratamento de águas residuais domésticas coletadas por sistemas centralizados, deixando em segundo plano outras fontes de poluição urbanas que se tornaram mais relevantes. O segundo desafio está relacionado ao alinhamento da antiga diretiva com o Pacto Ecológico Europeu, considerando que, desde a sua adoção, surgiram novos desafios sociais e ambientais. Nesse pacto são estabelecidas metas para combater as mudanças climáticas, fortalecer a economia circular e reduzir a degradação ambiental. No setor das águas residuais há uma necessidade de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, que na época somavam aproximadamente 34,45 milhões de toneladas de gás carbónico (CO₂) equivalente por ano. Adicionalmente, busca-se diminuir o consumo energético do setor, que em 2019 representava 0,8% do consumo total de energia da União Europeia (Comissão Europeia 2022b).

O terceiro e último desafio diz respeito à governança insuficiente e desigual no setor das águas residuais. A proposta de reformulação da diretiva destaca o potencial das águas residuais como uma fonte rápida e confiável de dados para a saúde pública, desde que haja uma coordenação eficaz entre as autoridades sanitárias e os gestores do setor (Comissão Europeia 2022b). Entretanto, reconhece-se as diferenças significativas entre as entidades gestoras no que diz respeito à sua estrutura, capacidade institucional e contexto operacional confirmada por análises da OCDE (2016). Embora não afirmem explicitamente que essas variações comprometem a eficiência dos serviços, os princípios deixam claro que níveis inadequados de divulgação de informações, prestação de contas e supervisão podem levar a deficiências de desempenho. De forma complementar, o Relatório Especial do Tribunal de Contas Europeu (European Court of Auditors 2021), constatou o cumprimento inadequado do princípio do poluidor-pagador em muitas políticas ambientais europeias, evidenciando falhas na responsabilização de agentes poluidores, o que compromete a efetividade da governança ambiental como um todo.

Desta forma, para dar resposta aos novos desafios referidos, a nova Diretiva 2024/3019 corrige algumas medidas já existentes, além de criar outras. No que diz respeito aos novos requisitos apresentados, a legislação apresenta 17 artigos abordando tópicos que não eram mencionados anteriormente, dentre os quais se destaca: a obrigatoriedade da implementação de planos integrados, o tratamento quaternário, a responsabilidade alargada do produtor, a neutralidade energética das estações de tratamento de águas residuais, a vigilância mais rigorosa e detalhista das águas residuais urbanas, a avaliação e gestão de riscos associados as descargas e a disponibilização de informação ao público. Um avanço especialmente relevante é a inclusão de um artigo específico que determina avaliação periódica da própria DARU. Essa

exigência representa uma mudança significativa em relação ao texto original de 1991, que não previa qualquer mecanismo de revisão.

No que diz respeito às medidas já existentes na Diretiva 91/271/CEE, mas que foram alteradas na Diretiva 2024/3019, as principais mudanças estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Alterações entre as diretivas de 1991 e de 2024

Alterações	Diretiva (UE) 1991/1998	Diretiva (UE) 2024/3019
Sistemas coletores	A partir de 2 000 e.p. (Art 3º)	A partir de 1 000 e.p. (Art 3º)
Sistemas individuais	Apenas refere a possibilidade de utilização desses sistemas (Art 3º)	Limitada a casos excepcionais, com novas obrigações (Art 4º)
Tratamento secundário	A partir de 10 000 e.p. (com ressalvas, art 6 e 8) ou 2 000 e.p. se as descargas forem em água doce e estuários (Art 4º)	A partir de 1 000 e.p. (Art 6º)
Tratamento terciário	Exigido apenas em zonas sensíveis a partir de 10 000 e.p., com ressalvas (Art 5º)	A partir de 150 000 e.p., ou 10 000 e.p. em zonas sensíveis (Art 7º)
Cooperação transfronteiriça	Refere apenas a possibilidade de notificação entre os Estados-Membros e a Comissão em caso de poluição por descargas de águas residuais (Art 9º)	Adicionada nova disposição determinando que, sempre que necessário, a Comissão deve ser convidada a apoiar as discussões entre os Estados-Membros, além de exigir notificação imediata em caso de poluição acidental (Art 12º)
Descargas de águas residuais não-domésticas	Exige que as descargas de AR industriais nos sistemas de saneamento sejam regulamentadas ou autorizadas pelas autoridades competentes, com revisões periódicas dessas atualizações (Art 11º)	Exigência da consulta a entidades gestoras para descarga de AR não-domésticas em sistemas coletores de águas residuais urbanas, atrelada a monitorização periódica à entrada e saída da instalação de tratamento, para identificação e combate a eventual poluição (Art 14º)
Reutilização de água e descargas de águas residuais urbanas	Regulamentação focada na minimização dos efeitos nocivos ao meio ambiente, sem ênfase específica na reutilização (Art 12º)	Enfatiza a obrigatoriedade da reutilização sistemática das águas residuais tratadas, especialmente em regiões sob estresse hídrico. Inclui requisitos para garantir que a reutilização não afete o caudal ecológico nem cause danos ambientais (Art 15º)
Descargas não-domésticas biodegradáveis	Apenas previa regulamentação prévia ou autorizações específicas, sem exigências rigorosas de controle (Art 13º)	Exige autorizações detalhadas para descargas industriais, com consulta obrigatória às entidades gestoras e monitorização contínua, além de exigir o cumprimento de certos requisitos para a descarga (Art 16º)
Lamas	Apenas incentiva a reutilização e determina a eliminação gradual do despejo de lamas em águas superficiais (Art 14º)	Impõe tratamento, reciclagem e valorização das lamas, sempre que adequado, e com minimização de impactes ambientais (Art 20º)

Tabela 1 – Alterações entre as diretivas de 1991 e 2024 (continuação)

Alterações	Diretiva (UE) 1991/1998	Diretiva (UE) 2024/3019
Monitorização	Exigia apenas controle ambiental das descargas, sem detalhes sobre parâmetros sanitários (Art 15º)	Exige monitorização de poluição por escoamento urbano, descargas de tempestade, concentrações e cargas dos poluentes (incluindo não-domésticos) (Art 21º)
Informações sobre a monitorização da execução	Exigia relatórios periódicos para a Comissão Europeia, de dois em dois anos (Art 16º)	Altera o sistema de monitorização das informações, que agora deve ser feito através de uma lista de dados e atualizados anualmente (Art 22º)
Programa nacional de execução	Exigia apenas a apresentação de planos nacionais revisados a cada dois anos, se necessário (Art 17º)	Programas nacionais devem seguir certos elementos, e os Estados-Membro deverão atualizar seus planos de 5 em 5 anos (Art 23º)
Procedimento de comité	Procedimento específico, no qual comissões devem ser assistidas por um comité, que deve emitir um parecer (Art 18º)	Apenas remete a um procedimento já existente no Regulamento (UE) nº 182/2011, sem descrever as etapas em detalhes (Art 28º)
Transposição	Estabelece o prazo para os Estados-Membros transporem a diretiva para a legislação nacional, exigindo a comunicação dessas medidas à Comissão (Art 19º)	Além de definir um novo prazo, especifica quais artigos e anexos devem ser transpostos e inclui uma cláusula para que referências à diretiva revogada sejam ajustadas para a nova (Art 33º)
Número mínimo de amostras para monitorização	2 000 – 9 999 e.p.: 1 por mês (com possibilidade de 4 por ano, segundo requisitos)	1 000 – 9 999 e.p.: 1 por mês
	10 000 – 49 999 e.p.: 1 por mês	10 000 – 49 999 e.p.: 2 por mês/ 1 por mês para micropoluentes
	50 000 e.p.: 2 por mês	50 000 – 149 999 e.p.: 1 por semana/2 por mês para micropoluentes
	Inexistente	150 000 hab: 2 por semana/2 por mês para micropoluentes
Concentração fósforo total na água tratada	2 mg/L (10 000 – 100 000 e.p.) 1 mg/L (superior a 100 000 e.p.)	0,7 mg/L (10 000 – 150 000 e.p.) 0,5 mg/L (superior a 150 000 e.p.)
Concentração azoto total na água tratada	15 mg/L (10 000 – 100 000 e.p.) 10 mg/L (superior a 100 000 e.p.)	10 mg/L (10 000 – 150 000 e.p.) 8 mg/L (superior a 150 000 e.p.)

3.4. DESAFIOS E BENEFÍCIOS PARA INFRAESTRUTURAS

As infraestruturas de tratamento desempenham um papel central na concretização das metas da nova legislação, sendo o espaço onde as intervenções necessárias ocorrerão. Apesar de assumirem os maiores desafios técnicos e financeiros, também são diretamente beneficiadas, já que o enquadramento europeu tem proporcionado acesso financeiro comunitário, apoio técnico e orientações estratégicas que dificilmente estariam disponíveis de forma consistente em contextos exclusivamente nacionais (Comissão Europeia 2024).

No contexto da antiga DARU, sua relevância é evidenciada pela análise de cenários hipotéticos desenvolvidos pela Comissão Europeia. Estes, simulam possíveis desfechos caso os Estados-Membros tivessem evoluído apenas com políticas nacionais, sem o enquadramento da Diretiva 91/271/CEE. A análise inclui cinco cenários: a linha de base de 1990, a situação observada em 2015, uma projeção ideal de conformidade total com a antiga diretiva e dois cenários “WIND”, que simulam trajetórias sem a existência da legislação, com WIND1 assumindo contributo total ou nulo consoante o histórico de cada país, e o WIND2 um contributo reduzido para países que aderiram à UE mais recentemente. Os resultados (Figura 6) destacam a importância de metas vinculadas e de uma visão partilhada, sem as quais o desenvolvimento teria sido desigual e fragmentado (Comissão Europeia 1919).

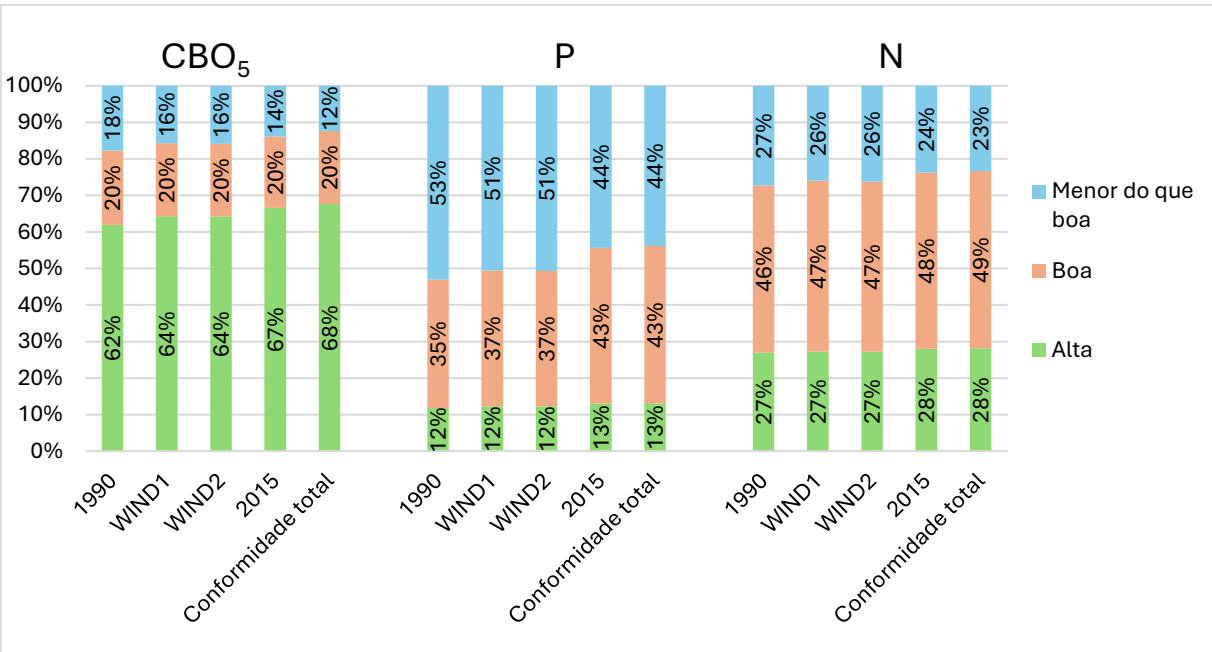


Figura 6 - Percentagem do comprimento dos rios por limiares de qualidade (Comissão Europeia 1919)

Além de estabelecer um rumo técnico e político comum para os serviços de saneamento, a diretiva relativa ao tratamento de águas residuais é fundamental para garantir um benefício financeiro a partir de fundos europeus para o apoio ao setor do saneamento, como o Fundo de Coesão. Este, visa auxiliar Estados-Membros menos desenvolvidos a se estruturarem mais rapidamente e alcançarem níveis mais próximos aos demais, a partir de financiamentos em projetos de infraestruturas. Sem o enquadramento normativo da diretiva, muitos países, no cenário passado e futuro, teriam enfrentado maiores dificuldades em priorizar investimentos em infraestruturas de saneamento, comprometendo sua evolução técnica e a universalização do serviço (Comissão Europeia 2024). Além disso, a inexistência

de uma legislação comum poderia comprometer a eficácia ambiental dos investimentos, sobretudo nos casos em que países situados a jusante fossem prejudicados pela inação de Estados a montante que, sem metas partilhadas, poderiam negligenciar o tratamento adequado das águas residuais.

Com o avanço do novo quadro legislativo, os Estados-Membros enfrentam agora um conjunto renovado de exigências, que se traduzem em desafios significativos para as infraestruturas já existente. Portugal, apesar dos progressos alcançados nas últimas décadas, encontra-se entre os países que terão de realizar adaptações substanciais para cumprir os novos requisitos, visto que o país ainda não cumpre em plenitude os requisitos da antiga DARU, com 12% das aglomerações e 18% da carga poluente gerada ainda com inconformidades (Agência Portuguesa do Ambiente 2024).

Segundo o 10.º relatório sobre a aplicação de Águas residuais urbanas (Comissão Europeia 2020), o nível de investimento português em infraestruturas para recolha e tratamento de águas residuais urbanas era de 3€ anuais ‘per capita’, sendo o mais baixo da União Europeia. A Avaliação de Impacto da Proposta da Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho, relativo ao tratamento de águas residuais urbanas demonstra que Portugal é um dos países que terá que fazer mais esforços por habitante, comparativamente aos demais, para alcançar as metas da Diretiva 2024/3019, tendo em conta que o país apresenta falta de investimentos anteriores em tratamento de água mais avançado para nitrogénio-azoto e fósforo, e por razões geográficas, como baixas taxas de diluição em cursos de água. Estima-se um acréscimo de 7,29 €/ano/habitante nas tarifas de água até 2040, dos quais 75% seriam cobertos diretamente pelas tarifas pagas pelos consumidores, e 25% seria coberto por orçamentos públicos (Comissão Europeia 2022a).

A mesma Avaliação de Impacto estima que soma total das despesas para a implementação do tratamento quaternário no país é de 31 301 446 €/ano. Esse valor inclui os investimentos necessários para a construção de novas instalações, bem como os custos operacionais contínuos (CAPEX + OPEX), além de contemplar potenciais atualizações de estações de tratamento terciário, que não eram exigidas anteriormente. As análises consideram um tempo de vida de investimento de 30 anos e uma taxa de juros de 2,5%, assumindo que o tratamento quaternário seria realizado por ozonização e adsorção em carvão ativado (Comissão Europeia 2022a). Portugal possui 16 aglomerações com uma carga superior a 150000 e.p., que representam cerca de 43% da carga total do país, as quais deverão obrigatoriamente implementar o tratamento quaternário, dada a sua magnitude (Agência Portuguesa do Ambiente 2024).

O tratamento quaternário engloba o desafio da remoção de micropoluentes nas águas residuais. Dentre estes, os compostos farmacêticamente ativos (PhAC) despertam grande interesse, pois a sua liberação no meio ambiente pode contribuir para a propagação da resistência antimicrobiana. O estudo de Skalska-Tuomi *et al.* (2025), sobre a ETAR de Lappeenranta, na Finlândia, com carga de 100 000 e.p. e localizada em uma zona sensível, detectou 27 compostos farmacêuticos diferentes em amostras do afluente. A concentração total destes foi de 263 µg/L, calculada com a soma dos PhAC que excediam o limite de quantificação. Após o tratamento convencional na ETAR (tratamento preliminar, pré-clarificação, tratamento biológico e clarificação final), a concentração foi reduzida para 14 µg/L, evidenciando que a remoção não era suficiente para cumprir os novos padrões da diretiva, visto que 19 compostos não foram removidos a mais de 80% (Figura 7). Das substâncias citadas na nova Diretiva 2024/3019, metoprolol, diclofenaco e carbamazepina tiveram remoção inferior a 20%, já a venlafaxina e citalopram tiveram remoção negativa, ou seja, suas concentrações finais foram superiores às detectadas na entrada. Além disso, a claritromicina foi detectada no afluente de saída, mesmo sem ter sido identificada na entrada, indicando possível formação a partir de metabólitos.

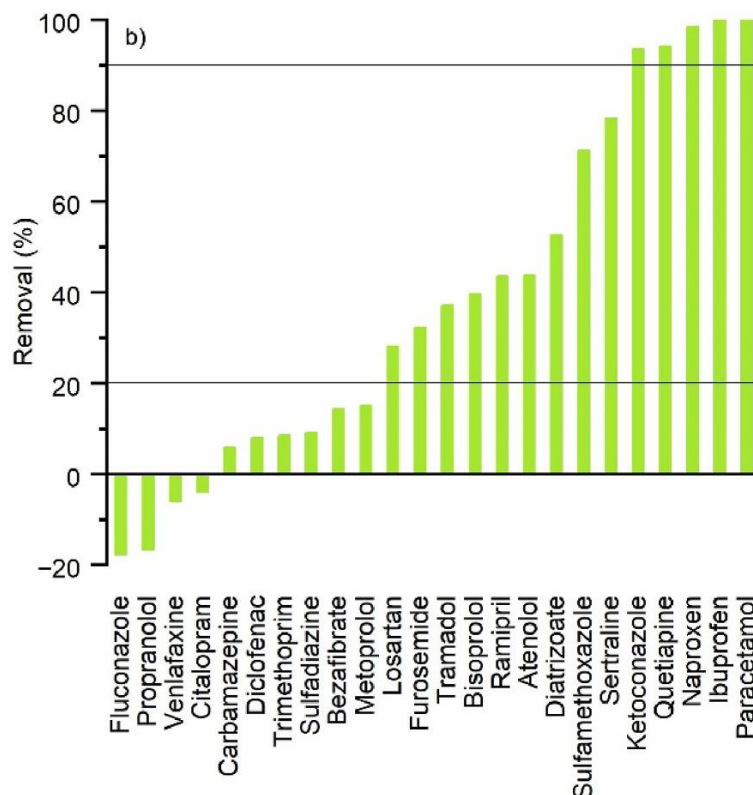


Figura 7 – Concentrações PhAC, ETAR na Finlândia (Skalska-Tuomi *et al.* 2025)

Os autores, simulando a etapa do tratamento quaternário, investigaram ainda três métodos de remoção dos contaminantes emergentes: ozonização, fotocatalise e descarga de corona pulsada (PCD). Todos os processos apresentaram mais de 90% de eficácia na remoção de PhAC, reforçando assim a importância desta etapa mais avançada de tratamento (Skalska-Tuomi *et al.* 2025).

Em contrapartida, apesar da eficiência do tratamento quaternário, é necessária a elaboração de estratégias em cada Estado-Membro para garantir que a qualidade dos rios não continue comprometida. A análise de 866 corpos de água na Hungria, realizada por Kardos *et al.* (2025), mostrou que 40% dos rios continuarão com concentrações elevadas de diclofenaco, e 24% falharão nos padrões para claritromicina, mesmo após a aplicação de tecnologias avançadas, como ozonização e absorção em carvão ativado. Os principais motivos detectados para a persistência, no ponto de vista químico, são o fato de claritromicina ter baixa reatividade com oxidantes como o ozono, tornando sua remoção menos eficiente, enquanto o diclofenaco apresenta resistência maior à degradação nos processos de oxidação convencionais. Em relação aos requisitos físicos, a alta concentração desses poluentes deve-se a exclusão de um grande número de ETAR menores, que não serão obrigadas a apresentarem tratamentos quaternários, mas continuarão a liberar fármacos no ambiente. Adicionalmente, muitas ETAR analisadas no estudo descarregam em rios com baixa capacidade de diluição, o que significa que mesmo baixas concentrações no efluente podem ter um impacto significativo na qualidade da água.

Estes dados demonstram que, embora o tratamento quaternário represente um avanço significativo para a proteção da saúde pública e do ambiente, é improvável que, por si só, resulte em melhorias substanciais na qualidade dos corpos hídricos. A nova Diretiva 2024/3019 constitui um avanço importante neste

cenário, estabelecendo um marco regulatório mais exigente e alinhado aos desafios atuais. No entanto é fundamental reconhecer que os problemas poderão não ser resolvidos integralmente. A ausência de resultados plenamente eficazes para a qualidade dos corpos hídricos não deve ser interpretada como falha da medida, mas sim como evidência da complexidade envolvida. A obtenção de melhorias mais expressivas dependeria da adoção de tecnologias ainda mais avançadas e de requisitos normativos mais rigorosos, cenários que, por ora, se mostram difíceis de implementar de forma ampla.

No que diz respeito às concentrações de fósforo e azoto, padrões mais rigorosos devem diminuir a fração de recursos hídricos que não atingem um bom status ecológico em 2 a 9% e 3 a 9%, respectivamente, segundo o mesmo estudo realizado na Hungria (Kardos *et al.* 2025). Os custos correspondentes à remoção desses compostos em Portugal, até 2040, seriam de 124 114 881,0 €/ano para azoto e 29 627 744,0 €/ano para o fósforo (Comissão Europeia 2022b).

Outro custo significativo relativo à adaptação da nova DARU está relacionado com a gestão da descarga de águas pluviais e escoamento urbano, estimado em 14 097 828,85 €/ano, até 2040, para Portugal. Esse valor foi baseado num modelo hidrológico urbano desenvolvido pelo Join Research Centre (JRC) da União Europeia, que simula fluxos de águas residuais combinadas considerando dados de precipitação e características das áreas urbanas. O modelo foi aplicado a diversas cidades da UE, incluindo Portugal, e permitiu calcular os volumes de transbordamento gerados a partir da interação entre a densidade populacional, a extensão das áreas impermeáveis e a capacidade da infraestrutura existente. Para mitigar os impactos deste fenómeno, foram consideradas medidas como a construção de wetlands artificiais, projetadas para reter e tratar parte da poluição antes do descarte, e a implementação de infraestruturas verdes, capazes de aumentar a retenção da água pluvial. O custo dessas intervenções foi analisado com base em um investimento médio de 500 €/m³, uma taxa de desconto de 2,5% e uma vida útil de 30 anos, além de custos operacionais anuais de 1% do valor investido. A aplicação dessas medidas variou conforme o porte das aglomerações urbanas, permitindo uma estimativa ajustada à realidade de cada país (Comissão Europeia 2022a).

Apesar dos custos citados, relacionados a gestão do transbordamento de águas pluviais e escoamento urbano, o tratamento avançado e remoção de azoto e fósforo, os benefícios esperados de acordo Avaliação de Impacto serão superiores. A estimativa foi realizada com base na projeção das reduções das cargas poluentes até 2040, convertendo tais resultados em valores monetários. Além disso, a avaliação também admite benefícios não monetizados, como proteção à biodiversidade e ganhos à saúde pública, que reforçam ainda mais a relação positiva entre custos e benefícios. A Figura 8 ilustra esta relação para cada Estado-Membro, excluindo apenas os benefícios não monetizados da redução de micropoluentes (Comissão Europeia 2022a).

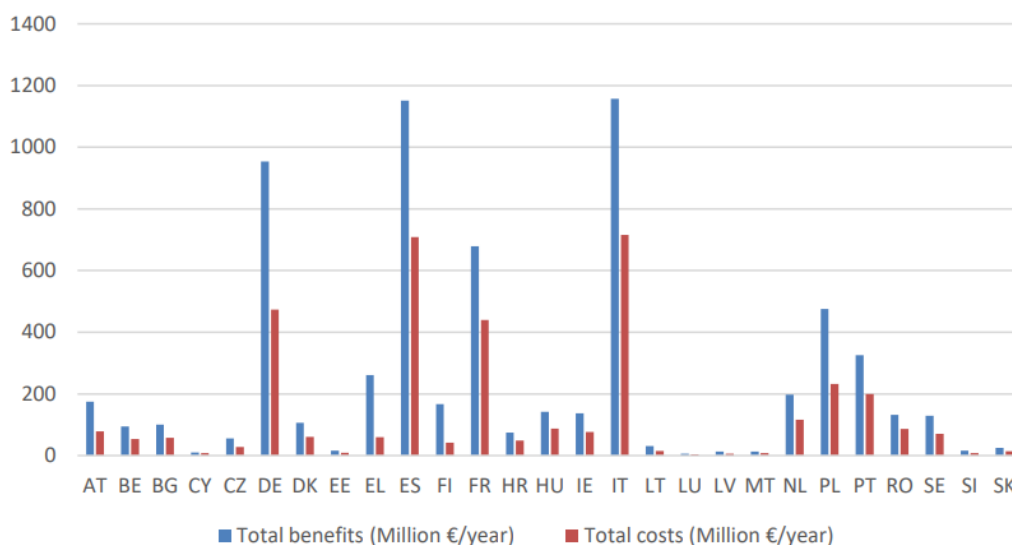


Figura 8 – Custos e benefícios por Estado-Membro (Comissão Europeia 2022a)

Os custos para implementação do tratamento das águas residuais em pequenas aglomerações não foram estimados para Portugal. Todavia, o que se pode concluir é que serão necessários mais investimentos nesse grupo, comparativamente com aglomerações maiores. Segundo estudos de Vienna School of International Studies, conforme o número do equivalente populacional atendido por uma estação de tratamento aumenta, os custos médios por “pessoa” diminuem, comprovando o efeito da economia de escala. Foram utilizados dados das ETAR da Alemanha para a análise, a partir da Abordagem da Função de Custo e do Estudo de Viabilidade. Esse último ressaltou que a relação entre e.p. e custos não é uma curva suave, e há exceções devido a circunstâncias locais individuais, como ilustra a Figura 9 (Badhofer 2023). Desta forma evidencia-se outro desafio a ser enfrentado pelos Estados-Membros para cumprir essa nova exigência da Diretiva 2024/3019.

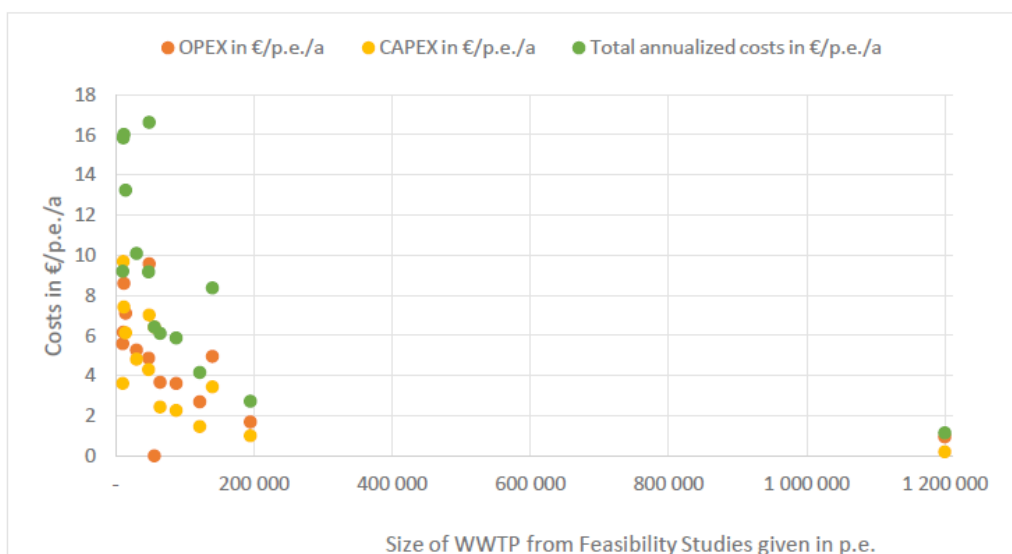


Figura 9 – Relação custos e capacidade da ETAR (Badhofer 2023)

No que diz respeito a neutralidade energética, o desafio pode ser ainda maior, visto que, além de reduzir os consumos já existentes, a inclusão do tratamento quaternário, ou terciário, em determinadas estações, designa um consumo adicional de energia. Estes, são apresentados na Tabela 2, variando conforme o nível de tratamento, a tecnologia empregada, a configuração da planta e os padrões de qualidade exigidos para a água tratada (Cardoso *et al.* 2021).

Tabela 2 – Consumo energético médio das etapas de tratamento AR (Cardoso *et al.* 2021)

Tratamento	Consumo energético
Preliminar	0,022 kWh/m ³ a 0,042 kWh/m ³
Primário	0,1 kWh/m ³ a 0,37 kWh/m ³
Secundário	0,272 kWh/m ³ a 1,27 kWh/m ³
Terciário	0,23 kWh/m ³ a 10,55 kWh/m ³

Maioritariamente, o tratamento preliminar representa 11% da totalidade da eletricidade consumida na instalação (sem contar com o tratamento quaternário), constituindo uma pequena parcela do consumo. Nessa fase, as águas podem passar por processos como peneiramento, remoção de areia e gorduras. O tratamento primário envolve tanques de decantação, muitas vezes equipados com raspadores mecânicos. A etapa seguinte, por sua vez, representa grande parcela do consumo de energia, resultado da injeção de oxigénio nos reatores, no processo biológico, quando aplicável. Geralmente, estes sistemas possuem uma elevada capacidade instalada e operam de forma quase ininterrupta, o que faz com que tenham um alto consumo de energia. Os sistemas de aeração, por exemplo, consomem entre 0,18 kWh/m³ – 0,8 kWh/m³. O tratamento terciário, neste caso relacionado apenas à desinfecção, pode incluir processos mais intensivos, como radiação ultravioleta (UV), que consome entre 0,045 kWh/m³ e 0,11 kWh/m³ (Cardoso *et al.* 2021).

A etapa quaternária pode exigir um consumo energético maior, visto que envolve processos altamente especializados. Estudos de comparação da eficiência energética entre três processos de remoção de os compostos farmacêuticamente ativos revelaram que a descarga corona pulsada em fase gasosa (PCD) apresenta menor consumo energético do que a ozonização convencional, que é o método mais comum e inclusive o estudado na Avaliação de Impacto da Proposta de Reformulação da Diretiva para estimativa de gastos. A PCD consiste na aplicação de descargas elétricas de alta voltagem em fase gasosa, gerando espécies altamente reativas capazes de degradar contaminantes emergentes. Já a ozonização convencional baseia-se na introdução de ozono (O₃) na água, promovendo a oxidação de compostos orgânicos. A fotocatalise, por sua vez, utiliza catalizadores ativados por radiação UV para gerar radicais livres que decompõem os poluentes, sendo o processo com maior consumo energético e tornando-se a menos viável economicamente, como mostra a Tabela 3 (Skalska-Tuomi *et al.* 2025).

Tabela 3 – Consumo energético do tratamento quaternário (Skalska-Tuomi *et al.* 2025)

Processo	Consumo energético
Descarga de corona pulsada em fase gasosa	0,28 kWh/m ³
Ozonização	0,55 kWh/m ³
Fotocatalise	47 kWh/m ³

Apesar do setor ter um elevado consumo energético, uma revisão sistemática das diversas abordagens para atingir a neutralidade energética em ETAR, realizada por Maktabifard, Zaborowska e Makinia (2018), demonstrou que as estações podem ser autossuficientes. A primeira medida essencial é a otimização do consumo, especialmente no processo de aeração. Estratégias utilizando controle de

aeração baseado em amónia (ABAC) ou amónia vs nitrato (AVN) podem reduzir significativamente esse consumo ao manter os sopradores desligados por mais de 25% do tempo, sem comprometer a qualidade do efluente. Além disso, novas rotas de remoção de nitrogénio podem diminuir em até 60% a necessidade energética da aeração.

O segundo passo envolve o aproveitamento do potencial energético das águas residuais. Ao entrarem na estação de tratamento, estas águas apresentam um elevado potencial energético, estimado entre 1 a 4 kWh/kg CQO (carência química de oxigénio). Este potencial pode ser aproveitado por meio da digestão anaeróbia e da produção de biometano, especialmente quando integrada a sistemas de cogeração. O pré-tratamento das lamas pode aumentar significativamente a produção de biogás, e a codigestão de resíduos orgânicos surge como estratégia complementar capaz de dobrar esta produção, embora existam debates sobre seu impacto ambiental. Fontes renováveis como painéis solares também apresentam potencial, mas a sua eficiência energética ainda é limitada (Maktabifard, Zaborowska e Makinia 2018).

Tais medidas contribuem também para a economia circular do setor, transformando resíduos em recursos que podem ser reutilizados. Da mesma forma, a reutilização das águas deve ser encarada como estratégia essencial para fechar ciclos, valorizando os recursos. Consiste em direcionar o efluente tratado para diferentes aplicações, ao invés de descartá-lo em linhas de água após o tratamento tradicional. Em decorrência das alterações climáticas, acredita-se que no período entre 2070 e 2100, a região Sul de Portugal (Alentejo), terá uma diminuição da precipitação anual total acumulada de cerca de 20%, como mostra a Figura 10, o que aumentará a procura de água e de irrigação. A projeção deste cenário considerou a diminuição da precipitação, aumento na temperatura e elevação da frequência, duração e magnitude da seca na região do Mediterrâneo (Vizinho *et al.* 2021).

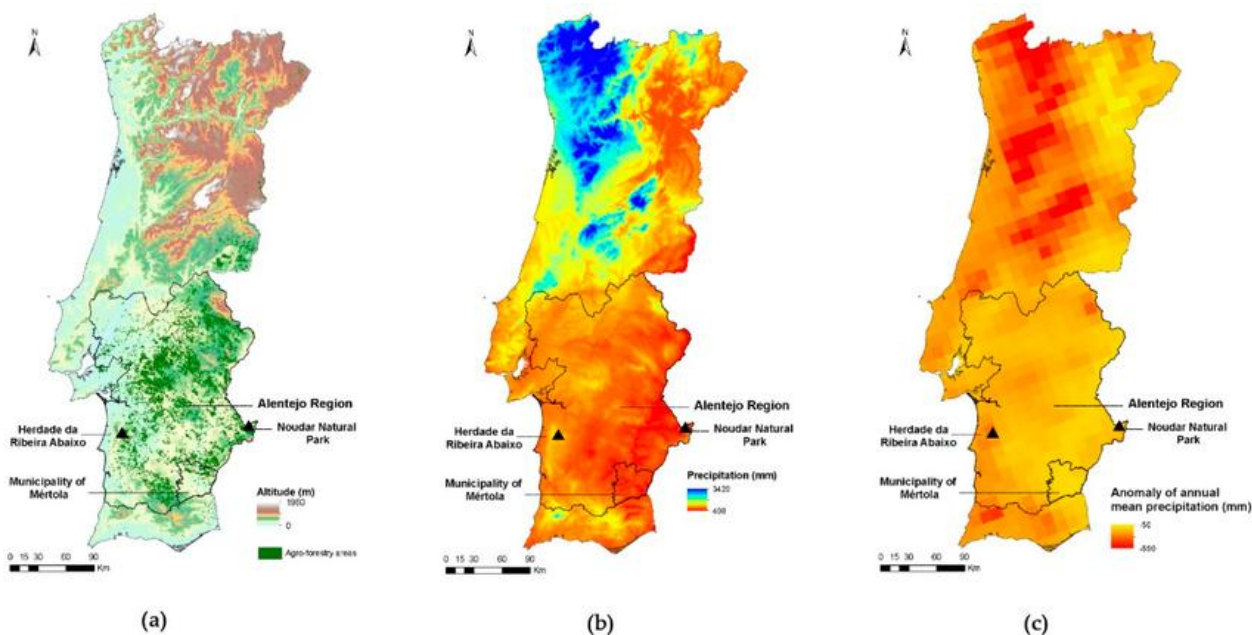


Figura 10 – Mapa de Portugal, (b) precipitação média anual observada para o período 1971–2000; (c) anomalia da precipitação média anual para o período 2071–2100 (Vizinho *et al.* 2021)

Tais circunstâncias impactarão diretamente o balanço hídrico das regiões afetadas, tornando a reutilização da água uma alternativa eficaz e sustentável. Além de contribuir para a segurança hídrica, o

reuso pode gerar benefícios operacionais e financeiros às ETAR. Um exemplo é a ETAR de Ferrara, na Itália, a qual teve economia nos custos de bombeamento de 200 000,00 €/ano devido à redução da distância de transporte dos efluentes de 5 km para 2 km, após a implementação do reuso (Verlicchi *et al.* 2012).

No cenário português, esse tópico é abordado na iniciativa “Água que Une”, uma estratégia nacional de gestão da água, a qual visa assegurar a gestão sustentável dos recursos hídricos do país, considerando 14 medidas de utilização das águas residuais tratadas. O Plano de Ação prevê a produção de 116 hm³ de águas tratadas em 315 ETAR até 2040, com investimentos públicos de 137 milhões de euros, e privados de 12 milhões de euros (República Portuguesa, s.d.). O uso destas águas pode ocorrer em diversos meios, contando que esteja de acordo com o Decreto-Lei nº 119/2019, o qual estabelece o regime jurídico para tal.

Assim, embora os desafios técnicos e financeiros sejam expressivos, a transposição da DARU traz oportunidades relevantes, tanto do ponto de vista ambiental quando socioeconómico. O fortalecimento da infraestrutura de tratamento de águas residuais contribuirá não apenas para o cumprimento das metas europeias, mas também para a resiliência hídrica do país e a melhoria da qualidade de vida da população.

4 CASOS DE ESTUDO

4.1. ETAR DE PENEDO GORDO

4.1.1. DESCRIÇÃO

O aglomerado de Penedo Gordo integra a União de Freguesias de Beja, concelho e distrito de Beja, no Alentejo (Figura 11 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Trata-se de uma localidade de pequena dimensão, com área aproximada de 0,4km² e cerca de 1 167 habitantes em 2021 ("Penedo Gordo (Beja, Beja District, Portugal) - Population Statistics, Charts, Map, Location, Weather and Web Information" s.d.). De acordo com as informações disponibilizadas pela empresa onde esta dissertação foi realizada, a região é servida por uma única ETAR, que opera desde 1986, concebida para tratar águas residuais domésticas de uma população de até 1.500 e.p., no seu ano horizonte. As características do afluente na entrada da estação são apresentadas na Tabela 4.



Figura 11 – Penedo Gordo, Beja

Tabela 4 – Características do afluente bruto, ETAR de Penedo Gordo

Grandeza	Valor
Volume máximo mensal	1 110,2 m ³
CBO ₅	300,0 mg/L O ₂
CQO	600,0 mg/L O ₂
N	40,0 mg/L
P	10,0 mg/L

A estação não se encontra localizada em zona sensível à eutrofização, conforme os critérios estabelecidos pela Diretiva 91/271/CEE, e opera segundo o processo de lagunagem. No entanto, enquadra-se na linha de ação “Restaurar ecossistemas e continuidade fluvial” da estratégia nacional “Água que Une”, sendo uma região prioritária para recuperar a integridade ecológica dos rios e ribeiras (“ÁguaQueUne” s.d.).

No início do processo, as águas residuais passam pela fase preliminar, que inclui uma caixa de areia e gradagem manual (Figura 12).



Figura 12 – Obra de entrada ETAR Penedo Gordo (Fonte: Hidrofunção – Consultores de Engenharia, Lda.)

Posteriormente, seguem para a lagoa facultativa, onde parte da matéria orgânica presente na água sedimenta, sendo degradada por microrganismos anaeróbios. A fração que permanece dissolvida é metabolizada por bactérias facultativas, que utilizam essa matéria como fonte de energia por meio de processos respiratórios. Nesse processo, o oxigénio necessário é fornecido por algas presentes no sistema, as quais realizam fotossíntese com a luz solar e permitem, assim, a continuidade da atividade aeróbia (CETESB 2018).

Em seguida, o efluente é encaminhado para as lagoas de maturação, responsáveis pela remoção de organismos patogênicos, particularmente bactérias e vírus. São uma solução alternativa, sustentável e económica aos métodos convencionais de desinfecção, e permanecem totalmente aeróbias devido à baixa carga orgânica afluyente e baixa profundidade da água. Assim como nas facultativas, a atividade microbiológica das lagoas de maturação é baseada na simbiose entre algas e bactérias, entretanto são mais baixas para permitir uma melhor penetração da luz solar, ocupando, consequentemente, maiores áreas, como é possível observar na Figura 13 (CETESB 2018).



Figura 13 – ETAR Penedo Gordo (Fonte: Hidrofunção – Consultores de Engenharia, Lda.)

Ambas as lagoas possuem geometria retangular e, através de medições realizadas via Google Earth, estimou-se que a área superficial, ao nível do coroamento, era de 10 836 m² para a lagoa facultativa, e de 1 682m² para a lagoa de maturação. Por fim, o efluente tratado pela ETAR é lançado no Barranco de Ferrejais, por meio de um coletor dotado de obra de proteção.

Embora a ETAR se encontre em operação há várias décadas, em agosto de 2024 a Hidrofunção realizou um estudo prévio para avaliação do seu funcionamento. Os valores base de referência foram fornecidos pela empresa e estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados de base das condições de funcionamento da ETAR

Parâmetro	Valor
População de cálculo (hab.)	1 500
Capitação (L/hab./dia)	150
Fator de afluência (-)	0,80
Caudal médio diário (m³/dia)	180
Fator de ponta (-)	3,05
Caudal de ponta horário (m³/h)	22,87
Caudal indevido (m³/dia)	180
Caudal médio total de cálculo (m³/dia)	360

Constatou-se que as lagoas de estabilização não possuíam qualquer tipo de impermeabilização no fundo ou nos taludes, e apresentavam margens cobertas por vegetação natural (Figura 14). Observou-se ainda, que os pontos de entrada e saída do efluente estão posicionados no centro das lagoas, o que favorece a ocorrência de curto-circuito hidráulico, que compromete o desempenho eficiente do sistema de tratamento.



Figura 14 – Estado das lagoas de estabilização, ETAR Penedo Gordo (Fonte: Hidrofunção – Consultores de Engenharia, Lda.)

As condições de descarga em regime normal de funcionamento encontram-se definidas na licença de descarga da estação. Entretanto, estas não cumprem integralmente os requisitos estabelecidos pela Diretiva 2024/3019. Para além da revisão dos limites de concentração de certos parâmetros, a nova legislação sugere a monitorização do total de partículas sólidas em suspensão (SST), apesar desse requisito ser facultativo.

O controle analítico da qualidade do efluente é realizado conforme os métodos definidos na Diretiva 2009/90/CE, os quais se mantêm na Diretiva 2024/3019. Entretanto, as campanhas de amostragem deverão passar de trimestrais para mensais, e de todas as amostras coletadas anualmente, no máximo 2 poderão estar não conforme. As alterações em relação aos requisitos de descarga são detalhadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Requisitos descarga, ETAR de Penedo Gordo

Parâmetro	Licença descarga	Diretiva 2024/3019
CBO ₅	40 (mg/L O ₂)	25 (mg/L O ₂) ou percentagem de redução de, pelo menos, 70%
CQO	150 (mg/L O ₂)	125 (mg/L O ₂) ou percentagem de redução de, pelo menos, 75%
pH	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
SST (facultativo)	-	35 mg/L ou percentagem de redução de, pelo menos, 90%
Número de amostras	1 por trimestre	1 por mês

A monitorização da eficiência da ETAR, realizada entre 2018 e 2023, demonstrou que o efluente tratado, na maioria das vezes, cumpria os limites legais então em vigor. Com a nova Diretiva, verifica-se que a estação permanece em conformidade quase generalizada das medições realizadas em relação a CBO₅ e CQO, com exceção das apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Amostras não conformes, ETAR Penedo Gordo

Data	Parâmetro	Entrada	Saída	ΔR	% Redução
27/02/2018	CBO ₅ (mg/L O ₂)	210	78	132	63%
27/02/2018	CQO (mg/L O ₂)	380	130	250	66%
13/08/2019	CQO (mg/L O ₂)	430	210	220	50%

A proposta de intervenção para a ETAR de Penedo Gordo realizada pela Hidrofunção prevê, no tratamento preliminar, a demolição das estruturas atuais e a execução de uma nova obra de entrada com gradagem automática e medição de caudal. Inclui, também, a reabilitação das lagoas, com remoção de lamas, execução de novos dispositivos de entrada e saída (preferencialmente em vértices opostos), remodelação do fundo e taludes e instalação de impermeabilização. Adicionalmente, como medida de eficiência energética, foi proposta a implementação de painéis solares e bateria para a alimentação das grades mecânicas e equipamentos de medição de caudal.

Essas propostas, no entanto, foram inicialmente elaboradas com base nos critérios da licença de descarga anterior, que não está em conformidade com as novas exigências da Diretiva 2024/3019. Assim, além destas alterações, a ETAR precisará de outras intervenções para cumprir as novas imposições, como se apresenta no subcapítulo seguinte.

4.1.2. ALTERAÇÕES

4.1.2.1. Nível de tratamento

Para garantir a conformidade com a Diretiva 2024/3019, a ETAR de Penedo Gordo deverá implementar algumas medidas adicionais que assegurem o cumprimento consistente dos parâmetros de descarga. Embora a estação não esteja localizada em zona sensível, o que permite manter apenas o tratamento

secundário, são necessárias intervenções que assegurem a conformidade nos períodos em que os requisitos mínimos deixam de ser atendidos. Além disso, a licença de descarga deverá ser atualizada para os novos valores de referência, sendo recomendado, ainda que não obrigatório, incorporar a monitorização de sólidos suspensos totais (SST).

Uma das intervenções propostas é a instalação de arejador superficial na lagoa facultativa. Esta medida visa intensificar a oxigenação do sistema, estimulando a atividade microbiológica aeróbia e, consequentemente, melhorando a remoção de matéria orgânica. A eficácia dessa abordagem é corroborada por uma revisão abrangente de 36 estudos científicos, conduzida por Calabrò, Pangallo e Zema (2024), a qual revelou que a aeração foi adotada em mais de 50% dos casos analisados, com eficiências de remoção de CQO variando entre 25% e 98%. A meta-análise associada indicou que as lagoas aeradas apresentam eficiências de tratamento superiores em comparação com sistemas não arejados, independentemente do tipo de efluente tratado.

Considerando uma eficiência mínima de 25% dos arejadores instalados em cada lagoa, estimou-se a eficiência global do sistema aerado a partir de:

$$Ef. total = 1 - (1 - Ef. arejador) * (1 - Ef. sistema original) \quad (1)$$

A Tabela 8 ilustra a melhoria dos resultados com a introdução do arejador.

Tabela 8 – Eficiência ETAR de Penedo Gordo com arejadores

Data	Parâmetro	Entrada	Saída	ΔR	% Redução
27/02/2018	CBO ₅ (mg/L O ₂)	210	58	152	72%
27/02/2018	CQO (mg/L O ₂)	380	97	283	75%
13/08/2019	CQO (mg/L O ₂)	430	161	269	63%

Verifica-se que ambas as amostras do dia 27/02/2018 atingem os requisitos mínimos, visto que cumprem a percentagem de redução mínima. No entanto, observa-se que a amostra de 13/08/2019 ainda não atinge integralmente os limites de CQO exigidos. Diante disso, propõe-se a instalação de defletores, uma vez que estes garantem o tempo de retenção hidráulica e minimizam a ocorrência de curtos-circuitos, condição já observada na ETAR em estudo. Adicionalmente, embora o presente estudo tenha adotado uma abordagem conservadora ao considerar a eficiência mínima dos arejadores, é tecnicamente viável ampliar sua capacidade de remoção mediante ajustes no dimensionamento e na operação dos equipamentos.

Com o propósito de, não apenas cumprir os requisitos de descarga, mas ter-se um sistema otimizado, é recomendada a adoção de estratégias complementares, como o arejamento intermitente e operação noturna. Nesta última, em particular, com a ausência de luz solar (o que limita a fotossíntese das algas), a introdução de oxigênio torna-se fundamental para manter a atividade microbiológica aeróbia, elevando a eficiência do tratamento.

Por fim, no que se refere à remoção de sólidos suspensos, os resultados reportados na literatura são igualmente promissores (Calabrò, Pangallo e Zema 2024). As lagoas demonstram bom desempenho para esse parâmetro, sobretudo quando associadas a práticas adequadas de arejamento. Além disso, espera-se que a substituição do sistema atual por gradagem automática contribua para a remoção mais eficiente

dos sólidos logo na estrada da ETAR, diminuindo parte da carga orgânica a montante das lagoas e aumentando a eficiência global do tratamento.

4.1.2.2. Reutilização das Águas

Com o objetivo de promover a reutilização das águas tratadas na ETAR de Penedo Gordo, procurou-se identificar potenciais utilizadores na área envolvente. Como a estação possui lagoa de maturação, as águas deverão estar aptas para reutilização, visto que há desinfecção durante a permanência da água nesta lagoa de maturação.

Por outro lado, nas proximidades desta ETAR existe um campo de futebol com uma área aproximada de 6 960,68 m² (Figura 15), que surge como um potencial consumidor para receber as águas tratadas, destinadas principalmente à rega do relvado. Para estimar a necessidade hídrica deste campo, foi utilizado como referência a necessidade hídrica da Zona Sul de Portugal e Alentejo, onde são necessários, em média 8,0 L de água para cada m² (Cudell, s.d.). Desta forma, estima-se que o campo de Penedo Gordo necessite de cerca de 55 685,4 L (55,69 m³/dia) de água por ano para atender às suas necessidades de irrigação.

Este volume representa aproximadamente 30,9% do total de águas tratadas nesta ETAR, a qual opera com um caudal médio diário de 180 m³. Assim, mesmo atendendo integralmente ao consumo de rega do campo de futebol, permanecerá disponível um volume significativo de águas tratadas, que poderão continuar a ser descarregadas, como habitual, no Barranco de Ferrejais.



Figura 15 – Potencial utilizador águas tratadas ETAR Penedo Gordo (Google Earth ®)

De acordo com o Decreto-Lei n.º 119/2019 (Presidência do Conselho de Ministros 2019), para regas em áreas desportivas (classe B), as águas precisarão passar por desinfecção, a qual já é garantida pela lagoa de maturação existente na estação. As normas de qualidade das águas para este fim, entretanto, além de serem mais rigorosas para a concentração de CBO₅, exigem também concentrações máximas de parâmetros não contemplados pela Diretiva 2024/3019, nomeadamente SST e E. Coli, como mostra a Tabela 9. Os restantes parâmetros são facultativos.

Tabela 9 – Normas de qualidade de água para reutilização em rega, DL 119/2019 (Presidência do Conselho de Ministros 2019)

Classe de qualidade ⁽¹⁾	CBO ₅ (mg/L O ₂)	SST (mg/L)	Turvação (NTU)	<i>E. coli</i> (ufc/100 mL)	Ovos de parasitas intestinais (Nº/L) ⁽²⁾	Azoto amoniacal ⁽³⁾ (mg NH ₄ ⁺ /L)	Azoto total ⁽³⁾ (mg N/L)	Fósforo total ⁽³⁾ (mg P/L)
A.....	≤10	≤10	≤5	≤10		10	15	5
B.....	≤25	≤35		≤100				
C.....	≤25	≤35		≤1000	≤1			
D.....	≤25	≤35		≤10000	≤1			
E ⁽⁴⁾	≤40	≤60		≤10000				

⁽¹⁾ Descrição no Quadro 2.

⁽²⁾ Aplicável na rega de culturas agrícolas destinadas ao consumo animal.

⁽³⁾ Parâmetro facultativo. Poderá ser aplicável em alguns projetos de rega para minimização dos riscos de formação de biofilme e obstrução dos sistemas de rega.

⁽⁴⁾ Só aplicável a sistemas descentralizados ou descentralizados em simbiose.

Como já referido, com a substituição por gradagem automática e aumento da eficiência das lagoas com o arejador, espera-se que os requisitos referentes à concentração de SST sejam cumpridos. No que respeita à concentração de *E. Coli*, estudos indicam que a lagoa de maturação pode promover reduções em torno de 94% destes microrganismos, contribuindo para o cumprimento dos padrões de qualidade do efluente (Von Sperling 2005). Ainda assim, estes parâmetros deverão ser devidamente monitorados para assegurar a eficácia do sistema e a conformidade com os limites legais.

4.1.2.3. Valorização de lamas e de recursos

Com o objetivo de valorizar as lamas geradas na ETAR de Penedo Gordo, propõe-se que estas sejam encaminhadas para a produção de biometano. No concelho de Aljustrel, a cerca de 30 km da estação, está em desenvolvimento um projeto pioneiro em Portugal dedicado à produção de biometano a partir de subprodutos industriais. Com o objetivo de valorizar 160 000 m³ por ano, a unidade mostra-se como potencial utilizadora das lamas geradas pela ETAR, dada a sua proximidade e natureza orgânica das lamas, contribuindo para a sua valorização energética (AICEP 2025).

Considerando uma concentração média de 600 mg/L de CQO na entrada da estação (Tabela 4) e um caudal médio diário de 180 m³/dia (Tabela 5), estima-se uma carga orgânica afluyente de 108 kg CQO/dia. Com base no potencial energético teórico das lamas de 1 a 4 kWh/kg CQO, como já referido no Capítulo 3, a produção de energia associada poderia situar-se entre de 108 e 432 kWh/dia (Maktabifard, Zaborowska e Makinia 2018).

Paralelamente, a intervenção proposta pela Hidrofunção de substituição do sistema atual para uma gradagem automática, e reforçada no presente estudo, apresenta um consumo energético máximo estimado de 0,042 kWh/m³. Aplicando esse valor ao caudal médio da estação, estima-se um consumo diário de 7,56 kWh para esta etapa.

Entretanto, a análise energética revela que o consumo do sistema de arejamento, estimado em 0,8 kWh/m³, corresponde a uma demanda diária de 144 kWh, superando o potencial de produção energética das lamas (Cardoso *et al.* 2021). Somando-se a este valor o consumo da nova gradagem automática, tem-se um consumo total aproximado de 151,56 kWh/dia. Assim, em cenários de menor rendimento energético (1 kWh/kg CQO), a produção de energia seria insuficiente para suprir a operação da estação,

exigindo complementação da rede (Figura 16). No entanto, dada a escala reduzida da ETAR, não se impõe a exigência de autossuficiência energética. Nesses casos, a aquisição de energia suplementar é uma solução viável e economicamente proporcional à sua dimensão operacional.

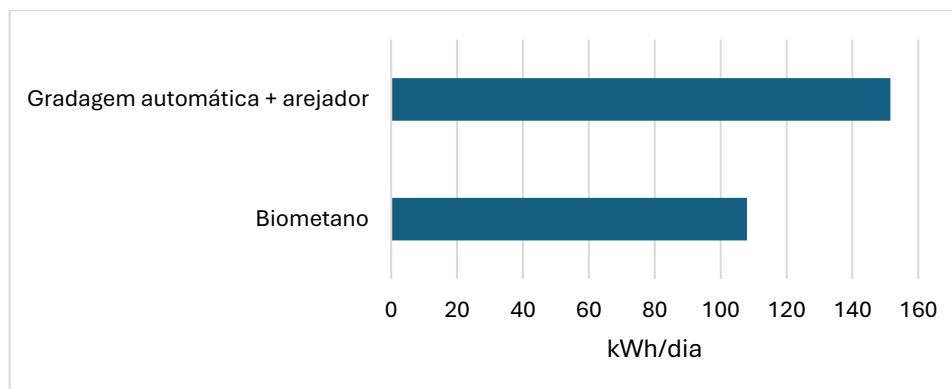


Figura 16 – Potencial consumo e produção energética, ETAR de Penedo Gordo

4.1.2.4. Monitorização

Com a entrada em vigor da Diretiva 2024/3019, a ETAR de Penedo Gordo precisará adaptar seu plano de monitorização e vigilância das águas. À entrada da ETAR passam a ser requeridas medições específicas para deteção de poliovírus, vírus da gripe, SARS-CoV-2 (incluindo variantes), agentes patogénicos emergentes e “quaisquer outros parâmetros de saúde pública que as autoridades competentes considerem relevantes para efeitos de monitorização”. As descargas das águas tratadas, reutilizadas e lamas produzidas também deverão ser monitorizadas (Parlamento e Conselho Europeu 2024).

Além disso, as descargas de tempestade passam a ser controladas mais rigorosamente. Caso representem mais de 2% da carga anual de águas residuais recolhidas, torna-se necessário elaborar um plano de gestão integrado para avaliar impactes e definir soluções locais. Isso reforça a responsabilidade ambiental mesmo nas pequenas instalações.

Embora os requisitos mais avançados, como a monitorização de gases de efeito de estufa e metas de neutralidade energética sejam direcionados principalmente às grandes estações (acima de 10 000 ou 150 000 e.p.), a DARU incentiva todas as ETAR, independentemente do porte, a adotar boas práticas que fortaleçam a sustentabilidade ambiental.

4.2. ETAR DA MEALHADA

4.2.1. DESCRIÇÃO

O concelho da Mealhada possui 122 km² de área e aproximadamente 22 mil habitantes em 2021, e localiza-se no distrito de Aveiro, como mostra a Figura 17 (Mealhada s.d.).

Também neste caso, as informações disponibilizadas pela empresa onde esta dissertação foi realizada, indicam que a estação foi projetada no início dos anos 80 e previa servir 25 400 e.p. no ano horizonte de projeto, com capacidade de 88 L/s de caudal de ponta. Entretanto, sofreu reformulações com início de exploração em 2014, horizonte em 2034. A obra consistiu em ampliações e beneficiação, a fim de cumprir os requisitos de descarga do efluente. Os valores dos caudais e população de projeto relativos a esta reformulação são apresentados na Tabela 10. Não se admitiu uma contribuição industrial para as cargas da ETAR, visto que a maioria das indústrias existentes no concelho não descarregam cargas poluentes significativas nos sistemas de drenagem, possuindo suas próprias estações de tratamento.

Tabela 10 – Caudais de projeto por povoações, ETAR da Mealhada

Grandeza	Unidade	Valor	
		Ano 0	Ano 20
População residente	hab	19 574	20 748
População flutuante	hab	1 000	1 000
População equivalente (pop., hotelaria)	hab	23 103	26 548
População de projeto	hab	23 500	27 000
Factor de ponta	-	1,9	1,9
Caudal médio	L/s	27,2	31,3
Caudal de infiltração	L/s	27,2	31,3
Caudal de ponta	L/s	78,6	89,5
Caudal dim. ETAR	L/s	180	

O caudal de projeto foi calculado a partir de estimativas populacionais e das capitações, levando ao valor de 180 L/s, que é cerca de duas vezes superior ao caudal considerado no projeto inicial. As cargas poluentes que chegam à ETAR estão detalhadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Cargas poluentes afluentes à ETAR da Mealhada

Grandeza	Unidade	Q _{médio}		Q _{dim}
		Ano 0	Ano 20	
Carga orgânica afluente à ETAR	kg/dia	1 410	1 620	2 315
– CBO ₅	mg/L	300	300	149
Carga orgânica afluente à ETAR	kg/dia	3 173	3 645	6 145
– CQO	mg/L	675	675	395
Carga afluente à ETAR – SST	kg/dia	2 115	2 430	5 054
	mg/L	450	450	450
Coliformes fecais (afluente à ETAR)	NMP/100 ml	1.0E+07	1.0E+07	1.7E+06

O projeto de remodelação realizado em 2014, teve por base as principais legislações aplicáveis à época. Relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas, utilizou-se o Decreto Lei nº 152/97, de 19 de junho, que posteriormente foi alterado pelo Decreto Lei nº 149/04, de 22 de junho, com a revisão de zonas menos sensíveis à eutrofização. Complementarmente, o Decreto Lei nº 198/2008 definiu as áreas de influência das zonas sensíveis, nas quais não estava incluído o concelho da Mealhada, pelo que a descarga do efluente ocorria em meio não sensível.

Desta forma, a ETAR não precisava de realizar a remoção de azoto e fósforo. Entretanto, o Decreto-Lei nº 77/2021 de 27 de agosto, alterou o quadro aplicável às zonas sensíveis relativas ao tratamento de águas residuais urbanas, e a bacia do Rio Cértima passou a ser considerada sensível. Com tal, a ETAR tem de adaptar seu sistema de tratamento até o final de 2028.

Adicionalmente, é ressaltado no projeto de execução realizado pela empresa que, embora a licença de descarga não estabeleça limites específicos para parâmetros microbiológicos, caso se venha considerar a reutilização, mesmo que parcial, do efluente tratado, será necessário adotar a instalação de etapas que incluam filtração e desinfecção. Os critérios mínimos de qualidade do efluente para descarga são apresentados na Tabela 12, e estão de acordo com a nova Diretiva 2024/3019.

Tabela 12 – Requisitos mínimos de qualidade do efluente, ETAR da Mealhada

Grandeza	Unidade	Valor
CBO ₅	mg/L	25
CQO	mg/L	125
SST	mg/L	35
Óleos e gorduras	mg/L	15

O tratamento realizado na ETAR é dividido entre fase líquida e fase sólida, como ilustra a Figura 19. Logo à entrada, a ETAR apresenta uma estação elevatória com três parafusos de Arquimedes, de diâmetro de 800mm e capacidade de 90 L/s cada, seguido de um sistema de tratamento preliminar com tamisor de 6mm de abertura malha, desarenação e desengorduramento. Posteriormente o efluente passa por uma câmara de mistura rápida, na qual ocorre a homogeneização dos reagentes químicos com as águas residuais, por meio de um agitador submersível, assegurando que haja reação eficaz com os poluentes. Segue para uma câmara de divisão de caudal, que encaminha o afluente para a próxima etapa de tratamento, ou, se necessário, para uma rota de escape temporária. A existência de um by-pass ao longo do processo é fundamental para situações extraordinárias, como manutenções ou caudais excessivos.

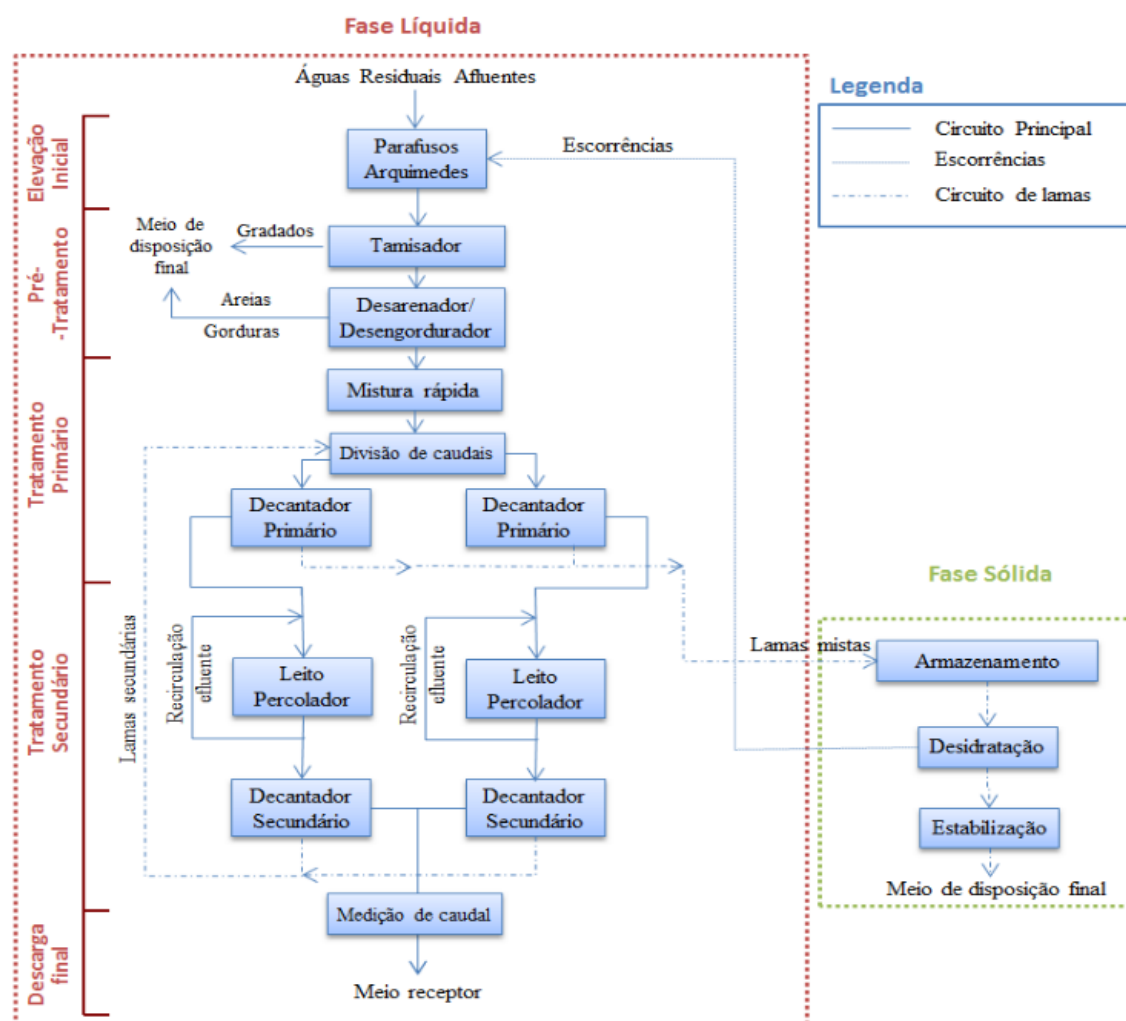


Figura 19 – Diagrama linear do esquema de tratamento da ETAR da Mealhada (Fonte: Hidrofunção – Consultores de Engenharia, Lda.)

O tratamento primário é realizado por meio de dois decantadores, os quais possuem raspadores de fundo e de superfície, retirando assim as gorduras que ficam na parte superior e os sólidos maiores, que decantam e são transferidos para a estação de tratamento de lamas. Em seguida, o afluyente é encaminhado para estações elevatórias intermédias e de recirculação e segue para o tratamento secundário.

O tratamento secundário é realizado por meio de dois leitos percoladores de alta carga. O sistema consiste num processo biológico com ventilação natural, no qual o afluyente é distribuído na parte superior do reator e percola através de um meio filtrante, colonizado por microrganismos aeróbios. Estes formam um biofilme sobre o material do leito e são responsáveis pela degradação da matéria orgânica presente na água residual. À medida que o escoamento ocorre ao longo do leito, a carga orgânica biodegradável é progressivamente consumida como fonte de alimento e energia para os microrganismos. Ao alcançar a base do reator, o efluente já apresenta uma redução significativa da carga poluente, estando em condições mais estáveis e adequadas para a etapa seguinte do tratamento (CETESB 2018).

Posteriormente, o efluente segue para dois decantadores secundários, de geometria circular e equipados com ponte raspadora de fundo. As águas residuais chegam ao centro do decantador, onde um defletor anelar promove a estabilização do fluxo. A partir daí, o escoamento segue um movimento vertical descendente, que facilita a sedimentação dos sólidos em suspensão. O efluente clarificado é recolhido na parte superior, enquanto as lamas sedimentadas são direcionadas para extração. A água tratada é, por fim, descarregada num afluente do Rio Cértima.

O tratamento das lamas, provenientes dos decantadores primário e secundário ocorre por meio de desidratação mecânica em prensas de sem-fim inclinadas. As escorrências e drenados desse processo retornam para o início da fase preliminar, e passam novamente por todas as etapas do tratamento. Em seguida as lamas passam por uma estabilização química com cal e, quando já desidratadas, são armazenadas num silo com capacidade para 30m³, suficiente para armazenar durante 7 dias de produção, aproximadamente.

A lavagem do desidratador de lamas e demais equipamentos é feita a partir do reservatório de água de serviço, com capacidade de 10 m³, aproveitando a captação já existente. Além disso, o projeto de ampliação e beneficiação optou por reservar uma área para futura implementação de tratamento adicional, incluindo desinfecção por radiação ultravioleta (UV), caso a Câmara Municipal da Mealhada opte por tal.

O projeto de execução apresenta, ainda, a avaliação teórica da eficiência de tratamento da ETAR, realizada com base em diferentes cenários de afluência e com a possibilidade de utilização de tratamento físico-químico. O desempenho da instalação foi analisado com base nas cargas poluentes, utilizando valores de capitação poluente habitualmente aceites. Na Tabela 13, apresentam-se os valores de eficiência de remoção obtidos a partir da literatura de referência (Metcalf & Eddy 2002) para as etapas de decantação primária (com e sem tratamento físico-químico, com recurso à coagulação química) e tratamento secundário. As eficiências globais do sistema de tratamento são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 13 – Eficiência do tratamento primário e secundário, ETAR da Mealhada

Grandeza	Unidade	Valor		
		CBO ₅	SST	CQO
Decantação primária – sem F/Q	%	35	65	35
Decantação primária – com F/Q	%	70	80	70
Leitos percoladores – a Q _{médio}	%	89	65	89

Tabela 14 – Eficiência global, ETAR da Mealhada

Valores	Carga afl. (mg/L)			Após DP			Após LP+DS			Ef. Total (%)		
	CBO ₅	CQO	SST	CBO ₅	CQO	SST	CBO ₅	CQO	SST	CBO ₅	CQO	SST
Com tratamento físico-químico												
Máximo	497	830	397	149	249	79	17	28	28	97%	97%	93%
Médio	330	678	296	99	203	59	11	23	21	97%	97%	93%
Estim.	300	675	450	90	203	90	10	23	32	97%	97%	93%
Sem tratamento físico-químico												
Máximo	497	830	397	323	540	139	37	62	49	93%	93%	88%
Médio	330	678	296	215	441	104	24	50	36	93%	93%	88%
Estim.	300	675	450	195	439	158	22	50	55	93%	93%	88%

Globalmente, o sistema, quando associado ao tratamento físico-químico, pode atingir eficiências de remoção de 97% para a matéria orgânica e de 93% para sólidos suspensos totais. Destaca-se que a aplicação da coagulação química desempenha um papel essencial para assegurar os cumprimentos dos limites legais de descarga, sobretudo no que diz respeito aos parâmetros SST e CBO₅, sob a maioria das condições de operação.

4.2.2. ALTERAÇÕES

A fim de cumprir as novas exigências da Diretiva 2024/3019, a ETAR da Mealhada deverá realizar algumas alterações nos seus processos. Estas, poderão ser feitas parcialmente e possuem diferentes prazos para conclusão, como se indica nos sub-capítulos seguintes.

4.2.2.1. Nível de Tratamento

No que diz respeito ao nível de tratamento, a estação deverá implementar um tratamento terciário, segundo o Artigo 7º da Diretiva 2024/2019, visto que está localizada em zona sensível. Para tal, procurou-se definir soluções que minimizem a intervenção nas instalações existentes. O estudo de Wałęga, Chmielowski e Młyński (2019), realizado na ETAR da cidade da Voivodia de Swietokrzyskie, Polónia, buscou soluções para remoção de azoto e fósforo, que estavam fora dos limites de descarga permitidos por lei. Os autores realizaram uma análise de viabilidade da combinação entre biofiltros e lamas ativadas. Em relação ao nitrogénio, os resultados revelaram que para sua remoção eficaz é necessário ter uma câmara anóxica de bom tamanho, concentração de oxigénio controlada e uma boa quantidade de matéria orgânica disponível, que serve de alimento para as bactérias desnitrificantes.

No cenário da ETAR da Mealhada, para simulação do tratamento terciário, recorreu-se ao software WEST (Wastewater Treatment Plant Simulator), desenvolvido pela DHI (2024). Ele permite representar, simular e otimizar processos biológicos e físicos por meio de modelos dinâmicos baseados nas diretrizes do Activated Sludge Model (ASM), pelo que no presente estudo utilizou-se o modelo ASM2Mod por ser capaz de simular as reações envolvidas nos mecanismos de reação biológica de matéria orgânica, azoto e fósforo.

A simulação no WEST baseia-se em blocos modulares que representem diferentes unidades de processo, sendo o primeiro, nomeado como “Municipality”, o bloco de entrada do efluente. Nele são definidas as composições da água residual em variáveis utilizadas pelo modelo dinâmico. Para uma simulação realista, o software requer a conversão de dados reais do efluente em frações bioquímicas específicas usadas pelo modelo. Este fracionamento é apresentado na Figura 20, e consiste na decomposição dos parâmetros globais em componentes solúveis e particuladas, biodegradáveis ou inertes, conforme a estrutura do modelo.

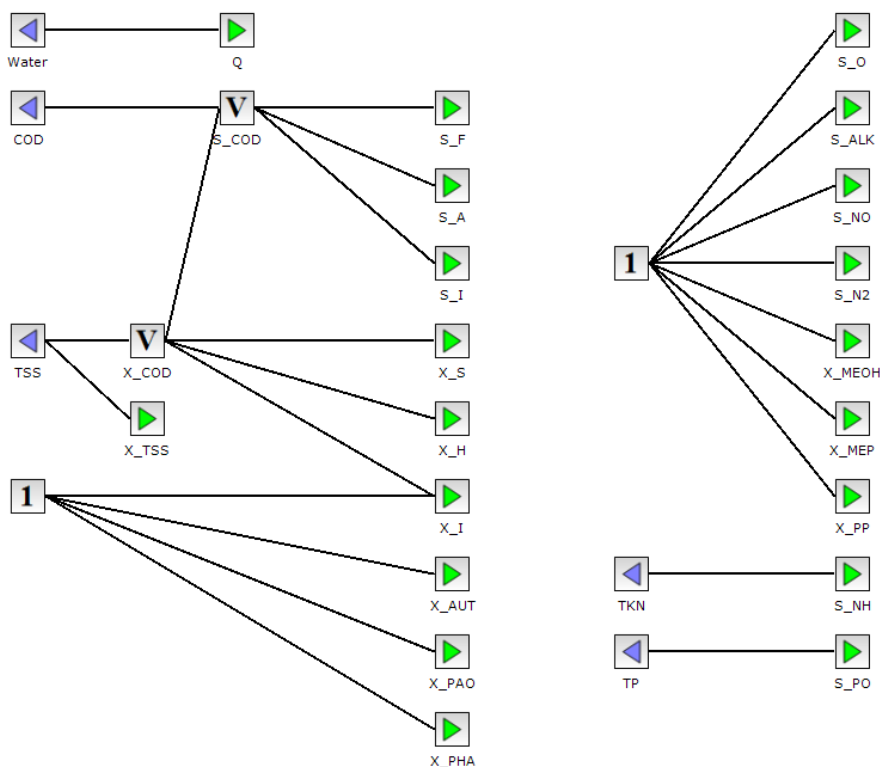


Figura 20 – Fracionamento efluente (WEST)

Para definição dos valores de cada parâmetro da simulação, foi utilizado um ficheiro de dados padronizado disponibilizado pelo programa. Para comparação com os valores reais da ETAR de Melhada, foi necessário converter os valores das captações de nitrogênio Kjeldhal e de fósforo em carga poluente e, posteriormente, em concentração. Tal foi feito a partir das seguintes fórmulas:

$$Carga \text{ (kg/dia)} = \frac{Capitação \text{ (g/(hab.dia))} \times População \text{ eq. (hab)}}{1\,000} \quad (2)$$

$$Concentração \text{ (mg/L)} = \frac{Carga \text{ (kg/dia)} \times 1\,000\,000}{Caudal \text{ (L/dia)}} \quad (3)$$

Como apresentado na Tabela 15, o caudal simulado no WEST é cerca de 2,9 vezes superior ao observado na ETAR da Mealhada, uma vez que corresponde ao valor predefinido no ficheiro de dados do programa, o qual se optou por não alterar. Além disso, verifica-se que as cargas afluentes no modelo são significativamente mais elevadas, representando uma água com maior carga poluente. Embora este cenário não reflita com exatidão as condições reais, a simulação representa uma abordagem mais conservadora, uma vez que considera um efluente mais carregado e exigente em termos de tratamento.

Tabela 15 – Comparação efluente de entrada na simulação e no caso de estudo

Parâmetro	Unidade	Valor WEST	Valor Mealhada
Carência química de oxigênio: (CQO)	g/m ³	568,5	395
Concentração de sólidos suspensos TSS (SST)	g/m ³	365,7	325
Concentração total de Nitrogênio Kjeldhal (NTK)	g/m ³	52,3	20,5
Concentração total de Fósforo (PT)	g/m ³	13,3	6,8
Caudal (Q)	m ³ /dia	45 302,9	15 552

Definidas as condições de entrada, a configuração da simulação foi composta por três unidades principais: um biofiltro (filter_1), um reator de lamas ativadas (ASU) com arejamento (PI_Control) e um decantador secundário (SST_1), como ilustra a Figura 21. As unidades denominadas “Multi” são sensores medidores da qualidade da água, e foram instalados após todos os processos para monitorização.

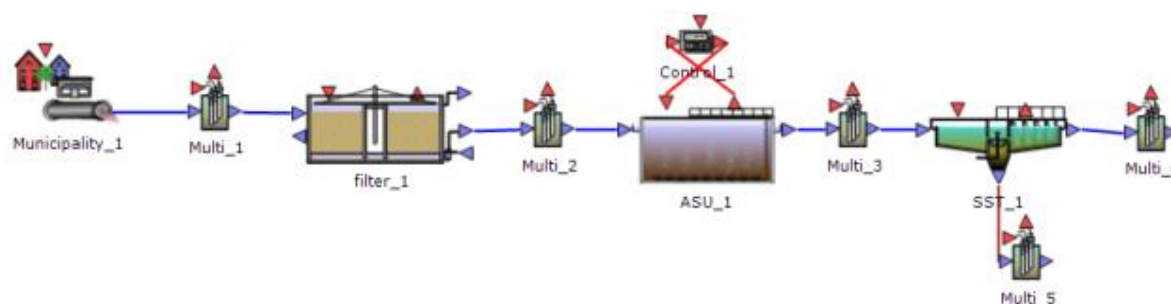


Figura 21 – Layout simulação (WEST)

Apesar da ETAR da Mealhada possuir leitos percoladores, devido à ausência de um modelo específico para este no software, optou-se pela simulação de um biofiltro. Embora funcional para simulação, é importante destacar que os dois processos possuem naturezas distintas. Como já mencionado, o leito percolador real possui ventilação natural. Com isso, o processo de nitrificação, caracterizado pela oxidação biológica de amoníaco para nitrito e, posteriormente, nitrato, é mais eficiente, visto que há oxigénio disponível (HACH s.d.). O biofiltro, por sua vez, não apresenta arejamento ativo, implicando um ambiente essencialmente anóxico. Tal fato pode limitar a atividade microbiológica e afetar a remoção do azoto, tornando a simulação uma simplificação do processo real. O biofiltro foi definido com volume total de 200 m³, área específica de biofilme de 400 m²/m³ e área total de biofilme de 80 000 m². Os resultados da simulação são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultado simulação WEST

Variável	Multi 1	Multi 2	Multi 3	Multi 4
CQO: carência química total de oxigênio [g/m ³]	568,5	129,55	3,01	0,197
OD: concentração oxigênio dissolvido [g/m ³]	0,01	0,009	0,38	0,38
NH: concentração amônia [g/m ³]	31,37	4,58	0,07	0,07
NO: nitrato + nitrito [g/m ³]	0,01	0,1	0,0052	0,0052
PO: ortofosfato [g/m ³]	7,99	1,2	0,021	0,02
Q: flow rate [m ³ /dia]	45303	45303	45303	45253
Q_In: caudal de entrada [m ³ /dia]	45303	45303	45303	45253
Q_Out: caudal de saída [m ³ /dia]	45303	45303	45303	45253
S_COD: CQO solúvel [g/m ³]	80,91	11,95	0,197	0,197
NT: concentração total nitrogênio [g/m ³]	53,91	10,44	0,22	0,08
PT: concentração total de fósforo [g/m ³]	14,01	2,81	0,063	0,021
SST: concentração total sólidos suspensos [g/m ³]	365,7	90,1	2,19	1,18E-09
X_COD: CQO particulado [g/m ³]	487,6	117,6	2,81	1,52E-09

Na saída do biofiltro (Multi_2) evidencia-se a remoção significativa de poluentes, com redução de 77,2% da COD e 85,2% de S_COD, indicando intensa degradação da matéria orgânica por parte do biofilme. Esta etapa também promoveu elevada remoção de amônia (de 31,37 g/m³ para 4,58 g/m³, resultando em 85,4%), o que pode indicar presença de zonas aeróbias no biofilme ou assimilação celular, mesmo em ambiente anóxico. Em contrapartida, a concentração de nitrito e nitrato aumentou significativamente, apontando para a conversão parcial da amônia via nitrificação. No entanto, o valor absoluto de NO ainda é bastante reduzido, o que pode ser atribuído à limitação de oxigênio disponível. O ortofosfato (PO) também apresentou uma notável remoção de 85% (de 7,99 para 1,2 g/m³), sugerindo que o biofilme contribuiu para a assimilação biológica de fósforo. A remoção de sólidos suspensos totais (TSS) foi de 75,4%.

No reator de lamas ativadas (ASU), com volume de 1 000 m³, foi aplicada uma taxa de arejamento de 65,7 d⁻¹ para manter a concentração de oxigênio dissolvido estável em 0,38 g/m³, (valores pré-definidos pelo software). O aumento do oxigênio dissolvido, comparativamente à etapa anterior, indica condições aeróbias que favorecem a oxidação completa dos compostos orgânicos nitrogenados. Observou-se a remoção praticamente total da CQO, assim como da amônia, demonstrando nitrificação completa. Por sua vez, os nitritos e nitratos (NO) foram reduzidos para 0,0052 g/m³, indicativo de que parte do nitrato gerado foi consumido por processos de desnitrificação, provavelmente em zonas anóxicas intermitentes no interior do tanque ou durante transições operacionais. O ortofosfato (PO) foi reduzido ainda mais para 0,021 g/m³, reforçando a hipótese de remoção biológica de fósforo (Bio-P), possivelmente com a atuação de bactérias acumuladoras de fósforo (PAO), que armazenam fósforo intracelularmente em condições aeróbias após absorção em ambiente anóxico (Bernardes s.d.).

O decantador secundário (A = 1.500 m²; H = 4 m), foi responsável pela clarificação do efluente. Nesta etapa, observou-se a remoção quase por completo do material particulado: os SST foram reduzidos a valores residuais (1,18 × 10⁻⁹ g/m³), assim como o COD particulado (X_COD), de 2,81 para 1,52 × 10⁻⁹ g/m³. A remoção adicional de compostos solúveis foi mínima, dado que as etapas anteriores já haviam alcançado eficiência elevada. O fósforo total (PT) foi reduzido de 2,81 para 0,021 g/m³ e o nitrogênio total (NT), de 10,44 para 0,08 g/m³, completando assim o ciclo de remoção com eficiência global superior a 99,8% para ambos os parâmetros. A Figura 22 ilustra as as percentagens de redução em cada etapa do tratamento, para os parâmetros que serão monitorizados na licença de descarga.

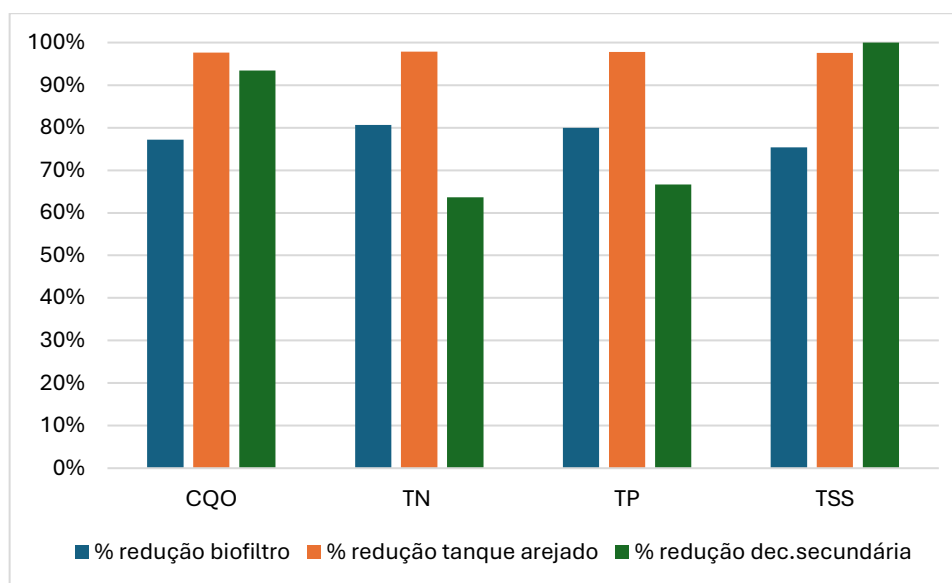


Figura 22 – Percentagem de redução em cada etapa do processo, ETAR da Mealhada

É importante destacar que, ao comparar esta simulação com a configuração real da ETAR da Mealhada, há diferenças relevantes em termos dimensionais e operacionais. A ETAR opera com dois leitos percoladores com volume unitário de 891 m³ e recirculação de 2:1, estratégia que favorece a desnitrificação e melhora a eficiência de remoção de carga orgânica. Já a simulação apresenta um biofiltro subdimensionado (200 m³) sem recirculação, o que torna sua eficiência observada notavelmente alta considerando a carga aplicada. Essa divergência pode ser justificada pela elevada área específica do biofilme simulada e pela idealização dos processos no modelo, o que tende a representar um comportamento idealizado do sistema. Ainda assim, a simulação mostrou-se eficaz para uma análise preliminar às alterações a implementar no processo.

Os resultados obtidos estão alinhados com os estudos realizados na Polónia (Wałęga, Chmielowski e Młyński 2019), o qual destaca a sinergia entre biofiltros e reatores de lamas ativadas para remoção de nutrientes. Tal como no presente caso de estudo, observou-se que a etapa de biofiltração promove uma pré-remoção eficiente de carga orgânica e amónia, melhorando as condições de trabalho do tanque de arejamento subsequente, que, por sua vez, atinge elevada nitrificação e remoção biológica de fósforo, desde que operado com controle adequado de oxigénio.

Seria necessário, ainda, a instalação de lâmpadas UV após todo o processo simulado no software WEST, para garantir a desinfecção da água. Essa etapa é exigida pelo Decreto-Lei nº 119/2019, para que as águas estejam aptas para reutilização, como já referido no caso de estudo da ETAR de Penedo Gordo. Neste processo, a desinfecção da água ocorre pela passagem de uma película fina de água, com baixa turvação e poucos sólidos suspensos, por uma fonte de radiação ultravioleta. Esta radiação é absorvida pelo ADN dos microrganismos, causando danos irreversíveis que impedem a sua replicação e levam à morte celular (Santos 2023).

Uma segunda alternativa para o tratamento terciário seria a implementação de uma lagoa de maturação, solução amplamente utilizada para a remoção de nitrogénio e fósforo, apresentando benefícios ecológicos e económicos. Sua eficiência está diretamente relacionada a parâmetros ambientais e às condições operacionais específicas, tonando necessária a realização de estudos detalhadas para

assegurar que as concentrações finais destes compostos estejam em conformidade com os requisitos legais (Yang *et al.* 2023). Uma grande vantagem das lagoas de maturação é que, ao final do processo, as águas já se encontram desinfetadas, eliminando, portanto, a necessidade de instalação de sistemas adicionais, como lâmpadas UV, para este fim. Entretanto, essa alternativa exige uma área significativa de operação, em virtude da reduzida profundidade da água, geralmente inferior a um metro (Santos 2023).

Para o presente caso de estudo, foi dimensionada uma lagoa de maturação para uma determinada redução de CBO afluente, segundo a fórmula abaixo (Santos 2023):

$$A = Q * \ln (CBOa/(CBOe))/(KT * E * n) \quad (4)$$

Os valores de cada parâmetro estão apresentados na Tabela 17. Considerou-se uma concentração de CBO de 37 mg/L na entrada da lagoa, visto que seria o pior cenário da eficiência dos leitos percoladores seguidos por decantação secundária, como já apresentado na Tabela 14.

Tabela 17 – Dimensionamento da lagoa de maturação, ETAR da Mealhada

Parâmetro	Valor
Q: caudal médio do afluente	2 700,00 m ³ /d
CBOa: concentração CBO na entrada	37 mg/L
CBOe: concentração CBO na saída	25 mg/L
KT: velocidade de redução da CBO	0,69 d ⁻¹
E: altura de água no leito	1 m
n: porosidade do meio de suporte	45 %

A partir destes valores, obteve-se uma área de 3 408,00 m². A ETAR da Mealhada disponibiliza de uma área de 3 528,19 m² para construção da lagoa de maturação (Figura 23), estando assim apta para a implementação dessa solução.



Figura 23 – Potencial área lagoa de maturação, ETAR da Mealhada (Google Earth ®)

4.2.2.2. Reutilização das Águas

No que concerne a reutilização das águas, pela necessidade de realizar o tratamento terciário, estas deverão estar aptas para reutilização em rega agrícola, segundo o Artigo 15º da Diretiva 2024/3019. Em Mealhada, o Parque da Cidade, localizado a cerca de 1 km da ETAR e com 134 634,0 m² de área (Figura 24), mostra-se como potencial utilizador para as águas tratadas. A necessidade hídrica da região deverá ser de 6,0 L/m²/dia, visto que está localizada na zona centro de Portugal (Cudell, s.d.), desta forma, o parque precisaria de 807 804 L/dia de água para rega. Considerando um caudal afluyente médio da ETAR de 2 700 000 L/dia (Tabela 10), o volume de água para rega representaria então cerca de 30% do volume diário das águas tratadas. O restante do volume poderá ser descarregado, como de costume, no Rio Cértima.

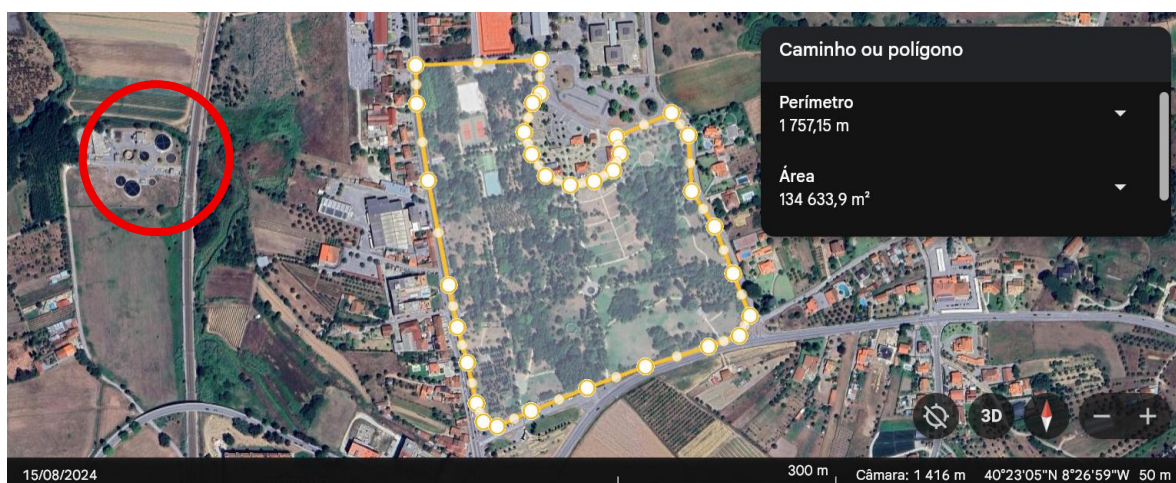


Figura 24 – Localização da possível zona de reutilização das águas da ETAR da Mealhada, sinalizada a vermelho (Google Earth ®)

À semelhança do caso de estudo anterior, a utilização das águas residuais tratadas no Parque da Cidade obriga à implementação de um sistema de desinfeção, que pode ser garantido por meio da instalação das lâmpadas UV ou de lagoas de maturação no final do processo do tratamento. A qualidade das águas, entretanto, enquadrada em classe A pelo Decreto-Lei 119/2019, deve ser mais rigorosa do que a estabelecida na Diretiva 2024/3019 para descarga, como já apresentado na Tabela 9.

O produtor e o utilizador da água tratada devem garantir que esta cumpre os parâmetros definidos no decreto-lei. Considerando os valores resultantes da simulação no software WEST, as águas tratadas da ETAR da Mealhada estarão aptas para reutilização em rega. Além disso, deve ser implementado um plano de monitorização contínua para verificar a qualidade da água reutilizada e assegurar a sua conformidade. O processo também inclui a elaboração de planos de gestão de risco, a instalação de barreiras de segurança no sistema (como processos adicionais de desinfeção) e a obtenção de autorização formal junto das autoridades competentes. Todo o processo precisa estar devidamente documentado e sujeito a inspeções periódicas para garantir que os requisitos legais sejam cumpridos de forma consistente e segura.

4.2.2.3. Neutralidade Energética

A meta de alcançar a neutralidade energética na ETAR está prevista para ser plenamente atingida até 31 de dezembro de 2045. Conforme indicam as faturas de energia disponibilizadas pela entidade gestora da estação (apresentadas no Anexo A.1. do presente documento), atualmente, mais de 50% da energia consumida provém de fontes renováveis. No entanto, de acordo com a nova Diretiva 2024/3019, a neutralidade energética exige que toda a energia consumida pela instalação seja gerada a partir de fontes renováveis próprias, ou seja, produzida pela própria ETAR, seja nas suas instalações ou através de unidades externas. Dessa forma, a estação deverá ser capaz de suprir integralmente a sua demanda energética sem recorrer à aquisição de energia externa, mesmo que renovável.

Como estratégia para atingir esse objetivo, propõe-se o aproveitamento do biogás gerado a partir das lamas produzidas no processo de tratamento, solução que contemplaria, também, o Artigo 20º da DARU, referente a valorização das lamas e de recursos. No projeto de reformulação da ETAR, realizado em 2014, concluiu-se que a instalação de digestores anaeróbios operando a temperatura ambiente não seria economicamente viável para a produção local de energia elétrica. Diante desse cenário, uma alternativa proposta é o transporte das lamas para uma estação vizinha, equipada com infraestrutura adequada para esse tipo de tratamento.

Para viabilizar o transporte, entretanto, será necessário promover ajustes no processo operacional atual da ETAR. Em primeiro lugar, a etapa de estabilização química com cal deverá ser eliminada, uma vez que acarreta o aumento do pH das lamas para valores próximos de 12, o que inviabiliza a atividade biológica essencial nos digestores anaeróbios, comprometendo assim a geração de biogás (Silva 2009).

Além disso, deverá ser avaliada a adequação do nível de desidratação das lamas. Atualmente, as prensas de sem-fim inclinadas existentes na estação produzem lamas com teor mínimo de 18% de sólidos, resultando num material não bombeável, o que exige transporte por meio de contentores fechados. Nesse contexto, recomenda-se a realização de uma análise em coordenação com a ETAR receptora, considerando tanto a logística de transporte quanto os requisitos técnicos de aceitação do digestor.

Quanto ao potencial energético, estima-se que a produção de biogás varie entre 20 e 28 m³/dia por dia para cada mil habitantes atendidos pelo sistema (Santos 2023). Aplicando essa estimativa à ETAR da Mealhada, projeta-se uma geração média mensal de aproximadamente 99 079 kWh (6,12 kWh/m³), valor significativamente superior ao consumo médio mensal da unidade, que é de 42 882 kWh.

No entanto, a inclusão do tratamento terciário altera esse cenário, sobretudo se for adotada a opção dos tanques de arejamento, que tendem a ser os principais consumidores de energia neste tipo de sistema, associados às lâmpadas UV para desinfecção. Nesse caso, para garantir a neutralidade energética, pode ser necessário complementar a geração com outra fonte renovável, como a instalação de painéis solares.

Para avaliação dessa possibilidade, realizou-se uma simulação no Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) (European Commission s.d.), considerando as condições reais do local. Foi adotada a tecnologia de painéis de silício cristalino, com potência nominal de 550 Wp por painel, semelhante aos instalados na ETAR do Freixo (Águas do Porto s.d.), e perdas globais de 14%. A configuração adotada prevê montagem fixa em estrutura livre, com inclinação de 35° e orientação a sul, condições que maximizam a exposição ao Sol (EDP s.d.).

A simulação resultou numa produção anual de 808,41 kWh por painel, com potencial para instalar até 559 painéis na área disponível de 1 118,85 m² da ETAR (Figura 25), considerando que cada um ocupa, em média, 2,0 m² [45] (EDP s.d.). Dessa forma, a geração total estimada é de 20 728 kWh/mês.



Figura 25 – Estimativa área de instalação painéis solares, ETAR da Mealhada (Google Earth ®)

Por outro lado, se a ETAR optar pelas lagoas de maturação como método de tratamento terciário, o consumo energético adicional será significativamente menor, possivelmente evitando a necessidade de novos investimentos em geração solar. Isso reforça a importância de uma escolha criteriosa do método de tratamento, considerando não apenas a eficiência operacional, mas também a viabilidade energética e económica a longo prazo.

A Figura 26 apresenta a comparação entre os diferentes cenários de consumo e produção de energia da ETAR. No cenário mais exigente, o qual inclui, além do consumo atual, os acréscimos estimados para o funcionamento das lâmpadas UV e dos tanques de arejamento, a demanda energética atinge uma média mensal de 118 271 kWh. Por outro lado, considerando a produção combinada de biogás e energia fotovoltaica, estima-se uma geração total de 119 807 kWh/mês. Assim, mesmo no cenário de maior consumo, a ETAR teria capacidade para atender integralmente à sua necessidade energética, garantindo o cumprimento da meta de neutralidade estabelecida na Diretiva (UE) 2024/3019.

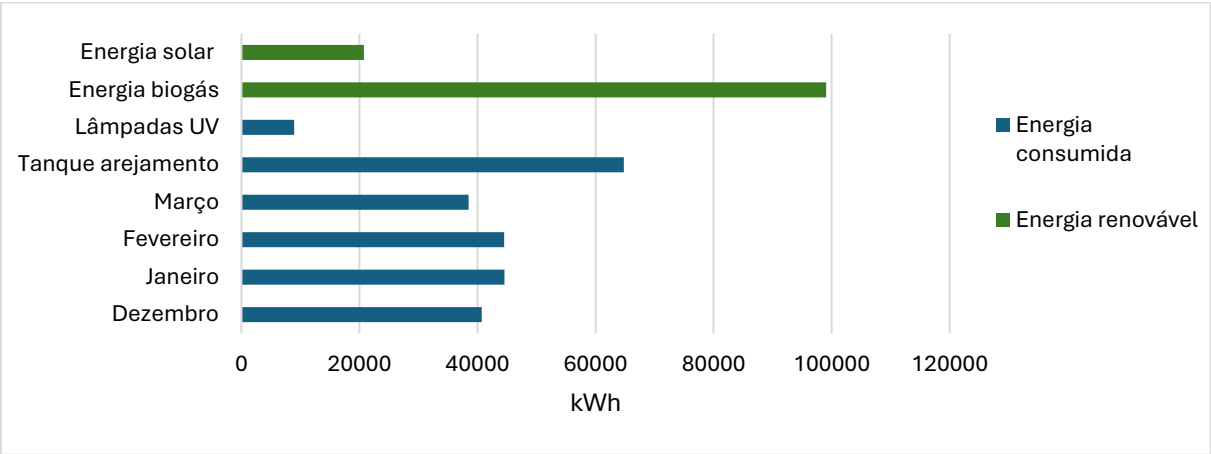


Figura 26 - Comparação consumo e produção de energia por biogás e painéis solares, ETAR da Mealhada

No que diz respeito à otimização de energia, estudos defendem a importância da utilização de indicadores que permitam avaliar o desempenho da ETAR. Um exemplo é o consumo de energia por habitante equivalente por ano (kWh/PE.ano), que pode variar entre 12 e 60 kWh/PE, dependendo das características e tecnologias adotadas pela estação (Maktabifard, Zaborowska e Makinia 2018).

Atualmente, a ETAR da Mealhada apresenta um consumo energético de 18,6 kWh/PE.ano, valor que se manteria caso fosse adotada a construção de lagoas de maturação, as quais não possuem consumo significativo de energia elétrica. No entanto, com a opção pelo tanque de arejamento e lâmpadas UV, o indicador sobe para 51,4 kWh/PE.ano, ainda dentro do intervalo apresentado na literatura, porém bastante superior ao cenário anterior. Esta grande variação demonstra a necessidade de um estudo mais detalhado para compreender se o desempenho energético da ETAR está alinhado as melhores práticas e se há opções para melhoria.

Adicionalmente, a transição para fontes de energia renovável está diretamente alinhada a redução das emissões de gases com efeito de estufa (Tabela 18). A produção de biogás, aliada à possível implementação de painéis solares, permitirá que praticamente todo o consumo energético da estação seja suprido por fontes limpas, eliminando a dependência de energia proveniente de fontes fósseis. Com isso, as emissões associadas ao consumo elétrico tornam-se quase nulas, representando um avanço significativo não apenas no cumprimento das metas de neutralidade energética, mas também na contribuição para a mitigação dos impactos das alterações climáticas.

Tabela 18 – Emissões CO₂ associadas ao consumo de energia, ETAR da Mealhada

Mês	CO ₂ [kg]
Dezembro	7 511,85
Janeiro	8 225,62
Fevereiro	8 214,36
Março	7 099,38

4.2.2.4. Monitorização

De forma similar à ETAR de Penedo Gordo, a ETAR da Mealhada necessitará realizar medições específicas, que não eram exigidas anteriormente. Como já mencionado, na entrada da estação, será exigida a monitorização de alguns parâmetros de saúde pública, nomeadamente poliovírus, vírus da gripe, vírus SARS-Cov-2 (incluindo variantes), agentes patogénicos emergentes e “quaisquer outros parâmetros de saúde pública que as autoridades competentes considerem relevantes para efeitos de monitorização”. As descargas das águas tratadas, reutilizadas e lamas produzidas também deverão ser monitorizadas (Parlamento e Concelho Europeu 2024).

Por fim, as descargas de tempestade deverão ser analisadas, e caso representem mais do que 2% da carga anual de águas residuais recolhidas, deverá ser elaborado um plano integrado de gestão para avaliação dos seus impactos e possíveis soluções.

4.3. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A análise dos dois casos de estudo evidencia a necessidade de adaptação das respetivas estações de tratamento de águas residuais face às exigências da nova Diretiva 2024/3019. Embora exista uma vasta gama de tecnologias para modernização dos sistemas, como apresentado no Capítulo 3, optou-se por soluções práticas e consolidadas, capazes de garantir o cumprimento integral dos novos requisitos, sem desprezar a viabilidade técnica. Essa abordagem não inviabiliza, no entanto, a possibilidade de adoção futura de medidas adicionais que permitam otimizar ainda mais a eficiência e a sustentabilidade das infraestruturas.

No caso da ETAR de Penedo Gordo, a proposta centra-se na manutenção do processo atual, que cumpre maioritariamente os limites de concentração de descarga, além de ser uma solução sustentável pelo seu reduzido consumo energético. A adição de um arejador surge como um reforço prático e tecnicamente comprovado, sendo amplamente aplicado em contextos similares, como demonstrou a revisão dos 36 estudos científicos realizada por Calabrò, Pangallo e Zema (2024).

A proposta de transporte das lamas geradas para uma unidade próxima para produção de biometano revela-se particularmente promissora, sobretudo pela vantagem geográfica de contar com essa infraestrutura nas imediações da ETAR. Esta medida permite não apenas valorizar energeticamente os resíduos produzidos, mas também contribuir ativamente para a economia circular e a descarbonização do setor.

Paralelamente, a reabilitação da ETAR e a implementação das medidas propostas terão impactos positivos na restauração ecológica e na continuidade fluvial da região, classificada como zona de risco no âmbito do projeto “Água que Une”. Trata-se de uma melhoria significativa, que contribuirá de forma contínua para a saúde ambiental e a resiliência dos ecossistemas locais.

A ETAR da Mealhada, por sua vez, apresenta uma complexidade maior, especialmente em termos de exigência energética. As propostas incluem a introdução de um tanque de arejamento e um sistema de desinfecção por lâmpadas UV, etapas que, embora eficazes, aumentam o consumo energético. Para mitigar este impacto, recomendam-se sistemas de controlo inteligente do arejamento, como o ABAC (controlo de aeração baseada em amónia) ou o AVN (controlo de amónia versus nitrato), que otimizam a eficiência operacional sem comprometer os resultados de tratamento (Maktabifard, Zaborowska e Makinia 2018). A proposta para a construção do sistema de lagunagem, entretanto, exigiria menos consumos energéticos, apesar de ocupar uma área significativa da estação.

As soluções propostas para a remoção de nutrientes, em particular o azoto e o fósforo, foram selecionadas para se adequarem ao contexto existente da ETAR, tirando partido das infraestruturas já disponíveis e adicionando apenas as etapas estritamente necessárias para garantir a conformidade com a nova legislação.

No que toca à neutralidade energética, a produção de biogás, aliada à instalação de painéis solares, poderá ser suficiente para satisfazer as necessidades energéticas da estação. Além disso, conforme discutido no Capítulo 3, o pré-tratamento das lamas na ETAR receptora poderá intensificar a produção de biogás, especialmente quando combinado com a codigestão de resíduos orgânicos, solução com potencial comprovado para duplicar a produção energética.

Importa sublinhar, por fim, que a nova diretiva impõe de forma explícita a monitorização de parâmetros adicionais, bem como o controlo das descargas de tempestade, que deverão ser cumpridos por ambas as estações. Estas exigências legais não só visam reforçar a proteção da saúde pública e do ambiente, como também assegurar uma gestão mais transparente e eficaz dos sistemas de tratamento, garantindo que os benefícios das alterações propostas sejam mantidos a longo prazo.

5 ORÇAMENTOS

5.1. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL ETAR DE PENEDO GORDO

A estimativa orçamental para as propostas de intervenção na ETAR de Penedo Gordo foi elaborada com base em projetos de referência disponibilizados pela Hidrofunção, bem como dados de domínio público provenientes de concursos e intervenções similares. As soluções foram agrupadas conforme os eixos principais da proposta: melhoria do nível de tratamento, reutilização das águas residuais tratadas, valorização das lamas e vigilância das águas.

Entre as intervenções previstas no eixo do nível de tratamento, incluem-se a instalação de um arejador na lagoa facultativa e a implementação de defletores flutuantes em ambas as lagoas. Para o arejador, adotou-se como base de cálculo o valor obtido em um concurso público realizado em 2022, relativo ao fornecimento de dois arejadores para duas ETAR nacionais. O custo total foi de 65 000,00 €, correspondente a 32 500,00 € por cada unidade, valor utilizado como referência para esta estimativa (Concurso Público 2022).

No caso dos defletores flutuantes, não foi possível incluir uma estimativa de custo nesta fase, uma vez a informação sobre os custos de fornecimento e instalação não estavam disponíveis. Trata-se de um equipamento cujo orçamento deve ser elaborado com base nas características específicas da lagoa, sendo esta definição uma responsabilidade a ser assumida futuramente pela entidade gestora, mediante consulta a fornecedores especializados.

Quanto à reutilização das águas tratadas, esta deverá ser conduzida em articulação entre a entidade gestora da ETAR e o utilizador final. Considerando a prática habitual, os custos associados ao transporte destas águas deverão ser assumidos pelo receptor, razão pela qual tais despesas não foram integradas na presente estimativa.

Relativamente à valorização das lamas, está previsto seu encaminhamento para uma unidade de produção de biometano em construção, localizada a cerca de 30 km da ETAR (AICEP 2025). Com base em dados de projetos anteriores desenvolvidos pela Hidrofunção, estimou-se um custo de transporte de até 20 €/m³ para esta distância, partindo do valor de referência de 10 €/m³ para percursos até 20 km. O número de viagens dependerá da produção de lamas a qual, no entanto, não pôde ser estimada nesta fase do estudo, sendo necessário definir esse volume em etapas posteriores, a fim de calcular o custo total dessa operação.

A vigilância das águas residuais urbanas deverá existir, pelo menos, à entrada da estação, a fim de identificar parâmetros de saúde pública pertinentes, como SARS-CoV-2 e poliovírus. Para isso, propõe-se como recurso à amostragem composta de 24 horas, técnica que proporciona maior representatividade ao capturar variações ao longo do dia. A instalação de equipamentos automáticos foi orçamentada com base em estudos realizados por Carmo dos Santos *et al.* (2024), tendo sido adotado como valor de referência 7 500,0 dólares, aproximadamente 6 500,0 € ("Taxa de câmbio de mil Dólares americanos para Euros. Converta USD/EUR" s.d.), por unidade, sujeito a atualização cambial na fase de contratação.

Por fim, importa referir que os custos detalhados correspondentes às intervenções anteriormente propostas pela empresa Hidrofunção, nomeadamente a substituição de gradagem manual por automática, impermeabilização das lagoas e desmatamento, também foram citados, embora não tenham sido estimados no presente estudo. Estes dados complementam a estimativa e contribuem para uma visão integrada do investimento necessário à adequação da ETAR de Penedo Gordo à Diretiva 2024/3019. A estimativa orçamental final para a ETAR de Penedo Gordo é apresentada na Tabela 19, e as suas especificações estão apresentadas no Anexo A.3. do presente documento.

Tabela 19 – Estimativa orçamental ETAR de Penedo Gordo

			Preço	
Descrição	Quantidade	Unid.	Total	
Propostas Hidrofunção				
ETAR Do Penedo Gordo			€	495 000,00
Trabalhos de desmatamento e demolição			€	50 000,00
Nível de tratamento				
Arejador lagoa facultativa	1 un.	€	32 500,00	€ 32 500,00
Valorização de resíduos				
Transporte lamas	20 km	€	10,00	€ 20,00 (a cada m³ transportado)
Vigilância das águas residuais				
Equipamento de monitorização	1 un.	€	6 500,00	€ 6 500,00
VALOR FINAL			€	584 020,00

5.2. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL ETAR DA MEALHADA

A estimativa orçamental para a ETAR da Mealhada seguiu a mesma abordagem adotada para a ETAR de Penedo Gordo, utilizando dados técnicos provenientes de projetos disponibilizados pela Hidrofunção e de fontes públicas de acesso livre. No caso dos projetos fornecidos pela empresa, cada elemento foi analisado individualmente, com a definição de relações de custo por unidade de equipamento, metro cúbico de volume ou tipo de material, conforme aplicável.

No que diz respeito ao nível de tratamento, foram analisadas duas alternativas principais: (1) instalação de tanque arejador, o qual acarretará a necessidade de uma fase de desinfecção por lâmpadas UV para reutilização das águas e (2) construção de um leito de macrófitas. Para a primeira opção, no que respeita o tanque arejador, foi efetuada uma análise dos custos associados à construção civil e aos equipamentos necessários, tanto para o tanque em si quanto para o edifício técnico que abrigará os sopradores e o respectivo quadro elétrico.

O projeto analisado para referência (apresentado no Anexo A.2.) contempla um sistema de tratamento biológico composto por um tanque, com divisão de parte anaeróbia e aeróbia. A partir dele, foi estabelecida uma relação entre o custo da construção por metro cúbico de volume de água, para os seguintes componentes: trabalhos preparatórios (tais como escavação e aterro), estruturas, revestimentos e serralharias. Foram excluídos os elementos específicos relativos à construção da parte anóxica, uma vez que esta não será necessária para a ETAR da Mealhada.

De forma análoga, o edifício dos sopradores foi analisado com base no custo por metro cúbico referente a trabalhos preparatórios, estruturas, alvenarias, revestimentos e serralharias. No entanto, alguns elementos de serralharia foram orçamentados por unidade, nomeadamente o portão de fole, a grelha de ventilação acústica e a janela.

No que se refere aos equipamentos, manteve-se o valor estimado para os arejadores e quadros elétricos a instalar no edifício técnico, considerando a necessidade de duas unidades de arejadores, um em operação e outro em reserva como medida de segurança.

Relativamente aos equipamentos do tratamento biológico, foram considerados individualmente: sistema de arejamento, turco de elevação, medidor de oxigénio dissolvido, medidor de potencial Redox e medidor de pH. Os restantes componentes, como válvulas, tubagens e acessórios, foram orçamentados com base na relação de custo por volume tratado. Com base nesses cálculos, o valor estimado para a construção desta solução foi de 329 190,46 €.

Esta solução contemplaria, ainda, a necessidade de desinfecção das águas para reutilização. Apesar da inexistência de dados suficientes para orçar a construção do canal de desinfecção, foi possível estimar o custo do módulo de lâmpadas UV e do microtamizador de tambor rotativo, necessário para a filtração prévia da água. Com base em valores proporcionais ao caudal o custo total destes dois componentes foi de 26 460,03 €.

A segunda solução proposta para o tratamento terciário consistiu na construção de um leito de macrófitas, para remoção de azoto e fósforo, bem como desinfecção das águas. A orçamentação foi baseada nos custos de escavação, aplicação de geotêxtil e geomembrana de impermeabilização e mão de obra especializada. A estimativa de escavação foi obtida por analogia com outros projetos da empresa, enquanto os demais elementos foram retirados de bases de dados de custos de construção (Gerador de Preços s.d.). Essa solução apresentou um custo total de 116 646,72 €.

Importa salientar que, independentemente da solução escolhida, haverá custos adicionais ao longo da vida útil da infraestrutura, nomeadamente manutenções, substituição de equipamentos e operação.

No eixo da neutralidade energética, considerou-se a valorização das lamas por meio do seu transporte a uma unidade externa de produção de biogás, conforme metodologia previamente adotada para a ETAR de Penedo Gordo. Neste caso, sabe-se que o silo de lamas já existente na ETAR da Mealhada possui capacidade de 30 m³, suficiente para a produção de sete dias, aproximadamente. O transporte seria realizado por camiões caçamba fechada para controlo de odores, e considerando que teriam teor de sólidos suficiente para tal. O custo foi estimado em 30 € por cada 20 km de distância, conforme projeção ajustada à capacidade do silo.

Adicionalmente, propôs-se a instalação de painéis fotovoltaicos como solução complementar para assegurar a autossuficiência energética, caso a produção do biogás não seja suficiente. Segundo dados fornecidos pela Hidrofunção, o custo de cada painel é de 227,0 €, resultando assim num investimento

de 126 893,0 €, considerando a instalação de 559 painéis. Ressalta-se que esse número poderá ser ajustado conforme necessidades energéticas apuradas durante a fase de operação.

Quanto à reutilização das águas residuais tratadas, aplica-se o mesmo procedimento adotado para a ETAR de Penedo Gordo. Considera-se que os custos associados ao transporte deverão ser responsabilidade da entidade receptora, não tendo sido incluídos nesta estimativa.

Por fim, a vigilância das águas seguirá a mesma estratégia, com a utilização de amostragem composta de 24 horas e equipamentos automáticos. Assim, manteve-se o valor de referência previamente adotado de 6 500,0 € (Carmo dos Santos *et al.* 2024), sujeito a atualização cambial. A estimativa orçamental para a ETAR da Mealhada é apresentada na Tabela 20.

Tabela 20 – Estimativa orçamental ETAR da Mealhada

				Preço	
Descrição	Quantidade	Unid.	Total		
Neutralidade energética					
Sistema fotovoltaico de produção de energia	559 un.	€	227,00	€	126 893,00
Produção de biogás (transporte lamas)	30 m³	€	10,00	€ (a cada 20km de distância)	300,00
Nível de tratamento					
Hipótese 1					
Sistema de lagunagem				€	116 646,72
Hipótese 2					
Tanque de arejamento				€	247 857,09
Edifício de produção de ar				€	81 333,37
Lâmpadas UV (desinfecção)				€	26 460,03
Vigilância das águas residuais					
Equipamento de monitorização	1 un.	€	6 500,00	€	6 500,00
VALOR FINAL HIPÓTESE 1				€	250 339,72
VALOR FINAL HIPÓTESE 2				€	489 343,49

6

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

6.1. CONCLUSÕES

O presente estudo analisou os impactos que a implementação da nova Diretiva (UE) 2024/3019 acarretará para o ambiente, a saúde pública e as infraestruturas de tratamento de águas residuais urbanas. Os Estados-Membros deverão promover adaptações significativas nos seus sistemas de saneamento, exigindo investimentos substanciais. Apesar dos custos envolvidos, os benefícios ambientais, sanitários e sociais esperados justificam plenamente este esforço. Cada país enfrentará desafios distintos, condicionados pelo nível atual de desenvolvimento das suas infraestruturas.

A compreensão da evolução histórica do tratamento de águas residuais permitiu contextualizar a situação portuguesa, evidenciando que Portugal está entre os países que mais necessitarão de esforços para atender plenamente às exigências legais. O cumprimento da DARU é essencial não apenas para assegurar uma melhor qualidade dos corpos hídricos e a proteção da saúde pública, mas também para aumentar a resiliência hídrica frente aos cenários climáticos futuros. Adicionalmente, os requisitos relacionados à neutralidade energética revelam-se promissores, contribuindo para a transição rumo a um sistema mais sustentável e com menos emissões de gases com efeito de estufa.

A análise comparativa de diferentes estratégias de adaptação mostrou-se indispensável, tendo em vista que cada solução apresenta particularidades técnicas, operacionais e financeiras que impactam diretamente sua viabilidade. A partir da avaliação aplicada às ETAR de Penedo Gordo e da Mealhada, verificou-se que diagnósticos detalhados e estudos de alternativas são fundamentais para otimizar os recursos e direcionar investimentos de forma eficiente.

A ETAR de Penedo Gordo representa um caso de infraestrutura que ainda não cumpre integralmente os requisitos da legislação anterior, exigindo intervenções para alcançar os níveis mínimos de conformidade. Este cenário evidencia uma lacuna histórica relevante e reforça a complexidade dos desafios enfrentados por Portugal. Por outro lado, a ETAR da Mealhada já cumpre os requisitos anteriores e deverá concentrar suas adaptações no cumprimento das novas exigências da DARU, como a introdução do tratamento terciário para remoção de azoto e fósforo. O estudo avaliou distintas possibilidades técnicas, demonstrando como as decisões de projeto afetam diretamente os custos e a eficiência da operação, ainda que todas as opções permitam atender às obrigações legais.

A dualidade das duas ETAR analisadas evidencia a diversidade de cenários existentes em Portugal, onde coexistem infraestruturas em diferentes estágios de maturidade e conformidade normativa. Em relação aos orçamentos, evidenciou-se que a escolha das soluções técnicas tem impacto direto na viabilidade financeira das intervenções. A ETAR da Mealhada apresenta-se como um exemplo expressivo desta

realidade, com uma diferença significativa de cerca de 240 000 € entre as alternativas avaliadas, diferença que reforça a importância de análises económicas criteriosas durante a fase de projeto. Importante salientar que, os orçamentos estimados envolvem apenas a construção das soluções propostas e os respectivos equipamentos necessários, não contemplando, todavia, os custos ao longo da vida útil das intervenções.

Conclui-se, portanto, que a modernização das ETAR portuguesas, embora complexa, é imprescindível. A nova Diretiva 2024/3019 representa um ponto de partida crucial para uma transformação estrutural em direção a um sistema mais eficiente, sustentável e resiliente do tratamento de águas residuais urbanas. Sua existência estabelece um quadro normativo que facilita o acesso a financiamentos europeus, os quais são fundamentais para viabilizar os investimentos necessários e assegurar o cumprimento progressivo das metas ambientais estabelecidas. Este estudo oferece assim, uma base técnica sólida para apoiar o planeamento estratégico e contribuir para o alinhamento do setor às metas ambientais da União Europeia.

6.2. TRABALHOS FUTUROS

Dando continuidade ao presente estudo, recomenda-se a realização dos seguintes trabalhos futuros, com o objetivo de aprofundar as análises técnicas e apoiar a tomada de decisão em etapas subsequentes de planeamento:

- Avaliação detalhada do desempenho das soluções implementadas, com monitoramento contínuo das intervenções realizadas, com foco na quantificação dos benefícios ambientais e socioeconómicos gerados a médio e longo prazo especialmente em relação à qualidade do efluente, eficiência energética e redução de impactes nos corpos hídricos.
- Desenvolvimento de ferramentas integradas de apoio à decisão, com a criação ou adaptação de modelos que facilitem a escolha de soluções mais eficientes e sustentáveis no contexto geral.
- Aplicação do software WEST para simulação avançada do sistema, com calibração específica para a unidade de estudo, permitindo estimar com maior precisão a eficiência do sistema.
- Análise da viabilidade técnica e económica de outras fontes de energias renováveis em estações de tratamento de águas residuais, como sistemas eólicos de pequena escala, para complementar os consumos energéticos.
- Estudos de viabilidade da reutilização das águas tratadas sob a perspectiva do utilizador final, com a avaliação da procura, necessidades e viabilidade financeira do reuso.
- Quantificação da produção de lamas geradas pela ETAR de Penedo Gordo, bem como a estimativa orçamental dos defletores a serem instalados nas lagoas da estação.
- Análise dos custos ao longo da vida útil das propostas apresentadas, para ambas as ETAR.
- Atualização do estudo com base nos mapas de zonas sensíveis a micropoluentes. Adaptação das recomendações e estratégias assim que forem disponibilizados os mapas oficiais de zonas sensíveis a estes poluentes emergentes, conforme previsto pela Diretiva (EU) 2024/3019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Portuguesa do Ambiente. 2021. "Relatório do Estado do Ambiente em Portugal".
———. 2024. "Relatório do Estado do Ambiente 2024".
https://rea.apambiente.pt/sites/default/files/rea/REA_2024_Final_22_out_2024.pdf.
- "ÁguaQueUne". s.d. Acedido a 7 de junho de 2025.
https://sigims.edia.pt/ediaportal/apps/experiencebuilder/experience/?id=f79a8ba01b4140dda8f983bcd2a3fca3#data_s=id%3AdataSource_1-193bc052b90-layer-2-95-87%3A52.
- Águas do Porto. s.d. "ETAR do Freixo instala 242 painéis fotovoltaicos e reduz consumo energético | Águas e Energia do Porto, EM". Acedido a 6 de junho de 2025.
<https://aguasdoporto.pt/noticias/etar-do-freixo-instala-242-paineis-fotovoltaicos-e-reduz-consumo-energetico>.
- "Águas residuais urbanas | Relatório do Estado do Ambiente". s.d. Acedido a 5 de junho de 2025.
<https://rea.apambiente.pt/content/%C3%A1guas-residuais-urbanas?language=pt-pt>.
- AICEP. 2025. "Primeiro projeto de produção de biometano em Portugal". AICEP. 2025. Acedido a 7 de junho de 2025. <https://portugalglobal.pt/noticias/2025/marco/primeiro-projeto-de-producao-de-biometano-em-portugal/>.
- Bacian, Izabela. 2022. "Revision of the urban waste water treatment directive".
- Badhofer, Ana. 2023. "Quaternary Treatment According to the Proposal for a Recast of the EU Urban Wastewater Treatment Directive and Its Monetary Implications for Candidate Countries (e.g. Serbia)".
- BCSD Portugal. s.d. "Água Potável e Saneamento • ODS - BCSD Portugal". Acedido a 5 de junho de 2025. <https://ods.pt/objectivos/6-agua-e-saneamento/>.
- Bernardes, Júlio. s.d. "Entender como bactérias interagem com fósforo pode melhorar tratamento de esgotos – Jornal da USP". Acedido a 6 de junho de 2025. <https://jornal.usp.br/ciencias/entender-como-bacterias-interagem-com-fosforo-pode-melhorar-tratamento-de-esgotos/>.
- Botica, André Henrique Patrício. 2012. "Redes de Drenagem de Águas Residuais Domésticas em Edifícios".
- Burian, Steven, Stephan Nix, S. Durrans, Robert Pitt, Chi-Yuan Fan, e Richard Field. 1999. "Historical Development of Wet-Weather Flow Management", 1999.
- Calabrò, Paolo S., Domenica Pangallo, e Demetrio Antonio Zema. 2024. "Wastewater treatment in lagoons: A systematic review and a meta-analysis". *Journal of Environmental Management* 359, maio: 120974. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120974>.
- Cardoso, Bruno J., Eugénio Rodrigues, Adélio R. Gaspar, e Álvaro Gomes. 2021. "Energy performance factors in wastewater treatment plants: A review". *Journal of Cleaner Production* 322, novembro: 129107. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129107>.
- Carmo dos Santos, Matheus, Ana Clara Cerqueira Silva, Carine dos Reis Teixeira, Filipe Pinheiro Macedo Prazeres, Rosângela Fernandes dos Santos, Carolina de Araújo Rolo, Emanuelle de Souza Santos, et al. 2024. "Wastewater surveillance for viral pathogens: A tool for public health". *Heliyon* 10, no.13: e33873. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33873>.
- CETESB. 2018. "SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE Secretário".
<https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/11/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas-T3.pdf>.
- Comissão Europeia. *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT EVALUATION of the Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991, concerning urban waste-water treatment*.
———. 2020. "RELATÓRIO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU, AO CONSELHO, AO COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL EUROPEU E AO COMITÉ DAS REGIÕES".

- {SWD(2020) 145 final}. Acedido a 16 de junho de 2025. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0492>.
- . *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPACT ASSESSMENT Accompanying the document Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council concerning urban wastewater treatment (recast)*.
- . *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning urban wastewater treatment (recast)*.
- . 2024. "21-27 Sustainable water management". 2024. Acedido a 14 de junho de 2025. <https://cohesiondata.ec.europa.eu/stories/s/21-27-Sustainable-water-management/ehce-gj6d/>.
- Concurso Público. 2022. "13593/2022 - Fornecimento de dois Arejadores Flutuantes d...". 2022. Acedido a 18 de junho de 2025. <https://my.alertaconcursospublicos.pt/concursos/25163>.
- Cudell, Gustavo. s.d. "Manual de instalação de rega".
- "DARU: luz verde à nova diretiva de águas residuais urbanas". s.d. Acedido a 5 de junho de 2025. <https://www.industriaeambiente.pt/noticias/aguas-residuais-urbanas-novas-regras/>.
- DHI. 2024. "WEST | Wastewater Process Modelling Software". DHI. 2 de abril de 2024. Acedido a 20 de junho de 2025. <https://www.dhigroup.com/technologies/mikepoweredbydhi/west>.
- EDP. s.d. "Como funciona um painel solar fotovoltaico?". EDP Comercial. Acedido a 6 de junho de 2025. <https://www.edp.pt/particulares/content-hub/como-funciona-um-painel-fotovoltaico/>.
- European Commission. s.d. "JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission". Acedido a 18 de junho de 2025. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/.
- European Court of Auditors. 2021. "Special Report No 12/2021 – The Polluter Pays Principle: Inconsistent application across EU environmental policies and actions".
- European Environment Agency. 2018. "European waters Assessment of status and pressures 2018".
- Gerador de Preços. s.d. "Impermeabilização de cobertura de aterro, com geotêxtil e geomembrana". Impermeabilização de cobertura de aterro, com geotêxtil e geomembrana. Acedido a 17 de junho de 2025. https://geradordeprecos.info/espacos_urbanos/Isolamentos_e_impermeabilizacoes/Impermeabilizacoes/Aterros/NIV010_Impermeabilizacao_de_cobertura_de_a_0_0_0_0_0_3_0_0_0_0_0_0_0_0_0.html.
- HACH. s.d. "Azoto - Descrição geral dos parâmetros de qualidade da água e produtos | Hach". Acedido a 6 de junho de 2025. <https://pt.hach.com/parameters/nitrogen>.
- Hopkins, John N N. 2007. "THE CLOACA MAXIMA AND THE MONUMENTAL MANIPULATION OF WATER IN ARCHAIC ROME".
- Kardos, Máté Krisztián, Miklós Patziger, Zsolt Jolánkai, e Adrienne Clement. 2025. "The new urban wastewater treatment directive from the perspective of the receiving rivers' quality". *Environmental Sciences Europe* 37, no.1: 10. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-01040-2>.
- Maktabifard, Mojtaba, Ewa Zaborowska, e Jacek Makinia. 2018. "Achieving Energy Neutrality in Wastewater Treatment Plants through Energy Savings and Enhancing Renewable Energy Production". *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 17, no.4: 655–89. <https://doi.org/10.1007/s11157-018-9478-x>.
- Matos, José de Saldanha. s.d. "Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano".
- Mealhada, Câmara Municipal da. s.d. "Estações de Tratamento de Águas Residuais - ETAR's". Câmara Municipal de Mealhada. Acedido a 6 de junho de 2025. https://www.cm-mealhada.pt/menu/905/estacoes_de_tratamento_de_aguas_residuais_etar%E2%80%99s.
- Metcalf & Eddy. 2002. "Wastewater Engineering Treatment and Reuse (Fourth Edition)".
- Monte, Helena Marecos do, Maria Teresa Loureiro dos Santos, Ana Barreiros, e António Albuquerque. 2016. "Tratamento de águas residuais: operações e processos de tratamento físico e químico.". Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa; Universidade da Beira Interior. <https://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/documents/ct5-trataguasresiduais.pdf>.

- OCDE. 2016. *Princípios de Governo das Sociedades do G20/OCDE*. OECD Publishing. Acedido a 13 de junho de 2025. <https://doi.org/10.1787/9789264259195-pt>.
- Organização Mundial da Saúde. 2024. "Progresso na proporção de fluxos de águas residuais domésticas e industriais tratados com segurança: situação intermediária do indicador 6.3.1 dos ODS e necessidades de aceleração, com foco especial em mudanças climáticas, reuso de águas residuais e saúde". https://www.unwater.org/sites/default/files/2024-08/SDG6_Indicator_Report_631_Progress-on-Wastewater-Treatment_2024_EN_0.pdf.
- Parlamento e Conselho Europeu. *Directiva 91/271/CEE do Conselho, de 21 de Maio de 1991, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas*.
- . *DIRECTIVA 98/15/CE DA COMISSÃO de 27 de Fevereiro de 1998 que altera a Directiva 91/271/CEE no que respeita a determinados requisitos estabelecidos no seu anexo I*.
- . *Directiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de dezembro de 2024, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (reformulação)*.
- "Penedo Gordo (Beja, Beja District, Portugal) - Population Statistics, Charts, Map, Location, Weather and Web Information". s.d. Acedido a 6 de junho de 2025. https://citypopulation.de/en/portugal/beja/beja/025581__penedo_gordo/.
- Presidência do Conselho de Ministros. 2019. "Decreto-Lei n.º 119/2019 | DR". 21 de agosto de 2019. Acedido a 16 de junho de 2025. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/119-2019-124097549>.
- República Portuguesa. s.d. "Água que Une Estratégia nacional para a gestão da água".
- Santos, Cristina. 2023. "Tratamento de Água e de Águas Residuais: Manual de Apoio". Text.Chapter. Publicações FEUP. 2023. Acedido a 6 de junho de 2025. <https://doi.org/10.24840/978-972-752-302-3>.
- Silva, Manuel Osvaldo Senra Álvares da. 2009. "Revista AIDS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica", 2009.
- Skalska-Tuomi, Kinga, Laura Kaijanen, José María Monteagudo, e Mika Mänttari. 2025. "Efficient removal of pharmaceuticals from wastewater: Comparative study of three advanced oxidation processes". *Journal of Environmental Management* 375, fevereiro: 124276. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124276>.
- "Taxa de câmbio de mil Dólares americanos para Euros. Converta USD/EUR". s.d. Wise. Acedido a 18 de junho de 2025. <https://wise.com/br/currency-converter/usd-to-eur-rate?amount=1000>.
- Vaishali, Pooja Mary, e Nisha Boopathy. s.d. "Edwin Chadwick: A Pioneer of Public Health Reform and His Role in Sanitary Awakening". *Cureus* 16, no.9: e68858. <https://doi.org/10.7759/cureus.68858>.
- Verlicchi, P., M. Al Aukidy, A. Galletti, E. Zambello, G. Zanni, e L. Masotti. 2012. "A project of reuse of reclaimed wastewater in the Po Valley, Italy: Polishing sequence and cost benefit analysis". *Journal of Hydrology* 432–433, abril: 127–36. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.02.024>.
- Vizinho, André, David Avelar, Cristina Branquinho, Tiago Capela Lourenço, Silvia Carvalho, Alice Nunes, Leonor Sucena-Paiva, et al. 2021. "Framework for Climate Change Adaptation of Agriculture and Forestry in Mediterranean Climate Regions". *Land* 10, no.2: 161. <https://doi.org/10.3390/land10020161>.
- Von Sperling, Marcos. 2005. "Modelling of coliform removal in 186 facultative and maturation ponds around the world". *Water Research* 39, no.20: 5261–73. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.10.016>.
- Wałęga, Andrzej, Krzysztof Chmielowski, e Dariusz Młyński. 2019. "Nitrogen and Phosphorus Removal from Sewage in Biofilter – Activated Sludge Combined Systems". *Polish Journal of Environmental Studies* 28, no.3: 1939–47. <https://doi.org/10.15244/pjoes/89898>.
- Yang, Lei, Xiaohui Jin, Yawei Hu, Mingqi Zhang, Huihui Wang, Qian Jia, e Yafei Yang. 2023. "Technical structure and influencing factors of nitrogen and phosphorus removal in constructed wetlands". *Water Science and Technology* 89, no.2: 271–89. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.414>.

Zandaryaa, Sarantuyaa, Ali Fares, e Gabriel Eckstein. 2025. *Emerging Pollutants: Protecting Water Quality for the Health of People and the Environment*. Acedido a 5 de junho de 2025. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000393244?posInSet=1&queryId=914ad12b-8da0-49f9-977d-1caabfc8f80b>.

Anexos

ANEXO A.1. FATURAS DE ENERGIA ETAR DA MEALHADA



Contém assinatura digital

sueletricidade.pt

Pagamentos
800 205 000
24h (grátis)

Avárias I E-REDES
800 506 506
24h (grátis)

Linha de apoio ao cliente
210 540 549
Dias úteis das 8-20h (rede fixa nacional)

Página 1 de 3

U602112000509188

Documento nº: 112000509188
Data de emissão: 1 abr 2025
Período de faturação: 1 mar 2025 até 28 mar 2025

MUNICIPIO DE MEALHADA
LARGO MUNICIPIO , 1
MEALHADA
3054-001 MEALHADA

**4 642,97 €**
Eletricidade

+

**1 118,23 €**
Taxas, Impostos e CAV

Valor da fatura
5 761,20 €

**Os meus dados**
Contrato

**Os meus alertas**

Títular: MUNICIPIO DE MEALHADA
NIF: 506792382
Contrato: BA01676001
CPE: PT 0002 000 068 369 402 GL
Tarifa: Média Tensão
Ciclo horário: Semanal
Potência contratada: 87,95 kW
Morada da instalação:
ESTRADA NACIONAL 1 , 9001 -- ETAR
3050-382 MEALHADA

Sem alertas

SUPT602-112000509188 - PROCESSADO POR COMPUTADOR - CONSERVE ESTE DOCUMENTO
SUELETRICIDADE, S.A. - Sede Social: Rua Dom Luís I, 12, 1249-008 Lisboa
Capital Social: 10 110 110 euros - Registrada na CRC de Lisboa - Matrícula: NIPC 507 846 044

Consigo gerir o contrato da luz onde e quando quero
Em [sueletricidade.pt](#) posso:
✓ Ver e pagar faturas
✓ Atualizar contactos
✓ Ver consumos



Consumos		Elementos medidos		Instalação
Descrição	Consumo registado	Perdas trans.	Total	
Consumo 1 mar a 28 mar 2025				Potência Instalada: 100.00 kVA
Energia ativa				Potência requisitada: 75.00 kVA
Vazio normal	10602 kWh	166,18 kWh	10768,18 kWh	Potência tomada em: mai 2024 87,95 kW
Super vazio	6146 kWh	95,71 kWh	6241,71 kWh	Fator potência: 0,91
Ponta	5751 kWh	90,28 kWh	5841,28 kWh	Total ativa no período: 38479 kWh
Cheias	15384 kWh	244,08 kWh	15628,08 kWh	
Potência tomada vazio	73,00 kW	1,10 kW	74,10 kW	
Reativa consumida fora vazio	7544 kVarh	2072,78 kVarh	9616,78 kVarh	
Reativa fornecida vazio	32 kVarh	32,25 kVarh	-0,25 kVarh	

Eletricidade		1 abril 2025	
Fatura nº SUFT K2504/11001763868 ATCUD: JJ32TBKV-11001763868		Dkfi - Processado por programa certificado nº 631/AT	
Descrição	Quantidade	X	Preço = Valor IVA
Energia ativa			
Vazio normal 1 mar a 28 mar 2025	10768 kWh	0,0975 €	1 049,88 € 23 %
Super vazio 1 mar a 28 mar 2025	6242 kWh	0,0868 €	541,81 € 23 %
Ponta 1 mar a 28 mar 2025	5841 kWh	0,1229 €	717,86 € 23 %
Cheias 1 mar a 28 mar 2025	15628 kWh	0,1151 €	1 798,78 € 23 %
Energia reativa			
Escalão 1 1 mar a 28 mar 2025	1990 kVarh	0,0084 €	16,72 € 23 %
Escalão 2 1 mar a 28 mar 2025	1087 kVarh	0,0252 €	27,39 € 23 %
Escalão 3 1 mar a 28 mar 2025	99 kVarh	0,0756 €	7,48 € 23 %
Vazio 1 mar a 28 mar 2025	0 kVarh	0,0189 €	0,00 € 23 %
Descrição	Dias	X	Quantidade X Preço = Valor IVA
Potência contratada			
1 mar a 28 mar 2025	28 dias		87,95 kW 0,0398 € 98,01 € 23 %
Potência horas de ponta			
1 mar a 28 mar 2025	28 dias		58,41 kW 0,2291 € 374,69 € 23 %
Termo tarifário fixo			
1 mar a 28 mar 2025	28 dias		0,3697 € 10,35 € 23 %
ELETRICIDADE (S/IVA)			4 642,97 €

Taxas e Impostos		1 abril 2025	
Fatura nº SUFT K2504/11001763868 ATCUD: JJ32TBKV-11001763868		Dkfi - Processado por programa certificado nº 631/AT	
Descrição	Quantidade	X	Preço = Valor IVA
Imposto Especial Consumo Eletricidade	38479 kWh	0,0010 €	38,48 € 23 %
IVA Normal (4 642,97 € + 38,48 €)	4681,45 €	23 %	1 076,73 €
TAXAS E IMPOSTOS			1 115,21 €
ELETRICIDADE + TAXAS E IMPOSTOS			5 758,18 €

Esta fatura inclui o valor global da tarifa de acesso às redes de 1206,95 €, com um preço de 0,0176 € por kWh (componente de energia) e 0,1345 € por dia (componente de potência), que incluem os Custos de Interesse Económico Geral (CIEG) no valor de 555,20 €. Valores independentes do comercializador. O valor global das tarifas de energia e de comercialização desta fatura é de 3436,02 €.

Nota: os valores acima não incluem IVA.

continua na página seguinte ->

Contribuição Audiovisual (CAV)		1 abril 2025			
Fatura nº SUFT K25C4/94101612022 ATCUD: JJ38TB9M-94101612022		7yhV - Processado por programa certificado nº 631/AT			
Descrição	Quantidade	X	Preço	=	Valor IVA
CAV	1 mês		2,85 €		2,85 € 6 %
IVA reduzido (2,85 €)	2,85 €		6 %		0,17 €
CAV					3,02 €

VALOR DA FATURA

5 761,20 €

Eletricidade

ATCUD: JJ32TBKV-11001763868



Contribuição audiovisual

ATCUD: JJ38TB9M-94101612022



Para que servem estes QR-Codes?

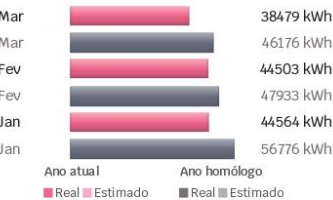
Os QR Codes servem para registar e validar a sua fatura na app e-fatura. Enviamos automaticamente a informação da fatura depois do encerramento contabilístico de cada mês.



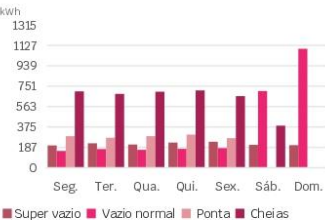
O meu desempenho energético

Como tem evoluído o meu consumo?

Em 2024 o seu consumo foi de 512518 kWh



Qual o meu consumo por período horário?



Sabia que...

Neste período de faturação a média do consumo dos clientes com o mesmo nível de tensão foi de 11023 kWh. Saiba mais sobre o seu consumo de energia, qual a tarifa mais adequada para si e dicas para utilização mais eficiente de energia na sua área reservada.

De onde vem a minha eletricidade?

4º trimestre de 2024



A emissão de CO2 associado ao consumo de energia desta fatura é de 7 099,38 kg



Informação útil

Saiba como poupar na sua fatura
[sueletricidade.pt](#)

Faça a simulação da melhor tarifa
[poupaenergia.pt](#) e em [simulador.precos.erse.pt](#)

Saiba mais sobre a origem da nossa energia
[sueletricidade.pt](#) e em [simulador.rotulagem.erse.pt](#)

Zona da qualidade de serviço: C
O RRC define 3 padrões de qualidade para a continuidade do fornecimento de energia em cada local, variando conforme o número e duração total das interrupções.

Taxa DGE
Corresponde à taxa de utilização e exploração das instalações elétricas e é paga ao Estado.

Imposto Especial de Consumo de Eletricidade
É integrado na subcategoria de imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos.

Evite atrasos no pagamento
Caso não pague, pode ter de pagar juros de mora, ser alvo de corte de eletricidade ou, não conseguir mudar de comercializador (acordo com os termos legais e regulamentares).

Pode fazer as suas reclamações
Através do livro de reclamações em [livroreclamacoes.pt](#) e nas lojas SU ELETRICIDADE.

Para informações sobre litígios
Consulte os procedimentos aplicáveis e a lista de entidades competentes disponível no seu contrato de energia em [sueletricidade.pt](#) ou [consumidor.gov.pt](#)

Termo do seu contrato
O termo do seu contrato encontra-se dependente de um procedimento concursal com vista à sua transferência para comercializador em regime de mercado, aguardando-se nesta data a necessária regulamentação por parte da ERSE.



Contém assinatura digital

sueletricidade.pt

Página 1 de 3

Pagamentos
800 205 000
24h (grátis)

Avarias | E-REDES
800 506 506
24h (grátis)

Linha de apoio ao cliente
210 540 549
Dias úteis das 8-20h (rede fixa nacional)

U602122000472846

Documento nº: 122000472846

Data de emissão: 3 mar 2025

Período de faturação: 29 jan 2025 até 28 fev 2025

MUNICIPIO DE MEALHADA
LARGO MUNICIPIO , 1
MEALHADA
3054-001 MEALHADA



5 443,27 €

Eletricidade

+



1 309,71 €

Taxas, Impostos e
CAV

Valor da fatura

6 752,98 €



Os meus dados

Contrato

Títular: MUNICIPIO DE MEALHADA

NIF: 506792382

Contrato: B401676001

CPE: PT 0002 000 068 369 402 GL

Tarifa: Média Tensão

Ciclo horário: Semanal

Potência contratada: 87,95 kW

Morada da instalação:

ESTRADA NACIONAL 1 , 9001 -- ETAR

3050-382 MEALHADA



Os meus alertas



Sem alertas

SUET602-122000472846 - PROCESSADO POR COMPUTADOR - CONSERVE ESTE DOCUMENTO
SUELETRICIDADE, S.A. - Sede Social: Rua Dom Luís I, 12, 1349-008 Lisboa
Capital Social: 10 110 110 euros - Registada na CRC de Lisboa - Matrícula: NIPC 507 846 044

Consigo gerir o contrato da luz onde e quando quero

Em sueletricidade.pt posso:

- ✓ Ver e pagar faturas
- ✓ Atualizar contactos
- ✓ Ver consumos



Consumos		Elementos medidos		Instalação
Descrição	Consumo registado	Perdas trans.	Total	
Consumo 29 jan a 28 fev 2025				Potência Instalada: 100.00 kVA
Energia ativa				Potência requisitada: 75.00 kVA
Vazio normal	11685 kWh	185,90 kWh	11870,90 kWh	Potência tomada em: mai 2024 87,95 kW
Super vazio	6936 kWh	110,14 kWh	7046,14 kWh	Fator potência: 0,89
Ponta	7005 kWh	111,33 kWh	7116,33 kWh	Total ativa no período: 44503 kWh
Cheias	18180 kWh	289,95 kWh	18469,95 kWh	
Potência tomada vazio	74,00 kW	1,11 kW	75,11 kW	
Reativa consumida fora vazio	10282 kVarh	2488,68 kVarh	12770,68 kVarh	
Reativa fornecida vazio	10 kVarh	10,00 kVarh	0,00 kVarh	

Eletricidade		3 março 2025	
Fatura nº SUFT K2504/11001116674 ATCUD: JJ32TBKV-11001116674		3pXE - Processado por programa certificado nº 631/AT	
Descrição	Quantidade	X	Preço = Valor IVA
Energia ativa			
Vazio normal 29 jan a 28 fev 2025	11871 kWh	0,0975 €	1 157,42 € 23 %
Super vazio 29 jan a 28 fev 2025	7046 kWh	0,0868 €	611,59 € 23 %
Ponta 29 jan a 28 fev 2025	7116 kWh	0,1229 €	874,56 € 23 %
Cheias 29 jan a 28 fev 2025	18470 kWh	0,1151 €	2 125,90 € 23 %
Energia reativa			
Escalão 1 29 jan a 28 fev 2025	2492 kVarh	0,0084 €	20,93 € 23 %
Escalão 2 29 jan a 28 fev 2025	2051 kVarh	0,0252 €	51,69 € 23 %
Escalão 3 29 jan a 28 fev 2025	552 kVarh	0,0756 €	41,73 € 23 %
Vazio 29 jan a 28 fev 2025	0 kVarh	0,0189 €	0,00 € 23 %
Descrição	Dias	X	Quantidade X Preço = Valor IVA
Potência contratada			
29 jan a 28 fev 2025	31 dias		87,95 kW 0,0398 € 108,51 € 23 %
Potência horas de ponta			
29 jan a 28 fev 2025	31 dias		61,88 kW 0,2291 € 439,48 € 23 %
Termo tarifário fixo			
29 jan a 28 fev 2025	31 dias		0,3697 € 11,46 € 23 %
ELETRICIDADE (S/IVA)			5 443,27 €

Taxas e Impostos		3 março 2025	
Fatura nº SUFT K2504/11001116674 ATCUD: JJ32TBKV-11001116674		3pXE - Processado por programa certificado nº 631/AT	
Descrição	Quantidade	X	Preço = Valor IVA
Imposto Especial Consumo Eletricidade	44503 kWh	0,0010 €	44,50 € 23 %
IVA Normal (5 443,27 € + 44,50 €)	5487,77 €	23 %	1 262,19 €
TAXAS E IMPOSTOS			1 306,69 €
ELETRICIDADE + TAXAS E IMPOSTOS			6 749,96 €

Esta fatura inclui o valor global da tarifa de acesso às redes de 1455,80 €, com um preço de 0,0183 € por kWh (componente de energia) e 0,1345 € por dia (componente de potência), que incluem os Custos de Interesse Económico Geral (CIEG) no valor de 669,67 €. Valores independentes do comercializador. O valor global das tarifas de energia e de comercialização desta fatura é de 3987,48 €.

Nota: os valores acima não incluem IVA.

continua na página seguinte ->

Contribuição Audiovisual (CAV)					
Fatura nº SUFT K25C4/94101019957 ATCUD: JJ38TB9M-94101019957			3 março 2025		
1NFy - Processado por programa certificado nº 631/AT					
Descrição	Quantidade	X	Preço	=	Valor IVA
CAV	1 mês		2,85 €		2,85 € 6 %
IVA reduzido (2,85 €)	2,85 €		6 %		0,17 €
CAV					3,02 €

VALOR DA FATURA

6 752,98 €

Eletricidade

ATCUD: JJ32TBKV-11001116674



Contribuição audiovisual

ATCUD: JJ38TB9M-94101019957



Para que servem estes QR-Codes?

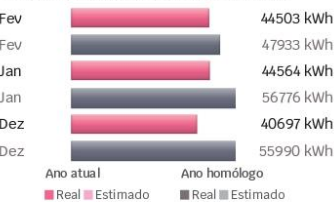
Os QR Codes servem para registar e validar a sua fatura na app e-fatura. Enviamos automaticamente a informação da fatura depois do encerramento contabilístico de cada mês.



O meu desempenho energético

Como tem evoluído o meu consumo?

Em 2024 o seu consumo foi de 512518 kWh



Qual o meu consumo por período horário?



De onde vem a minha eletricidade?



A emissão de CO2 associado ao consumo de energia desta fatura é de 8 214,36 kg



Informação útil

Saiba como poupar na sua fatura
sueletricidade.pt

Faça a simulação da melhor tarifa
poupaenergia.pt e em simulador.precos.erse.pt

Saiba mais sobre a origem da nossa energia
sueletricidade.pt e em simulador.rotulagem.erse.pt

Zona da qualidade de serviço: C
O RRC define 3 padrões de qualidade para a continuidade do fornecimento de energia em cada local, variando conforme o número e duração total das interrupções.

Taxa DGEG
Corresponde à taxa de utilização e exploração das instalações elétricas e é paga ao Estado.

Imposto Especial de Consumo de Eletricidade
É integrado na subcategoria de imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos.

Evite atrasos no pagamento
Caso não pague, pode ter de pagar juros de mora, ser alvo de corte de eletricidade ou, não conseguir mudar de comercializador (acordo com os termos legais e regulamentares).

Pode fazer as suas reclamações
Através do livro de reclamações em livroreclamacoes.pt e nas lojas SU ELETRICIDADE.

Para informações sobre litígios
Consulte os procedimentos aplicáveis e a lista de entidades competentes disponível no seu contrato de energia em sueletricidade.pt ou consumidor.gov.pt

Termo do seu contrato
O termo do seu contrato encontra-se dependente de um procedimento concorrencial com vista à sua transferência para comercializador em regime de mercado, aguardando-se nesta data a necessária regulamentação por parte da ERSE.



Contém assinatura digital

sueletricidade.pt

Página 1 de 4

Pagamentos
800 205 000
24h (grátis)

Avarias | E-REDES
800 506 506
24h (grátis)

Linha de apoio ao cliente
210 540 549
Dias úteis das 8-20h (rede fixa nacional)

U602126000467160

Documento nº: 126000467160
Data de emissão: 3 fev 2025
Período de faturação: 29 dez 2024 até 28 jan 2025

MUNICIPIO DE MEALHADA
LARGO MUNICIPIO , 1
MEALHADA
3054-001 MEALHADA


5 358,76 €
Eletricidade

+


1 290,34 €
Taxas, Impostos e
CAV

Valor da fatura
6 649,10 €



Os meus dados

Contrato

Titular: MUNICIPIO DE MEALHADA
NIF: 506792382
Contrato: B401676001
CPE: PT 0002 000 068 369 402 GL
Tarifa: Média Tensão
Ciclo horário: Semanal
Potência contratada: 97,12 kW
Morada da instalação:
ESTRADA NACIONAL 1 , 9001 -- ETAR
3050-382 MEALHADA



Os meus alertas



A ERSE aprovou novas tarifas e preços para 2025
Para mais informações consulte sueletricidade.pt

SUFT602-126000467160 - PROCESSADO POR COMPUTADOR - CONSERVE ESTE DOCUMENTO
SUELETRICIDADE, S.A. - Sede Social: Rua Dom Luís I, 12, 1349-008 Lisboa
Capital Social: 10 110 110 euros - Registada na CRC de Lisboa - Matrícula: NIPC 507 846 044

Sabe como identificar uma fraude?

Aprenda com a ajuda
do nosso quiz!

Quiz disponível em sueletricidade.pt

Consumos				Elementos medidos	Instalação	
Descrição	Consumo registado	Perdas trans.	Total			
Consumo 29 dez a 31 dez 2024					Potência Instalada: 100.00 kVA	
Energia ativa					Potência requisitada: 75.00 kVA	
Vazio normal	1332 kWh	19,29 kWh	1351,29 kWh		Potência tomada em: fev 2024 97,12 kW	
Super vazio	585 kWh	8,48 kWh	593,48 kWh		Fator potência: 0,91	
Ponta	566 kWh	9,23 kWh	575,23 kWh		Total ativa no período: 44564 kWh	
Cheias	1317 kWh	20,89 kWh	1337,89 kWh			
Reativa consumida fora vazio	758 kVarh	185,75 kVarh	943,75 kVarh			
Reativa fornecida vazio	1 kVarh	1,00 kVarh	0,00 kVarh			
Consumo 1 jan a 28 jan 2025						
Energia ativa						
Vazio normal	12416 kWh	201,82 kWh	12617,82 kWh			
Super vazio	6420 kWh	101,99 kWh	6521,99 kWh			
Ponta	5797 kWh	92,75 kWh	5889,75 kWh			
Cheias	15429 kWh	248,34 kWh	15677,34 kWh			
Reativa consumida fora vazio	7604 kVarh	2096,08 kVarh	9700,08 kVarh			
Reativa fornecida vazio	22 kVarh	22,25 kVarh	-0,25 kVarh			
Potência tomada 29 dez 2024 a 28 jan 2025						
Potência tomada vazio	84,00 kW	1,91 kW	85,91 kW			

Eletricidade				3 fevereiro 2025		
Fatura nº SUFT K2504/11000630950 ATCUD: JJ32TBKV-11000630950				6lbc - Processado por programa certificado nº 631/AT		
Descrição	Quantidade	X	Preço	=	Valor	IVA
Energia ativa						
Vazio normal 29 dez a 31 dez 2024	1351 kWh		0,0956 €		129,16 €	23 %
Vazio normal 1 jan a 28 jan 2025	12618 kWh		0,0975 €		1 230,26 €	23 %
Super vazio 29 dez a 31 dez 2024	593 kWh		0,0850 €		50,41 €	23 %
Super vazio 1 jan a 28 jan 2025	6522 kWh		0,0868 €		566,11 €	23 %
Ponta 29 dez a 31 dez 2024	575 kWh		0,1213 €		69,75 €	23 %
Ponta 1 jan a 28 jan 2025	5890 kWh		0,1229 €		723,88 €	23 %
Cheias 29 dez a 31 dez 2024	1338 kWh		0,1132 €		151,46 €	23 %
Cheias 1 jan a 28 jan 2025	15677 kWh		0,1151 €		1 804,42 €	23 %
Dividimos o seu consumo devido a alteração(ões) de preço.						
Energia reativa						
Escalão 1 29 dez a 31 dez 2024	191 kVarh		0,0084 €		1,60 €	23 %
Escalão 1 1 jan a 28 jan 2025	1929 kVarh		0,0084 €		16,20 €	23 %
Escalão 2 29 dez a 31 dez 2024	176 kVarh		0,0252 €		4,44 €	23 %
Escalão 2 1 jan a 28 jan 2025	1157 kVarh		0,0252 €		29,16 €	23 %
Escalão 3 29 dez a 31 dez 2024	3 kVarh		0,0756 €		0,23 €	23 %
Escalão 3 1 jan a 28 jan 2025	166 kVarh		0,0756 €		12,55 €	23 %
Vazio 29 dez a 31 dez 2024	0 kVarh		0,0189 €		0,00 €	23 %
Vazio 1 jan a 28 jan 2025	0 kVarh		0,0189 €		0,00 €	23 %
Descrição	Dias	X	Quantidade	X	Preço	= Valor IVA
Potência contratada						
29 dez a 31 dez 2024	3 dias		97,12 kW		0,0465 €	13,55 € 23 %
Potência contratada						
1 jan a 28 jan 2025	28 dias		97,12 kW		0,0398 €	108,23 € 23 %
Potência horas de ponta						
29 dez a 31 dez 2024	3 dias		61,57 kW		0,2258 €	41,71 € 23 %
Potência horas de ponta						

continua na página seguinte ->



Descrição	Dias	X	Quantidade	X	Preço	=	Valor	IVA
1 jan a 28 jan 2025	28 dias		61,57 kW		0,2291 €		394,96 €	23 %
Termo tarifário fixo								
29 dez a 31 dez 2024	3 dias				0,1109 €		0,33 €	23 %
Termo tarifário fixo								
1 jan a 28 jan 2025	28 dias				0,3697 €		10,35 €	23 %
ELETRICIDADE (S/IVA)							5 358,76 €	

Taxas e Impostos					3 fevereiro 2025			
Fatura nº SUFT K2504/11000630950 ATCUD: JJ32TBKV-11000630950					6lbc - Processado por programa certificado nº 631/AT			
Descrição	Quantidade	X	Preço	=	Valor	IVA		
Imposto Especial Consumo Eletricidade	44564 kWh		0,0010 €		44,56 €	23 %		
IVA Normal (5 358,76 € + 44,56 €)	5403,32 €		23 %		1 242,76 €			
TAXAS E IMPOSTOS						1 287,32 €		

ELETRICIDADE + TAXAS E IMPOSTOS 6 646,08 €

Esta fatura inclui o valor global da tarifa de acesso às redes de 1418,04 €, com um preço de 0,0178 € por kWh (componente de energia) e 0,1346 € por dia (componente de potência), que incluem os Custos de Interesse Económico Geral (CIEG) no valor de 625,78 €. Valores independentes do comercializador. O valor global das tarifas de energia e de comercialização desta fatura é de 3940,72 €.

Nota: os valores acima não incluem IVA.

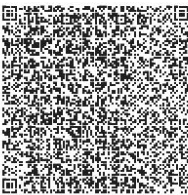
Contribuição Audiovisual (CAV)					3 fevereiro 2025			
Fatura nº SUFT K25C4/94100579017 ATCUD: JJ38TB9M-94100579017					jCUS - Processado por programa certificado nº 631/AT			
Descrição	Quantidade	X	Preço	=	Valor	IVA		
CAV	1 mês		2,85 €		2,85 €	6 %		
IVA reduzido (2,85 €)	2,85 €		6 %		0,17 €			
CAV						3,02 €		

VALOR DA FATURA 6 649,10 €

Eletricidade
ATCUD: JJ32TBKV-11000630950



Contribuição audiovisual
ATCUD: JJ38TB9M-94100579017



Para que servem estes QR-Codes?

Os QR Codes servem para registar e validar a sua fatura na app e-fatura. Enviamos automaticamente a informação da fatura depois do encerramento contabilístico de cada mês.





Contém assinatura digital

sueletricidade.pt

Página 1 de 3

Pagamentos
800 205 000
24h (grátis)

Avarias | E-REDES
800 506 506
24h (grátis)

Linha de apoio ao cliente
210 540 549
Dias úteis das 8-20h (rede fixa nacional)

U602136000443106

Documento nº: 136000443106
Data de emissão: 2 jan 2025
Período de faturação: 29 nov 2024 até 28 dez 2024

MUNICIPIO DE MEALHADA
LARGO MUNICIPIO , 1
MEALHADA
3054-001 MEALHADA



4 903,05 €
Eletricidade

+



1 180,78 €
Taxas, Impostos e
CAV

Valor da fatura

6 083,83 €



Os meus dados

Contrato

Titular: MUNICIPIO DE MEALHADA
NIF: 506792382
Contrato: B401676001
CPE: PT 0002 000 068 369 402 GL
Tarifa: Média Tensão
Ciclo horário: Semanal
Potência contratada: 100,18 kW
Morada da instalação:
ESTRADA NACIONAL 1 , 9001 -- ETAR
3050-382 MEALHADA



Os meus alertas



A ERSE aprovou novas tarifas e preços para 2025
Para mais informações consulte sueletricidade.pt

SUFT602-136000443106 - PROCESSADO POR COMPUTADOR - CONSERVE ESTE DOCUMENTO
SUELETRICIDADE, S.A. - Sede Social: Rua Dom Luís I, 12, 1249-008 Lisboa
Capital Social: 10 110 110 euros - Registada na CRC de Lisboa - Matrícula: NIPC 507 846 044



Consumos		Elementos medidos		Instalação
Descrição	Consumo registado	Perdas trans.	Total	
Consumo 29 nov a 28 dez 2024				Potência Instalada: 100.00 kVA
Energia ativa				Potência requisitada: 75.00 kVA
Vazio normal	12353 kWh	193,93 kWh	12546,93 kWh	Potência tomada em: jan 2024 100,18 kW
Super vazio	6308 kWh	96,06 kWh	6404,06 kWh	Fator potência: 0,99
Ponta	5758 kWh	92,05 kWh	5850,05 kWh	Total ativa no período: 40697 kWh
Cheias	15647 kWh	248,92 kWh	15895,92 kWh	
Potência tomada vazio	69,00 kW	1,06 kW	70,06 kW	
Reativa consumida fora vazio	2986 kVarh	680,13 kVarh	3666,13 kVarh	
Reativa fornecida vazio	7 kVarh	6,50 kVarh	0,50 kVarh	

Eletricidade				2 janeiro 2025				
Fatura nº SUFT K2504/11000033910 ATCUD: JJ32TBKV-11000033910				kIzj - Processado por programa certificado nº 631/AT				
Descrição	Quantidade	X	Preço	=	Valor	IVA		
Energia ativa								
Vazio normal 29 nov a 28 dez 2024	12547 kWh		0,0956 €		1 199,49 €	23 %		
Super vazio 29 nov a 28 dez 2024	6404 kWh		0,0850 €		544,34 €	23 %		
Ponta 29 nov a 28 dez 2024	5850 kWh		0,1213 €		709,61 €	23 %		
Cheias 29 nov a 28 dez 2024	15896 kWh		0,1132 €		1 799,43 €	23 %		
Energia reativa								
Escalão 1 29 nov a 28 dez 2024	819 kVarh		0,0084 €		6,88 €	23 %		
Escalão 2 29 nov a 28 dez 2024	797 kVarh		0,0252 €		20,08 €	23 %		
Escalão 3 29 nov a 28 dez 2024	1109 kVarh		0,0756 €		83,84 €	23 %		
Vazio 29 nov a 28 dez 2024	1 kVarh		0,0189 €		0,02 €	23 %		
Descrição	Dias	X	Quantidade	X	Preço	=	Valor	IVA
Potência contratada								
29 nov a 28 dez 2024	30 dias		100,18 kW		0,0465 €		139,75 €	23 %
Potência horas de ponta								
29 nov a 28 dez 2024	30 dias		58,50 kW		0,2258 €		396,28 €	23 %
Termo tarifário fixo								
29 nov a 28 dez 2024	30 dias				0,1109 €		3,33 €	23 %
ELETRICIDADE (S/IVA)						4 903,05 €		

Taxas e Impostos					2 janeiro 2025		
Fatura nº SUFT K2504/11000033910 ATCUD: JJ32TBKV-11000033910					kIzj - Processado por programa certificado nº 631/AT		
Descrição	Quantidade	X	Preço	=	Valor	IVA	
Imposto Especial Consumo Eletricidade	40697 kWh		0,0010 €		40,70 €	23 %	
IVA Normal (4 903,05 € + 40,70 €)	4943,75 €		23 %		1 137,06 €		
TAXAS E IMPOSTOS					1 177,76 €		
ELETRICIDADE + TAXAS E IMPOSTOS					6 080,81 €		

Esta fatura inclui o valor global da tarifa de acesso às redes de 1476,62 €, com um preço de 0,0217 € por kWh (componente de energia) e 0,1362 € por dia (componente de potência), que incluem os Custos de Interesse Económico Geral (CIEG) no valor de 398,69 €. Valores independentes do comercializador. O valor global das tarifas de energia e de comercialização desta fatura é de 3426,41 €.

Nota: os valores acima não incluem IVA.

continua na página seguinte ->

Contribuição Audiovisual (CAV)					
Fatura nº SUFT K25C4/94100030926 ATCUD: JJ38TB9M-94100030926			2 janeiro 2025		
			yS+F - Processado por programa certificado nº 631/AT		
Descrição	Quantidade	X	Preço	=	Valor IVA
CAV	1 mês		2,85 €		2,85 € 6 %
IVA reduzido (2,85 €)	2,85 €		6 %		0,17 €
CAV					3,02 €

VALOR DA FATURA 6 083,83 €

Eletricidade
ATCUD: JJ32TBKV-11000033910



Contribuição audiovisual
ATCUD: JJ38TB9M-94100030926



Para que servem estes QR-Codes?

Os QR Codes servem para registar e validar a sua fatura na app e-fatura. Enviamos automaticamente a informação da fatura depois do encerramento contabilístico de cada mês.

O meu desempenho energético

Como tem evoluído o meu consumo?

Em 2024 o seu consumo foi de 508661 kWh



Qual o meu consumo por período horário?



De onde vem a minha eletricidade?

3º trimestre de 2024



A emissão de CO2 associado ao consumo de energia desta fatura é de 7 511,85 kg

Informação útil

Saiba como poupar na sua fatura
sueletricidade.pt

Faça a simulação da melhor tarifa
poupaenergia.pt e em simulador.precos.erse.pt

Saiba mais sobre a origem da nossa energia
sueletricidade.pt e em simulador.rotulagem.erse.pt

Zona da qualidade de serviço: C
O RRC define 3 padrões de qualidade para a continuidade do fornecimento de energia em cada local, variando conforme o número e duração total das interrupções.

Taxa DGE
Corresponde à taxa de utilização e exploração das instalações elétricas e é paga ao Estado.

Imposto Especial de Consumo de Eletricidade
É integrado na subcategoria de imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos.

Evite atrasos no pagamento
Caso não pague, pode ter de pagar juros de mora, ser alvo de corte de eletricidade ou, não conseguir mudar de comercializador (acordo com os termos legais e regulamentares).

Pode fazer as suas reclamações
Através do livro de reclamações em livroreclamacoes.pt e nas lojas SU ELETRICIDADE.

Para informações sobre litígios
Consulte os procedimentos aplicáveis e a lista de entidades competentes disponível no seu contrato de energia em sueletricidade.pt ou consumidor.gov.pt

Termo do seu contrato
O termo do seu contrato encontra-se dependente de um procedimento concursal com vista à sua transferência para comercializador em regime de mercado, aguardando-se nesta data a necessária regulamentação por parte da ERSE.

ANEXO A.2. EXCEL ORÇAMENTO EXEMPLO PROJETO HIDROFUNÇÃO

2.6	TRATAMENTO BIOLÓGICO					€ 222.190,40
2.6.1	Trabalhos preparatórios					
2.6.1.1	Escavação em terreno de qualquer natureza, por quaisquer meios e a qualquer profundidade, incluindo baldeação, drenagem, todas as entivações e contenções necessárias a uma perfeita estabilização das valas, escavações e taludes, eventual rebaixamento do nível freático e todos os trabalhos complementares, drenagem das fundações, de acordo com o especificado no caderno de encargos.	897,70	M3	€ 20,00	€ 17.954,00	
2.6.1.2	Aterro com material escolhido, incluindo compactação adequada, garantindo a tensão de contacto de 250 kPa.	572,20	M3	€ 10,00	€ 5.722,00	
2.6.1.3	Carga, transporte e colocação a depósito e/ou vazadouro licenciado da responsabilidade da Entidade Executante dos produtos sobrantes, incluindo espalhamento.	1077,20	M3	€ 4,00	€ 4.308,80	
2.6.2	Estruturas					
2.6.2.1	Fornecimento e aplicação de betão de limpeza. Inclui todos os trabalhos complementares necessários. Classe: C12/15 X0(P).	12,20	M3	€ 80,00	€ 976,00	
2.6.2.2	Fornecimento e aplicação de betão para enchimentos, incluindo armadura de pele com malha eletrossoldada. Inclui todos os trabalhos complementares necessários. Classe: C20/25 XC2(P) Cl 0.4 Dmax22 S3, A500 ER.	3,30	M3	€ 220,00	€ 726,00	
2.6.2.3	Fornecimento e aplicação de betão armado, incluindo aditivo hidrófugo, cofragem, sistema de suporte, juntas, vibração na betonagem e descofragem. Inclui todos os trabalhos complementares necessários. Classe: C35/45 Dmax22 XC2(P) Cl0.4 S3; A500 NR. A aplicar em:					
2.6.2.3.1	Lajes de Fundação	104,10	M3	€ 440,00	€ 45.804,00	
2.6.2.3.2	Lajes	1,10	M3	€ 440,00	€ 484,00	
2.6.2.3.3	Muros	179,90	M3	€ 440,00	€ 79.156,00	
2.6.3	Revestimentos					
2.6.3.1	Fornecimento e aplicação de revestimento exterior constituído por pintura betuminosa própria para fundações, aplicada em duas camadas, do tipo Inertol F da Sika, ou equivalente.	266,20	M2	€ 5,00	€ 1.331,00	
2.6.3.2	Decapagem de superfícies interiores em betão com jato de água de alta pressão e/ou areia, se necessário, das superfícies a revestir, de acordo com instruções do fornecedor do revestimento interior.	553,80	M2	€ 4,00	€ 2.215,20	

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÓMICA DE SOLUÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DE ETAR FACE AOS NOVOS REQUISITOS DA DARU

2.6.3.3	Fornecimento e aplicação de revestimento interior constituído por revestimento híbrido de base silicato, do tipo Ombran CPS, ou equivalente, com espessura mínima de 4 mm, incluindo reperfilamentos e sobreposições, aplicado de acordo com instruções do fornecedor.	664,50	M2	€ 90,00	€ 59.805,00	
2.6.3.4	Pintura com tinta plástica para exteriores, aplicada em duas demãos de tinta e uma de primário, em superfície devidamente preparada, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares, em cor a definir pelo Dono da Obra. A aplicar:					
2.6.3.4.1	Na estrutura em betão à vista.	70,00	M2	€ 12,00	€ 840,00	
2.6.4	Serralharias					
2.6.4.1	Fornecimento e instalação de tampa, em PRFV, incluindo todos os trabalhos e acessórios complementares. A instalar:					
2.6.4.1.1	No seletor anaeróbio	1,00	UN	€ 310,00	€ 310,00	
2.6.4.2	Fornecimento e instalação de guarda-corpos em PRFV, com barra intermédia e rodapé, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. A aplicar:					
2.6.4.2.1	No seletor anaeróbio	11,60	M	€ 74,00	€ 858,40	
2.6.4.3	Execução de câmara de visita completa, incluindo todos os elementos necessários à perfeita execução da tarefa. Tipo de câmara de visita:					
2.6.4.3.1	H < 1,0 m; L=1,55; C=1,30 m; cobertura plana.	2	UN	€ 850,00	€ 1.700,00	

2.10	EDIFÍCIO DOS BLOWERS + QUADROS ELÉTRICOS					€ 57.642,90
2.10.1	Trabalhos preparatórios					
2.10.1.1	Aterro com material escolhido, incluindo compactação adequada, garantindo a tensão de contacto de 250 kPa.	617,20	M3	€ 10,00	€ 6.172,00	
2.10.2	Estruturas					
2.10.2.1	Fornecimento e aplicação de betão de limpeza. Inclui todos os trabalhos complementares necessários. Classe: C12/15 X0(P).		M3	€ 80,00		
2.10.2.2	Fornecimento e aplicação de betão armado, incluindo aditivo hidrófugo, cofragem, sistema de suporte, juntas, vibração na betonagem e descofragem. Inclui todos os trabalhos complementares necessários. Classe: C35/45 Dmax22 XC2(P) C10.4 S3; A500 NR. A aplicar em:					
2.10.2.2.1	Lajes de Fundação	16,50	M3	€ 440,00	€ 7.260,00	
2.10.2.2.2	Pilares.	1,70	M3	€ 440,00	€ 748,00	

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÓMICA DE SOLUÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DE ETAR PARA FAZER FACE AOS NOVOS REQUISITOS DA DARU

2.10.2.2.3	Vigas.	17,60	M3	€ 440,00	€ 7.744,00	
2.10.2.2.4	Lajes.	11,60	M3	€ 440,00	€ 5.104,00	
2.10.2.3	Execução de pavimento térreo, de acordo com as peças do projeto, incluindo as seguintes camadas: - filme plástico (barreira de vapor); - massame de betão C20/25, armado com rede eletrossoldada do tipo AR50, numa espessura de 0,10 m, incluindo juntas de dilatação; - todos os trabalhos necessários para a preparação para o revestimento final.	60,10	M2	€ 18,00	€ 1.081,80	
2.10.3	Alvenarias					
2.10.3.1	Execução de parede de alvenaria em bloco térmico, com dimensões de 39 x 19 x 24 cm, incluindo fornecimento e aplicação de blocos, argamassa de assentamento, execução de reforços em aberturas, remates, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. A aplicar em:					
2.10.3.1.1	Paredes interiores	21,60	M2	€ 40,00	€ 864,00	
2.10.3.2	Execução de parede de alvenaria em bloco térmico, com dimensões de 39 x 19 x 29 cm, incluindo fornecimento e aplicação de blocos, argamassa de assentamento, execução de reforços em aberturas, remates, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. A aplicar em:					
2.10.3.2.1	Paredes exteriores.	114,40	M2	€ 42,00	€ 4.804,80	
2.10.4	Revestimentos					
2.10.4.1	Execução de chapisco e reboco de cimento em superfícies exteriores, com espessura mínima de 20 mm, incluindo reforço nos pontos singulares com rede de fibra de vidro, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. A aplicar em:					
2.10.4.1.1	Paredes exteriores.	113,60	M2	€ 15,00	€ 1.704,00	
2.10.4.2	Execução de chapisco e reboco de cimento em superfícies interiores, com espessura mínima de 20 mm, incluindo reforço nos pontos singulares com rede de fibra de vidro, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. A aplicar em:					
2.10.4.2.1	Paredes interiores	161,90	M2	€ 12,00	€ 1.942,80	
2.10.4.2.2	Tectos interiores	49,30	M2	€ 12,00	€ 591,60	
2.10.4.3	Pintura com tinta plástica para exteriores, aplicada em duas demãos de tinta e uma de primário, em superfície devidamente preparada, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. A aplicar em:					
2.10.4.3.1	Paredes exteriores.	113,60	M2	€ 10,00	€ 1.136,00	
2.10.4.4	Pintura com tinta plástica para interiores, aplicada em duas demãos de tinta e uma de primário, em superfície devidamente preparada, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. A aplicar em:					

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE SOLUÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DE ETAR FACE AOS NOVOS REQUISITOS DA DARU

2.10.4.4.1	Paredes interiores	161,90	M2	€ 10,00	€ 1.619,00	
2.10.4.4.2	Tectos interiores	49,30	M2	€ 10,00	€ 493,00	
2.10.4.5	Fornecimento e aplicação de betonilha com superfície antiderrapante em pavimentos, com argamassas de cimento e areia ao traço 1:2, na espessura de 0,04 m, com endurecedor de superfície, incluindo execução de juntas, bem como o fornecimento e colocação de todos os materiais e acessórios necessários. A aplicar:					
2.10.4.5.1	Pavimentos	49,30	M2	€ 24,00	€ 1.183,20	
2.10.4.6	Fornecimento e aplicação de isolamento acústico próprio para aplicações industriais, constituído por painéis de lã de rocha com fixação mecânica e espessura mínima de 50 mm. Os painéis deverão ser da classe de reação ao fogo A1 e resistentes à humidade. Inclui o fornecimento e aplicação de todos os materiais e acessórios necessários.	253,40	M2	€ 24,00	€ 6.081,60	
2.10.4.7	Fornecimento e aplicação de sistema de impermeabilização completo na laje de cobertura, incluindo face interior da platibanda, com camada dupla cruzada de tela asfáltica, incluindo camada de forma em betão leve, isolamento térmico em poliestireno com 6 cm de espessura, geotêxtil, camada de godo, execução de caleiras moldadas, ligação a tubos de queda, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares.	51,80	M2	€ 67,00	€ 3.470,60	
2.10.4.8	Execução de rufo em chapa de zinco, em cor a definir pelo Dono da Obra, incluindo acessórios de fixação e juntas de dilatação, onde necessário, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares.	28,50	M	€ 25,00	€ 712,50	
2.10.5	Serralharias					
2.10.5.1	Fornecimento e aplicação de porta em PVC, em cor a definir pelo Dono da Obra, com grelha em alumínio anodizado, incluindo rede mosquiteira em fibra de vidro, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. Vão:					
2.10.5.1.1	P1	1	UN	€ 1.410,00	€ 1.410,00	
2.10.5.2	Fornecimento e aplicação de portão de fole, em lâminas de alumínio extrudido, incluindo aro, ferragens, fechaduras, batentes, soleira, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. Vão:					
2.10.5.2.1	P2	1	UN	€ 3.080,00	€ 3.080,00	
2.10.5.3	Fornecimento e aplicação de grelha de ventilação acústica, para exterior, em alumínio anodizado, incluindo aro, fixações, rede mosquiteira, soleira, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. Vão:					
2.10.5.3.1	G2	1	UN	€ 380,00	€ 380,00	
2.10.5.4	Fornecimento e aplicação de janela, incluindo caixilharia em PVC, em cor a definir pelo Dono da Obra, vidro duplo laminado com caixa de ar (4+6+4), soleira, bem como todos os elementos necessários. Vão:					

EQUIPAMENTOS						
3.7	EDIFÍCIO DOS BLOWERS + QUADROS ELÉTRICOS					€ 45.960,00
3.7.1	Fornecimento e instalação de grupo soprador de levitação a ar do tipo Sanitaire turbolight, modelo TLX10-C060, ou equivalente, com motor de potência 8,2 kW, incluindo silenciador de descarga, corpo de descarga com válvula anti-retorno, flanges para ligação à válvula de segurança e válvula de arranque em vazio, filtro silenciador de aspiração em poliéster, válvula de segurança, ligação flexível (ISO) com abraçadeiras na descarga canópia de insonorização, manómetro de pressão, indicador de colmatação do filtro aspiração, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares ao perfeito funcionamento do equipamento.	2	UN	€ 22.980,00	€ 45.960,00	
3.3	REATOR BIOLÓGICO					€ 133.970,00
3.3.1	Fornecimento e instalação de válvula de adufa manual, em chapa de polietileno de alta densidade e aço inox AISI 316L, incluindo calhas, borrachas de vedação, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. Características da adufa:					
3.3.1.1	Dimensões de 0,6 x 0,8 m (LxH), aproximadamente.	2	UN	€ 660,00	€ 1.320,00	
3.3.2	Fornecimento e instalação de válvula mural com corpo em PEAD e acessórios em aço inox AISI 316L, incluindo fixações, haste, dado, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. Diâmetro:					
3.3.2.1	DN100	2	UN	€ 1.200,00	€ 2.400,00	
3.3.3	Fornecimento e instalação de peanha, incluindo fixações.	2	UN	€ 600,00	€ 1.200,00	
3.3.4	Fornecimento e instalação de volante DN600, incluindo ligação, pronto a funcionar.	2	UN	€ 830,00	€ 1.660,00	
3.3.5	Fornecimento e instalação de agitador submersível da Flygt, ou equivalente, incluindo guias e correntes em aço inox AISI 316, acessórios de instalação, ligações elétricas, bem como todos os trabalhos e acessórios necessários ao perfeito funcionamento do equipamento.	1	UN	€ 6.150,00	€ 6.150,00	
3.3.6	Fornecimento e instalação de agitador submersível da Flygt, ou equivalente, incluindo guias e correntes em aço inox AISI 316, acessórios de instalação, ligações elétricas, bem como todos os trabalhos e acessórios necessários ao perfeito funcionamento do equipamento.	2	UN	€ 6.150,00	€ 12.300,00	
3.3.7	Fornecimento e instalação de sistema de arejamento completo, incluindo difusores, coletores de distribuição de ar, juntas de dilatação, tubagens de purga, abraçadeiras para fixação e todos os elementos e acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento.	2	CJT	€ 18.200,00	€ 36.400,00	

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÓMICA DE SOLUÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DE ETAR FACE AOS NOVOS REQUISITOS DA DARU

3.3.8	Fornecimento e instalação de grupo eletrobomba submersível, incluindo base para assentamento e curva a 90º em ferro fundido, guia, suportes e correntes de elevação das bombas, em aço inox 316L, cablagem elétrica para ligação ao quadro elétrico e passagem para cabos, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares. Localização da eletrobomba:					
3.3.8.1	Recirculação de nitratos, do tipo Concertor Concertor N80-300 da Flygt, ou equivalente.	2	UN	€ 6.660,00	€ 13.320,00	
3.3.9	Fornecimento e instalação de turco de elevação com diferencial manual, com capacidade a definir de acordo com os equipamentos instalados, incluindo fixações, correntes de elevação, diferencial, bem como todos os trabalhos e acessórios necessários à perfeita execução da tarefa.	5	UN	€ 4.500,00	€ 22.500,00	
3.3.10	Fornecimento e instalação de tubagem e acessórios em aço inox AISI 316L, da classe de pressão mínima PN10, com espessura não inferior a 3 mm, incluindo maciços em betão armado para apoio, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares:					
3.3.10.1	Passa-muros flangeado, DN65.	2	UN	€ 40,00	€ 80,00	
3.3.10.2	Troço de tubagem flangeado, L≈3,50 m, DN65.	2	UN	€ 300,00	€ 600,00	
3.3.10.3	Troço de tubagem flangeado, L≈0,60 m, DN65.	2	UN	€ 60,00	€ 120,00	
3.3.10.4	Troço de tubagem flangeado, L≈0,35 m, DN65.	4	UN	€ 30,00	€ 120,00	
3.3.10.5	Troço de tubagem flangeado, incluindo 1 curva de 90º, L≈1,50 m, DN65.	2	UN	€ 130,00	€ 260,00	
3.3.10.6	Troço de tubagem flangeado, ponta lisa, incluindo 2 curva de 90º, L≈2,50 m, DN65.	2	UN	€ 280,00	€ 560,00	
3.3.10.7	Troço de tubagem flangeado, ponta-lisa, incluindo 2 curvas de 90º, L≈2,50 m, DN80.	2	UN	€ 700,00	€ 1.400,00	
3.3.10.8	Troço de tubagem flangeado, L≈0,20 m, DN100.	2	UN	€ 30,00	€ 60,00	
3.3.10.9	Troço de tubagem flangeado, L≈1,35 m, DN100.	1	UN	€ 190,00	€ 190,00	
3.3.10.10	Troço de tubagem flangeado, incluindo picagem para instrumentação L≈0,70m, DN100.	2	UN	€ 100,00	€ 200,00	
3.3.10.11	Troço de tubagem flangeado, L≈2,05 m, DN100.	2	UN	€ 290,00	€ 580,00	
3.3.10.12	Troço de tubagem flangeado, L≈0,65 m, DN100.	2	UN	€ 100,00	€ 200,00	
3.3.10.13	Troço de tubagem flangeado, L≈5,00 m, DN100.	2	UN	€ 700,00	€ 1.400,00	
3.3.10.14	Curva a 90º flangeada, DN65.	6	UN	€ 60,00	€ 360,00	
3.3.10.15	Curva a 90º flangeada, DN100.	8	UN	€ 140,00	€ 1.120,00	
3.3.10.16	Curva a 90º flangeada, incluindo picagem com válvula de seccionamento para ligação do sistema de limpeza de ácido fórmico, DN100.	2	UN	€ 140,00	€ 280,00	
3.3.10.17	Tê simples flangeado, DN65.	2	UN	€ 60,00	€ 120,00	
3.3.10.18	Tê simples flangeado, DN100.	2	UN	€ 60,00	€ 120,00	

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÓMICA DE SOLUÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DE ETAR PARA FAZER FACE AOS NOVOS REQUISITOS DA DARU

3.3.11	Fornecimento e instalação de acessórios em ferro fundido dúctil, próprios para águas residuais, da classe de pressão mínima PN10, incluindo maciços em betão armado para apoio, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares:					
3.3.11.1	Válvula de retenção de bola, flangeada, DN65.	2	UN	€ 180,00	€ 360,00	
3.3.11.2	Junta de desmontagem auto-travada, flangeada, DN65.	2	UN	€ 220,00	€ 440,00	
3.3.11.3	Válvula de seccionamento de cunha elástica, flangeada, incluindo volante, DN65.	5	UN	€ 330,00	€ 1.650,00	
3.3.11.4	Flange de adaptação com anel de tensão para PEAD, incluindo casquilho em aço inox, DN65/75.	6	UN	€ 110,00	€ 660,00	
3.3.11.5	Flange de adaptação com anel de tensão para PEAD, incluindo casquilho em aço inox, DN80/90.	1	UN	€ 120,00	€ 120,00	
3.3.12	Fornecimento e instalação de acessórios em ferro fundido dúctil, próprios para ar comprimido, da classe de pressão mínima PN10, incluindo maciços em betão armado para apoio, bem como todos os trabalhos e acessórios complementares:					
3.3.12.1	Válvula de borboleta com atuador manual por volante para ar, do tipo ISORIA 10 T4 PN10 da KSB, ou equivalente, DN100.	4	UN	€ 220,00	€ 880,00	
3.3.12.2	Junta de desmontagem auto-travada, flangeada, DN100.	4	UN	€ 320,00	€ 1.280,00	
3.3.13	Fornecimento e instalação de medidor de caudal eletromagnético para escoamento sob pressão do tipo Optiflux da Krohne, ou equivalente, com classe de proteção IP68, incluindo conversor a instalar em local a definir pela Fiscalização, suporte, ligações entre elemento primário e secundário, protocolo de comunicação HART, e todos os trabalhos e acessórios complementares. Diâmetro:					
3.3.13.1	DN65	2	UN	€ 1.680,00	€ 3.360,00	
3.3.14	Fornecimento e instalação de medidor de oxigénio dissolvido, incluindo suporte para fixação, fornecimento e instalação de controlador, em local a definir pelo Dono da Obra, integração do sinal no autómato, bem como todos os acessórios e ligações necessários.	2	UN	€ 3.000,00	€ 6.000,00	
3.3.15	Fornecimento e instalação de medidor de potencial Redox, incluindo suporte para fixação, fornecimento e instalação de controlador, em local a definir pelo Dono da Obra, integração do sinal no autómato, bem como todos os acessórios e ligações necessários.	4	UN	€ 2.400,00	€ 9.600,00	
3.3.16	Fornecimento e instalação de medidor de pH, incluindo suporte para fixação, fornecimento e instalação de controlador, em local a definir pelo Dono da Obra, integração do sinal no autómato, bem como todos os acessórios e ligações necessários.	2	UN	€ 2.300,00	€ 4.600,00	

ANEXO A.3. EXCEL ORÇAMENTO CONSTRUÇÃO LAGOA DA ETAR DA MEALHADA

Construção lagoa	Quantidade	unid.	Preço	
			Unitário	Total
Escavação em terreno de qualquer natureza, por quaisquer meios e a qualquer profundidade, incluindo baldeação, drenagem, todas as entivações e contenções necessárias a uma perfeita estabilização das valas, escavações e taludes, eventual rebaixamento do nível freático e todos os trabalhos complementares, drenagem das fundações, de acordo com o especificado no caderno de encargos.	3408	m ³	€ 20,00	€ 68.160,00
Geotêxtil não tecido sintético, termosoldado, de polipropileno, com uma resistência à tracção longitudinal de 22 kN/m, uma resistência à tracção transversal de 25 kN/m, uma abertura de cone ao ensaio de perfuração dinâmica segundo NP EN ISO 13433 inferior a 8 mm, resistência CBR ao punçoamento 1,1 kN e uma massa superficial de 300 g/m ² , segundo EN 13252.	3408	m ²	€ 2,68	€ 9.133,44
Geomembrana homogénea de policloreto de vinilo plastificado (PVC-P), de 1,2 mm de espessura, cor cinzento, com uma densidade de 1240 kg/m ³ segundo NP EN ISO 1183 e resistência CBR ao punçoamento de 1,8 kN segundo NP EN ISO 12236, fornecida em rolos de 2,05 m de largura e 150 m de comprimento.	3408	m ²	€ 9,18	€ 31.285,44
Oficial de aplicador de lâminas impermeabilizantes.	449,856	h	€ 6,50	€ 2.924,06

56 dias de trabalho (4 trabalhadores)

Ajudante de aplicador de lâminas impermeabilizantes.	449,856	h	€ 6,35	€ 2.856,59
Custos complementares diretos	0,02	%		€ 2.287,19
				€ 116.646,72