

Estudo sobre a ocorrência de *Daphnia* spp. em
Estações de Tratamento de Águas Residuais
Urbanas

Rômulo Henrique Teixeira do Egito

Orientador: Professora Doutora Carla Rodrigues

Coorientador: Professor Doutor António Luís Pereira do Amaral

MESTRADO EM GESTÃO AMBIENTAL

Estudo sobre a ocorrência de *Daphnia* spp. em Estações de Tratamento de Águas Residuais Urbanas

Rômulo Henrique Teixeira do Egito

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior
Agrária de Coimbra para cumprimento dos
requisitos necessários à obtenção do grau de
mestre em GESTÃO AMBIENTAL

Orientador: Professora Doutora Carla Rodrigues

Coorientador: Professor Doutor António Luís Pereira do Amaral

Coimbra, 2023

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a minha família, meus pais João do Egito e Azenilda Teixeira, meus irmãos Diego e Philipe, minhas cunhadas Ariany e Aline, meus sobrinhos João Miguel e Lucca, que desde o primeiro momento em que decide enfrentar esse grande desafio de mudar mais uma vez de país me apoiaram e estiveram do meu lado.

A minha amada esposa Lorena, que me incentivou, me apoiou e buscou sempre me ajudar nessa grande jornada do mestrado e da vida.

Agradeço imensamente a minha orientadora à Professora Dr^a Carla Rodrigues, que por todo apoio, paciência e conhecimento passado durante todo o período da construção deste documento. Ao meu coorientador o Professor Dr^o Luís Amaral, por ter aceitado participar do projeto, pela disponibilidade e por todo o conhecimento transmitido.

Ao Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior Agrária de Coimbra, a todos os funcionários, os colegas do curso, o corpo docente, em especial aos professores do Mestrado em Gestão Ambiental que contribuíram diretamente na minha formação acadêmica e pessoal.

A toda equipa da AdCL em especial a Eng^a Sandra Jorge, a Eng^a Joana Vieira e ao Eng^o Fábio Henriques, que estiveram sempre disponíveis para tirar dúvidas, enviar dados, outras.

A professora Dr^a Sara Antunes da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto por toda a disponibilidade e apoio.

Agradeço a Portugal e ao povo português que tão bem me receberam desde o primeiro momento que cheguei ao país.

*“O sonho é que leva a gente para a frente. Se a gente for seguir a razão,
fica aquietado, acomodado.”(Ariano Suassuna).*

Resumo

O presente trabalho enquadra-se na unidade curricular “Estágio Profissionalizante” do Mestrado em Gestão Ambiental da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Coimbra (ESAC–IPC). A temática do estudo surgiu por uma necessidade apresentada pela Águas do Centro Litoral, que buscou a instituição com o objetivo de uma cooperação técnica para tentar encontrar a solução do problema do aparecimento do microcrustáceo *Daphnia* spp. na instalação da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Fátima.

Em alguns tipos de ETAR, este organismo é utilizado nas lagoas de estabilização, para o controlo do fitoplâncton, já que este constitui uma das principais fontes de alimento do microcrustáceo permitindo que o ambiente permaneça em equilíbrio. Fora desse contexto, a presença da *Daphnia* spp. em outras etapas, como a decantação, pode causar efeitos negativos no tratamento, comprometendo a qualidade da água tratada. Como resultado, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a presença do microcrustáceo *Daphnia* spp. na ETAR de Fátima. Para o desenvolvimento do trabalho foram disponibilizados, pela entidade gestora da instalação, os dados de monitorização da água no período de 2017 a 2022. Como, durante o período estudado, emergiu a pandemia do COVID-19, em um primeiro momento foi identificado o modo como a resposta ao coronavírus influenciou na operação da instalação. Logo após foi feita uma análise estatística multivariável com os dados de monitorização da qualidade da água residual, de modo a esclarecer possíveis interdependências entre os parâmetros monitorizados.

Os resultados da identificação da *Daphnia* spp. mostraram a presença de três espécies sendo estas: *D. longispina*, *D. obtusa* e *D. pulex*. A pandemia da COVID-19 influenciou na quantidade e na qualidade da água bruta que chegou até a ETAR de Fátima. Em relação ao caudal, houve diminuição média de 20% do período pré-COVID para o período onde haviam medidas de controlo da pandemia. Em relação aos parâmetros físico-químicos houve redução na quantidade de CBO, CQO e SST no afluente bruto de entrada na ETAR de Fátima. Já os parâmetros azoto, pH e fósforo apresentaram aumento na quantidade presente no afluente bruto. A partir das análises estatísticas foi possível identificar que a presença da *Daphnia* spp. está correlacionada com valores

abaixo de 500 mg/L para o CBO afluente bruto, menor que 13 para o CBO efluente tratado, e para valores de pH maiores que 7,3.

Conclui-se que, em relação as espécies de *Daphnia* spp identificadas no estudo, que estas são espécies nativas, mas que seriam necessários estudos mais detalhados sobre as espécies, identificar melhor como elas chegaram até a ETAR e formas de controle. Ficou evidenciado que a pandemia COVID-19 que durou de 2020 até 2023 influenciou na quantidade e qualidade do afluente bruto que chegou na ETAR. Já a partir da análise estatística foi identificado que o CBO e o pH foram parâmetros em que influenciaram na presença e ausência da espécie.

Palavras-chave: *Daphnia* spp.; Estação de Tratamento de Águas Residuais; Análise Estatística Multivariável; COVID-19

Abstract

The present study is a part of the "Professional Internship" module of the Master's program in Environmental Management at the Escola Superior Agrária of the Instituto Politécnico de Coimbra (ESAC–IPC). The research topic emerged as a result of a request from Águas do Centro Litoral, which approached the institution seeking technical cooperation to address the issue of the occurrence of the microcrustacean *Daphnia* spp. in the Wastewater Treatment Station (WWTP) located in Fátima.

In certain types of WWTPs, this organism is utilized in stabilization ponds to regulate phytoplankton growth, as it serves as a primary food source for microcrustaceans, thereby maintaining ecological balance. However, outside of this specific context, the presence of *Daphnia* spp., particularly during stages such as sedimentation, can have detrimental effects on the treatment process, thereby compromising the quality of the treated water. Consequently, the objective of this study was to assess the presence of the microcrustacean *Daphnia* spp. at the Fátima WWTP. To conduct this research, the management entity of the facility provided water monitoring data from 2017 to 2022. Additionally, as the study period coincided with the emergence of the COVID-19 pandemic, an examination of how the facility's operations were influenced by the pandemic response was also undertaken. Subsequently, a multivariable statistical analysis was performed utilizing the monitored data on residual water quality in order to ascertain potential interdependencies among the monitored parameters.

The identification results revealed the presence of three species of *Daphnia* spp.: *D. longispina*, *D. obtusa*, and *D. pulex*. The COVID-19 pandemic had a discernible impact on both the quantity and quality of the untreated water supplied to the Fátima WWTP. With regards to flow rate, an average reduction of 20% was observed during the period of pandemic control measures compared to the pre-pandemic period. Concerning the physicochemical parameters, there was a decrease in the levels of BOD, BOD, and TSS in the raw influent of the Fátima WWTP. However, parameters such as nitrogen, pH, and phosphorus exhibited an increase in their concentrations within the untreated influent. The statistical analysis unveiled correlations between the presence of *Daphnia* spp. and

raw influent BOD levels below 500 mg/L, treated effluent BOD levels below 13, and pH values exceeding 7.3.

In conclusion, the study identified the native species of *Daphnia* spp. present at the WWTP; however, further in-depth investigations on these species are necessary to better understand their pathways of entry into the WWTP and potential control measures. Moreover, it was evident that the COVID-19 pandemic, spanning from 2020 to 2023, impacted both the quantity and quality of the affluent received by the WWTP. Furthermore, the statistical analysis indicated that BOD and pH were influential parameters determining the presence or absence of the *Daphnia* spp. species.

Keywords: *Daphnia* spp.; Wastewater Treatment Plant; Multivariate Statistical Analysis; COVID-19

Índice

Resumo	i
Abstract	iii
Índice	v
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos do trabalho	4
1.3 Metodologia.....	4
1.4 Estrutura	7
2 Revisão da Literatura	8
2.1 Águas residuais urbanas	8
2.1.1 Características qualitativas das águas residuais urbanas	8
2.1.2 Características quantitativas das águas residuais urbanas.....	9
2.1.3 Características de descarga das águas residuais urbanas.....	10
2.2 Estações de Tratamento de Águas Residuais	13
2.2.1 Fases líquidas do tratamento de águas residuais	13
2.2.2 Fases sólidas do tratamento de águas residuais.....	22
2.3 <i>Daphnia</i> spp.	24
2.4 Parâmetros analíticos usados na monitorização da ETAR.....	27
2.4.1 pH	27
2.4.2 Sólidos Suspensos (SS)	27
2.4.3 Carência Química de Oxigénio (CQO)	27
2.4.4 Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO)	27
2.4.5 Azoto Total (NT)	28
2.4.6 Fósforo Total (PT)	28
2.4.7 Ião amónio (NH ₄ ⁺)	29
2.4.8 Ião nitrato (NO ₃ ⁻)	29
2.4.9 Transmitância	29
2.5 Ferramentas Estatísticas	30
2.5.1 Matriz de correlação	30
2.5.2 Análise de Componentes Principais (ACP)	30
2.5.3 Teste t.....	31

2.5.4 Regressão Logística	31
2.5.5 Teste de wald	32
3 Caso de Estudo – ETAR de Fátima	32
3.1 Entidade Gestora	32
3.2 ETAR de Fátima	36
3.3 Efeito da pandemia COVID-19	38
4 Análise e Discussão dos Resultados	40
4.1 Identificação das <i>Daphnia</i> spp. presentes na ETAR de Fátima.....	40
4.2 Influência da pandemia COVID-19 no caudal de entrada	41
4.3 Parâmetros físico-químicos	45
4.4 Análise estatística	54
5 Conclusões e Recomendações.....	61
Referências	63
Anexo A – Decreto Lei 152/97 de 19 de junho.....	68
Anexo B – Decreto Lei 236/98 de 1 de agosto	69

Índice de Figuras

Figura 1. Localização dos pontos de coleta na ETAR Fátima. Fonte: AdCL, 2022. Adaptado pelo autor.	5
Figura 4. Variação típica do afluente bruto nas ETAR. Fonte: Adaptada de Sperling, 2007, citado por Monte et al., 2016.....	10
Figura 3. Gradado para remoção de sólidos com maiores dimensões. Fonte: Carla Rodrigues (2023)	14
Figura 4. Tamisador circular com escova mecânica. Fonte: Google imagens (2023)....	15
Figura 5. Desarenador e desengordurador (à esquerda), equipado com difusores de ar. Fonte: Carla Rodrigues (2023).....	16
Figura 6. Reator biológico por sistema de lamas ativadas. Fonte: Carla Rodrigues (2023).	18
Figura 7. Decantador secundário. Fonte: Carla Rodrigues (2023).....	19
Figura 8. Corpo hídrico eutrofizado. Fonte: Google imagens (2023).	20
Figura 9. Sistema de tratamento por meio de radiação ultravioleta. Fonte: Google imagens (2023)	21
Figura 10. Espessador gravítico. Fonte: Google imagens (2023).....	23
Figura 11. Centrífuga para desidratação de lamas, tecnologia utilizada na ETAR estudada. Fonte: Google imagens (2023).	24
Figura 12. Silo de armazenamento de lama desidratada. Fonte: Google imagens (2023)	24
Figura 13. Imagens da espécie <i>Daphnia longispina</i> , a mais comum na Europa. Na primeira imagem uma fêmea carregando embriões partenogenéticos (assexuados), no centro, fêmea carregando ovos (reprodução sexuada), e por fim ovos ephippia. Antunes e Castro (2017).	26
Figura 14. Locais onde a AdCL realizada abastecimento e saneamento. Fonte: Carlos Cavalcante, 2023.	34
Figura 15. Locais onde a AdCL realiza apenas saneamento. Fonte: Carlos Cavalcante, 2023.....	35
Figura 16. Localização da ETAR de Fátima. Fonte: Carlos Cavalcante, 2023.....	36
Figura 17. Etapas do tratamento na ETAR de Fátima. Fonte: Autor, 2023.....	37
Figura 18. Recolha de águas residuais com a presença de <i>Daphnia</i> spp. no decantador secundário. Fonte: Fábio Henriques, 2022.	39
Figura 19. Foto do decantador secundário. Fonte: Fábio Henriques, 2022.	40
Figura 20. Fêmea de <i>Daphnia</i> spp. vista ao microscópio em reprodução assexuada. Espécie coletada no decantador secundário na ETAR de Fátima. Fonte: Fábio Henrique, 2022	41
Figura 21. Caudal médio mensal entre os anos de 2017 e 2022.	43
Figura 22. Caudal médio mensal pré e durante medidas de controlo a COVID-19.....	44
Figura 23. Comparação da variação de CBO_5 pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.....	46

Figura 24. Comparação de CQO pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.	48
Figura 25. Comparação de Azoto pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.	49
Figura 26. Comparação de pH pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.	51
Figura 27. Comparação de fósforo pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.	52
Figura 28. Comparação de SST pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.	53
Figura 29. Matriz de correlação de Pearson com os parâmetros ambientais mensurados. O tamanho do círculo corresponde à magnitude de correlação que varia de -1 a 1 (barra ao lado). Cores vermelhas indicam correlações negativas, enquanto cores azuis indicam correlações positivas.	55
Figura 30. Biplots das ACP demonstrando um padrão de alta sobreposição entre os grupos “ausência” (vermelho) e presença (azul) da Daphnia, com uma leve tendência de segregação (distância entre centroides). a) PC 1 x PC 2; b) PC 1 x PC 3; c) PC 2 x PC 3.	57
Figura 31. Gráficos boxplot do resultado do teste T mostrando ausência de diferenças significativas entre os grupos de “ausência” e “presença” de Daphnia para o PC 1 (a), PC 2 (b) e PC 3 (c), usados como proxies dos parâmetros ambientais.	58
Figura 32. Gráficos do modelo de regressão logística mostrando a influência da carência bioquímica de oxigênio (a e b) e pH (c) à ocorrência de Daphnia (0 = ausência / 1 = presença).	60

Índice de tabelas

Tabela 1. Parâmetros utilizados por ponto de recolha. Fonte: Autor, 2023	6
Tabela 2. Principais componentes das águas residuais. Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy, 1991, citado por Monte et al., 2016.....	8
Tabela 3. Limites de qualidade mínima que o efluente precisa apresentar para a sua descarga após tratamento. Fonte: Adaptado do Decreto Lei nº 152/97.	11
Tabela 4. Parâmetros mais comuns utilizados para descarga de efluente tratado de acordo com o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto. Fonte: Adaptado do anexo VXIII do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto.	12
Tabela 5. Médias, valores máximos e mínimos dos caudais de entrada nos períodos monitorizados.....	42
Tabela 6. Sumário dos resultados da regressão logística testando as influências dos parâmetros ambientais na ocorrência (ausência/presença) de Daphnia. * indica diferenças marginalmente significativas ($p \sim 0.05$).....	59

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ACP – Análise de Componentes Principais

AdCL – Águas do Centro Litoral

AgdA – Águas Públicas do Alentejo

ApR – Água para Reutilização

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

COVID – *Coronavirus Disease*

CQO – Carência Química de Oxigénio

EE – Estações Elevatórias

e.p. – Equivalente Populacional

ESAC – Escola Superior Agrária

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

ETA – Estação de Tratamento de Águas

MQO – Mínimos Quadrados Ordinários

OMS – Organização Mundial de Saúde

REA – Relatório do Estado do Ambiente

SIMLIS - Saneamento Integrado dos Municípios do Lis

SIMRIA - Saneamento Integrado dos Municípios da Ria

SSF – Sólidos Suspensos Fixos

SST – Sólidos Suspensos Totais

SSV – Sólidos Suspensos Voláteis

UV – Ultravioleta

VLE – Valor Limite de Emissão

1 Introdução

1.1 Enquadramento

A água é o bem mais precioso presente no nosso planeta, é a base da sobrevivência humana, seja para seu consumo direto, seja para a produção de alimentos, entre outros. As águas de consumo, cujas características são alteradas após a utilização humana, em contexto doméstico, industrial, entre outros, resultando em águas residuais, necessitam ser submetidas a tratamentos adequados antes de serem devolvidas ao meio receptor. O Decreto Lei nº 152/97 de 19 de junho, classifica as águas residuais em:

«Águas residuais domésticas»: as águas residuais de serviços e de instalações residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de atividades domésticas;

«Águas residuais industriais»: as águas residuais provenientes de qualquer tipo de actividade que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais;

«Águas residuais urbanas»: as águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e ou com águas pluviais;

Toa a água residual necessita de tratamento, mesmo que as que são coletadas por meio de sistemas individuais, como as fossas sépticas. Após o seu uso, as águas adquirem características poluentes, que se rejeitadas diretamente no meio ambiente, podem impactá-los negativamente. Para que isso não ocorra, a rede de saneamento recolhe as águas residuais por meio de tubagens, levando-as até às Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

As ETAR são infraestruturas desenvolvidas para o tratamento de águas residuais visando a sua melhoria, de modo a que os efluentes tratados não influenciem negativamente todo ecossistema, contribuindo para a mitigação de fenómenos de eutrofização das águas. Além de receberem águas residuais domésticas, as ETAR têm capacidade para receber afluentes industriais e águas pluviais, por meio da rede de drenagem. Este tipo de instalação é uma das mais importantes presentes nas cidades, pois protege o meio ambiente como um todo, desde a flora à fauna até os seres

humanos. Uma água residual tratada faz com que as comunidades tenham mais qualidade de vida, e menos problemas de saúde pública.

Nas ETAR o afluente bruto é submetido a um conjunto de operações e processos unitários de tratamento, que fazem com que o efluente final (água tratada) apresente qualidade adequada para que possa ser devolvido à natureza ou reutilizado, para determinados usos. A qualidade pretendida para as águas residuais tratadas é requerida na Licença de Descarga da ETAR, emitida pela Autoridade Nacional da Água, com base na legislação relativa à descarga no meio receptor, ou noutra, caso o destino do efluente seja a reutilização. No contexto legal Português, o Decreto Lei nº 152/97 de 19 de junho, estabelece os critérios mínimos de qualidade que o efluente final precisa apresentar antes de ser descarregado no meio receptor. Dependendo das características do meio receptor, nomeadamente zonas sensíveis sujeitas a eutrofização, os parâmetros que precisam ser monitorizados incluem CBO (Carência Bioquímica de Oxigénio), CQO (Carência Química de Oxigénio), SST (Sólidos Suspensos Totais), azoto (NT) e fósforo (PT) totais. Os requisitos para descarga da água tratada encontram-se estabelecidos no Decreto Lei nº 152/97 de 19 de junho, no Decreto-Lei nº 348/98 de 9 de novembro que atualizou o primeiro, e o Decreto Lei nº 236/98 de 1 de agosto, ou para reutilização Decreto Lei nº 119/2019 de 21 de agosto.

De acordo com os requisitos estabelecidos para a qualidade do efluente da ETAR, assim o esquema de tratamento pode ser mais ou menos complexo. É possível distinguir cinco níveis de tratamento de águas residuais, designados por: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário, tratamento terciário e tratamento avançado. O tratamento preliminar consiste numa sequência de operações unitárias destinadas à remoção de sólidos grosseiros, areias, gorduras e ainda, por vezes, uma equalização de caudais e de carga poluente. Já no tratamento primário ocorre a remoção de sólidos em suspensão facilmente sedimentáveis, por meio de processos de sedimentação/decantação, e a redução de no mínimo 20% do CBO (Monte et al., 2016). No tratamento secundário, ocorre o consumo da matéria orgânica por meio da ação de bactérias e a decantação do restante dos sólidos ainda em suspensão. O tratamento terciário tem como objetivo a remoção de nutrientes (compostos de azoto e fósforo), para diminuir o risco de eutrofização no meio receptor, e/ou também a remoção de

microrganismos patógenos. Por fim, o tratamento avançado vai remover poluentes dissolvidos em concentrações residuais (Monte et al., 2016).

Dependendo da qualidade do afluente bruto, esta etapa já poderá ser suficiente para que o efluente final apresente qualidade para ser descarregado no meio recetor. Em Portugal cerca de 80% das ETAR são, ou foram projetadas para tratar as águas residuais até ao nível secundário (REA, 2021). Se o tratamento secundário não for suficiente, ou o meio recetor for uma zona sensível, as ETAR são projetadas com estruturas de tratamento terciário, que irão providenciar uma maior remoção de azoto e fósforo.

Para que as ETAR tenham eficiência suficiente, e produzam um efluente final de qualidade, é necessário que todas as etapas funcionem de forma adequada. Descargas indevidas, avarias nos equipamentos, falta de manutenção ou falta de mão-de-obra qualificada podem ocasionar problemas no tratamento das águas residuais.

Nos processos mais comuns de tratamento de águas residuais, a presença de microrganismos é de grande importância para a degradação da matéria orgânica. Em alguns tipos de sistemas de tratamento de águas residuais, são utilizadas espécies de zooplâncton, que são consumidores primários que controlam a quantidade de fitoplâncton presente. O microcrustáceo *Daphnia* spp. é um organismo que mede entre 1 mm e 5 mm (Ebert, 2005), podendo estar presente em ETAR em lagoas de estabilização. Este organismo participa no controle do crescimento das algas e na remoção de matéria orgânica e nutrientes nas águas residuais, contribuindo para a melhor eficiência do tratamento e originando um efluente de melhor qualidade (Hathaway e Stefan, 1995; Roche, 1998). Por outro lado, a presença deste zooplâncton nos decantadores secundários das ETAR pode causar o aumento dos sólidos em suspensão, já que no seu processo de locomoção fazem com que os sólidos que deveriam decantar se misturem novamente com o efluente.

As pulgas-de-águas (como é conhecido o género *Daphnia*) são bastante abundantes em ambientes lênticos, a exemplo de lagoas, lagos e albufeiras, e recebem esse nome pois apresentam movimentos natatórios irregulares, que são similares aos saltos das pulgas “verdadeiras” (Antunes e Castro, 2017). Ainda de acordo com estes

autores, as espécies de *Daphnia* são de elevada importância para a cadeia trófica por serem consumidores primários, alimentando-se de fitoplâncton e outro material em suspensão. Servem ainda como alimento para uma variedade de espécies de invertebrados e vertebrados como larvas (de anfíbios e outros), insetos e peixes.

1.2 Objetivos do trabalho

O objetivo geral do trabalho foi estudar a ocorrência de *Daphnia* spp. no decantador secundário de uma ETAR. Os objetivos específicos consistiram no tratamento dos dados de monitorização da ETAR, no período de 2017 a 2022, e identificação dos parâmetros analíticos mais relevantes para o estudo. Para o efeito foram usadas ferramentas estatísticas para identificar padrões na qualidade do efluente aquando do aparecimento de *Daphnia* spp. no decantador secundário da ETAR. Procurou-se ainda identificar possíveis formas de controlo deste organismo para que não ocorra perda de qualidade no tratamento das águas residuais.

1.3 Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho foi realizada, inicialmente uma pesquisa bibliográfica, e uma sistematização do enquadramento legal associados ao tema. Foi posteriormente disponibilizado pela AdCL um conjunto alargado de parâmetros analíticos, resultantes da monitorização mensal da ETAR de Fátima no período de 2017 a 2022. Dos mais de 70 parâmetros disponibilizados, foram utilizados 12, nomeadamente: caudal de entrada, CBO, CQO, ião amónio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), NT, pH, PT, sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos suspensos fixos (SSF), SST, sólidos suspensos voláteis (SSV) e transmitância, além da identificação das datas de ocorrência de *Daphnia* spp.

A monitorização das condições ambientais da ETAR de Fátima envolve a determinação analítica de um conjunto de parâmetros a partir de amostras de água residual recolhidas em 11 pontos ao longo do sistema de tratamento (Figura 1).



- | | | | |
|-------------------------|--------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1 – Afluente Bruto | 4 – Zona Aeróbia 2 | 7 – Lagoa | 10 – Escorrência desidratação |
| 2 – Lamas Secundárias 2 | 5 – Zona Aeróbia 1 | 8 – Escorrência espessador | 11 – Lamas desidratadas |
| 3 – Lamas Secundárias 1 | 6 – Efluente Final | 9 – Lamas espessadas | |

Figura 1. Localização dos pontos de coleta na ETAR Fátima. **Fonte:** AdCL, 2022. Adaptado pelo autor.

Após uma análise das etapas do tratamento da ETAR foram identificados 6 pontos de recolha de dados. Os pontos escolhidos, por serem mais significativos para o estudo, foram os seguintes: afluente bruto (1), lamas secundárias 2 (2), lamas secundárias 1 (3), zona aeróbia 2 (4), zona aeróbia 1 (5) e efluente final (6). Os pontos escolhidos estão a montante, meio e jusante da ETAR. O ponto do afluente bruto (1) apresenta as características da água residual que chega à instalação. Como, posteriormente, o afluente segue por duas linhas independentes, é necessário identificar se o tratamento apresenta a mesma eficiência nas duas linhas. Por conta disso, os pontos de 2 ao 5 foram identificados como importantes para o estudo. Após a decantação secundária, os efluentes tratados juntam-se novamente em apenas uma linha, sendo esse ponto de monitorização o efluente final (6). A partir destes seis pontos é possível identificar que características o afluente bruto apresenta, como os tratamentos dentro da ETAR influenciam a melhoria da qualidade da água e, após todas as etapas de tratamento, que características o efluente final apresenta. Na tabela 1 são apresentados os parâmetros associados a cada ponto de recolha que foram considerados no estudo.

Pontos de recolha	Parâmetros											
	CBO	CQO	NH4	NO3	NT	pH	PT	SST	SSV	ST	SV	Transmitância
Afluente Bruto	X	X			X	X	X	X				
Lamas Secundárias 2										X	X	
Lamas Secundárias 1										X	X	
Zona Aeróbia 2								X	X			
Zona Aeróbia 1								X	X			
Efluente Final	X	X	X	X	X	X	X	X				X

Tabela 1. Parâmetros utilizados por ponto de recolha. **Fonte:** Autor, 2023

A etapa da pesquisa bibliográfica teve como objetivo encontrar possíveis soluções que possam ser implantadas para que haja um controlo da presença de *Daphnia spp.* no decantador secundário da ETAR de Fátima. Para a identificação das espécies de *Daphnia ssp.* foram enviadas amostras coletadas no decantador secundário da ETAR de Fátima para o CIIMAR/CIMA – Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Foram realizadas análises da influência da pandemia da COVID-19 na quantidade e qualidade do afluente bruto na ETAR de Fátima. Para a comparação dos dados, foi realizada uma média dos valores mensais monitorados na ETAR de Fátima entre junho de 2017 até fevereiro de 2020, período esse identificado como pré-COVID. Os valores encontrados foram comparados com a época durante a pandemia da COVID, sendo o 1º ano correspondendo aos valores monitorizados entre março de 2020 até fevereiro de 2021, e o 2º ano foram utilizados os dados de março de 2021 a fevereiro de 2022. Para esta análise foi comparado apenas o afluente bruto que entrou na ETAR de Fátima para os seguintes parâmetros caudal, CBO-A, CQO-A, NT-A, pH-A, PT-A e SST-A.

Nesta pesquisa, as ferramentas estatísticas foram empregues no intuito de entender os padrões de ocorrência da *Daphnia* no sistema de tratamento de águas residuais. A primeira parte consistiu num tratamento dos dados feito a partir de matriz de correlação de Pearson com os parâmetros ambientais mensurados, a fim de investigar como se encontram correlacionados, identificando e removendo parâmetros

colineares. Adotou-se um coeficiente de correlação > 0.7 como valor de corte para remoção das variáveis, de acordo com Zar (1999).

O subconjunto das variáveis retidas foi submetido a um método de ordenamento, Análise dos Componentes Principais (ACP), visando reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar possíveis agrupamentos quanto à ausência e presença de *Daphnia*. Esta segunda abordagem parte do princípio que a ocorrência de *Daphnia* pode estar relacionada com diversos parâmetros ambientais, logo, os cenários de “ausência” e “presença” do microcrustáceo formariam grupos distintos dentro de um espaço multivariado. Os parâmetros ambientais foram logaritmizados para padronização das unidades. Complementarmente, foram realizados testes *t* de Student a fim de verificar diferenças entre a ausência e presença de *Daphnia* (variável categórica) usando os três primeiros eixos da ACP (variáveis respostas) dos parâmetros ambientais.

A terceira abordagem objetivou entender a contribuição relativa dos parâmetros ambientais que melhor explicam à ocorrência da *Daphnia* no sistema de tratamento de águas residuais urbanas. Neste caso foi aplicada uma regressão logística, com a variável resposta sendo binária (0 = ausência e 1 = presença) e as variáveis categóricas sendo os parâmetros ambientais. Uma vez mais, os parâmetros ambientais foram logaritmizados para uniformizar as variáveis em termos de unidades. A performance explicativa do modelo logístico foi avaliada através do teste de Wald (qui-quadrado) e critério Akaike (AIC). Para este primeiro conjunto de análises adotou-se um nível de significância $< 0,05$ para aferir diferenças estatísticas significativas.

1.4 Estrutura

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. Neste capítulo 1 é apresentado o enquadramento e a importância do tema, os objetivos, a abordagem metodológica. No capítulo 2 faz-se uma revisão sumária da literatura que permitirá interpretar e discutir os resultados. O capítulo 3 apresenta o caso de estudo e no capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados obtidos através da aplicação das ferramentas estatísticas. Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões do estudo e propostas algumas recomendações para trabalho futuro.

2 Revisão da Literatura

2.1 Águas residuais urbanas

As águas residuais são todas as águas rejeitadas após um uso específico, seja ele doméstico, industrial, de produção, entre outros. Após a sua utilização, as águas passam a apresentar características que podem ser prejudiciais ao meio ambiente e ao ser humano. Estas características variam dependendo da origem, da quantidade e de fatores climáticos, entre outros. As águas residuais, assim como as de drenagem, são recolhidas por um complexo sistema de recolha e drenagem, definido por Simões et al. (2008) como sendo uma rede fixa de coletores (tubagens e seus componentes de transporte), sistemas elevatórios (estações elevatórias), caixas de visita e sumidouros (ou sarjetas), que fazem com que o afluyente bruto chegue até às ETAR.

2.1.1 Características qualitativas das águas residuais urbanas

As águas residuais possuem um conjunto de substâncias dissolvidas e em suspensão, contendo um elevado número de microrganismos patogénicos e de origem fecal. As características encontradas nas águas residuais podem ser classificadas em três grupos: características físicas, químicas e biológicas (Tabela 2).

Físicas	Químicas		Gases	Biológicos
	Orgânicos	Inorgânicos		
Cor	Hidratos de Carbono	Alcalinidade	Ácido Sulfídrico	Animais
Cheiro	Proteínas	Cloretos	Metano	Plantas
Temperatura	Óleos e gorduras	Metais pesados	Oxigênio	Bactérias
Sólidos	Detergentes	Azoto		Vírus
	Pesticidas	Fósforo		
	Fenóis	pH		
	Compostos voláteis	Enxofre		

Tabela 2. Principais componentes das águas residuais. **Fonte:** Adaptado de Metcalf & Eddy, 1991, citado por Monte et al., 2016.

As águas residuais domésticas são provenientes da água da sanita, do banho, da lavagem de roupas e louça, entre outras, contendo óleos, gorduras, sólidos em

suspensão, matéria orgânica, organismos patogénos, nutrientes como o azoto e fósforo, e substâncias químicas diversas.

Já as águas residuais industriais, podem apresentar características de acordo com o tipo de atividade económica envolvida, podendo ser efluentes de indústrias, de explorações agrícolas, piscícolas e pecuárias, e também de empresas de restauração, oficinas mecânicas, lavanderias, entre outras. Isto faz com que a águas residuais apresentem uma elevada variabilidade nas suas características físicas, químicas e biológicas que podem ser nocivas ao meio ambiente.

2.1.2 Características quantitativas das águas residuais urbanas

De acordo Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP, 2021), em Portugal é tratada, diariamente, uma média de 1,8 milhões de m³ de águas residuais. Contudo, a quantidade de afluente bruto que chega às ETAR pode variar, por conta de diversos fatores, ao nível da: i) variação diária sendo os hábitos da população os principais fatores; ii) variação sazonal por eventos climatéricos, como elevada precipitação, ou variações pontuais da população, como em locais turísticos (Monte et al., 2016).

A figura 2 apresenta o padrão afluente às ETAR no decurso de um dia. A partir desta figura é possível observar que entre as 00 h e as 06 h ocorre o menor caudal. A partir deste ponto ocorre um aumento que vai até às 12 h, decaindo de seguida e estabilizando até às 18 h, quando volta a subir até as 21-22 h, decaindo novamente a partir daí (Monte et al., 2016). Como expectável, esta variação corresponde ao horário no qual ocorre a preparação de refeições e são realizadas atividades de higiene pessoal.

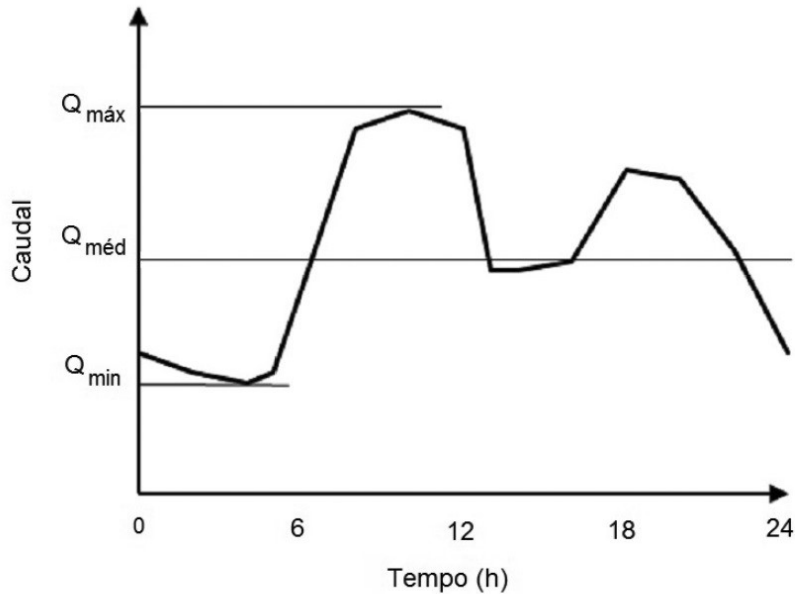


Figura 2. Variação típica do afluente bruto nas ETAR. **Fonte:** Adaptada de Sperling, 2007, citado por Monte et al., 2016

Em relação à variação anual, a época do verão, entre junho e setembro, é o período no qual são identificados os maiores consumos de água em Portugal, e consequentemente, quando se verifica o maior volume de caudal de afluente bruto nas ETAR. O período do inverno, entre dezembro e março, é o de menor caudal afluente, proveniente principalmente das águas residuais domésticas. Nesta época podem ser verificados alguns aumentos no caudal por conta da precipitação. Além destes casos, e no caso específico da ETAR de Fátima, eventos pontuais como as peregrinações a Nossa Senhora de Fátima, fazem com que ocorra um aumento no caudal do afluente bruto das ETAR.

2.1.3 Características de descarga das águas residuais urbanas

Em Portugal, o quadro legal estabelece três diplomas de referência associados às águas residuais: o Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho, o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto, e o Decreto-Lei nº 119/2019 de 21 de agosto. O Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho, estabelece as regras de recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio hídrico. Este diploma define os limites de descarga do efluente tratado, os quais são apresentados na tabela 3.

Parâmetro	Valor máximo	Porcentagem de redução	Observação
CBO	25 mg/L O ₂	70-90	-
CQO	125 mg/L O ₂	75	-
Sólidos em Suspensão	35 mg/L	90	e.p > 10.000
	60 mg/L	70	e.p. - 2.000 a 10.000
Azoto	15 mg/L N	70-80	e.p - 10.000 a 100.000
	10 mg/L N	70-80	e.p > 100.000
Fósforo	2 mg/L P	80	e.p - 10.000 a 100.000
	1 mg/L P	80	e.p > 100.000

Tabela 3. Limites de qualidade mínima que o efluente precisa apresentar para a sua descarga após tratamento. **Fonte:** Adaptado do Decreto Lei nº 152/97.

Em relação a estes limites de descargas do efluente tratado, o valor apresentado de percentagem de redução leva em consideração uma redução do valor do parâmetro do afluente bruto para o efluente final tratado. Os sólidos em suspensão são um parâmetro facultativo, e o seu valor limite pode ser maior de acordo com Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho: “As análises das descargas provenientes de lagoas serão efetuadas com amostras filtradas; no entanto, a concentração do total de partículas sólidas em suspensão em descargas de águas não filtradas não poderá exceder 150 mg/L”. Já os limites apresentados para azoto e fósforo são obrigatórios em regiões em que o efluente final tratado for descarregado em zona sensível, nomeadamente corpos hídricos sujeitos a eutrofização. Estas zonas são identificadas pelo Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho e suas posteriores alterações.

O Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto que estabelece “as normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos”, apresenta em seu anexo XVIII 34 parâmetros e seus valores máximos de emissão (VLE) para os efluentes tratados, observando-se os parâmetros mais utilizados nas licenças de descarga na tabela 4.

Parâmetro	Valor Máximo de Emissão (VLE)	Observação
pH	6,0 - 9,0	Valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo 5,0-10,0.
CBO	40 mg/L O ₂	-
CQO	150 mg/L O ₂	-
Sólidos em Suspensão	60 mg/L	-
Azoto total	15 mg/L N	-
Fósforo total	10 mg/L P	-
Óleos e gorduras	15 mg/L	-

Tabela 4. Parâmetros mais comuns utilizados para descarga de efluente tratado de acordo com o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto. **Fonte:** Adaptado do anexo V XIII do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto.

Os valores limites de emissão do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto são utilizados para as instalações não abrangidas no Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de Junho, a exemplo de fossas sépticas em zonas rurais.

Todas instalações que recolhem e tratam águas residuais necessitam de licenças. Para a obtenção destas licenças, as empresas precisam apresentar junto a APA, informações com as características do afluente bruto a tratar, como será efetuado o tratamento e quais as características do efluente tratada, de acordo com as necessidades do meio recetor.

Por fim, o Decreto-Lei nº 119/2019 apresenta o “regime jurídico de produção de água para reutilização (ApR), obtida a partir do tratamento de águas residuais, bem como da sua utilização, por forma a promover a sua correta utilização e a evitar efeitos nocivos para a saúde e para o ambiente”. Neste diploma legal são apresentados os limites para reutilização de água para rega, usos urbanos como lavagem de ruas, lavagem de veículos, águas de combate a incêndio e água para arrefecimento e, por fim, o uso de ApR para a indústria. Para cada tipo de uso são apresentados neste Decreto-Lei os valores paramétricos mínimos que a ApR precisa apresentar. Para produção e utilização deste tipo de águas é necessária a emissão de licenças de uso, a qual é da responsabilidade da APA.

2.2 Estações de Tratamento de Águas Residuais

As ETAR têm como objetivo a redução de poluentes presentes nas águas residuais, para que estas possam ser devolvidas aos meios recetores sem os afetar negativamente (Monte et al., 2016). Para que tal ocorra, as águas residuais passam por processos de tratamento em que os poluentes presentes são eliminados através de tratamentos físicos, biológicos e, se necessário, químicos. Em um contexto geral, as etapas de tratamento das águas residuais incluem: pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário. Os processos de tratamento podem ainda ser divididos entre os de fase líquida e sólida.

De acordo com o Relatório do Estado do Ambiente (REA, 2021), 6,5% das ETAR em Portugal continental possuem apenas tratamento primário, 76,4% possuem tratamento secundário e 14,9% possuem tratamentos mais avançados. Ainda de acordo com este relatório, o tratamento primário ocorre principalmente em instalações pequenas com população inferior a 1.000 e.p. Como a maioria das ETAR apresenta tratamento secundário, a concentração de CBO_5 na água residual tratada é, habitualmente, inferior a 25 mg/L de CBO_5 (Monte et al., 2016).

2.2.1 Fases líquidas do tratamento de águas residuais

2.2.1.1 Pré-tratamento

Esta primeira fase de tratamento do afluente bruto tem como objetivo a remoção dos sólidos em suspensão, areia, óleos e gorduras, materiais estes que podem interferir na eficiência do tratamento das águas residuais que chegam à ETAR. Nesta etapa destacam-se as etapas de gradagem, tamisação, desarenação e desengorduramento. É no pré-tratamento que o caudal é medido, quer após o tamisador ou após o desarenador.

Gradagem

A gradagem é o primeiro processo de tratamento de uma ETAR e tem como objetivo a remoção de sólidos com maiores dimensões podendo ser panos, pensos higiênicos, plásticos, toalhas, ramos, folhas e madeira, entre outros. O efluente é direcionado para um gradado (Figura 3), em que os sólidos maiores ficam retidos, prevenindo que obstruam as condutas e avariem as bombas. Os gradados que ficam presos podem ser removidos manualmente ou automaticamente, dependendo do sistema. Em relação ao tipo de orifícios da grade, retangular ou circular, este depende do tipo de limpeza utilizada. Em geral os gradados recolhidos têm tamanho maior que 6 mm (Sousa, 2016).

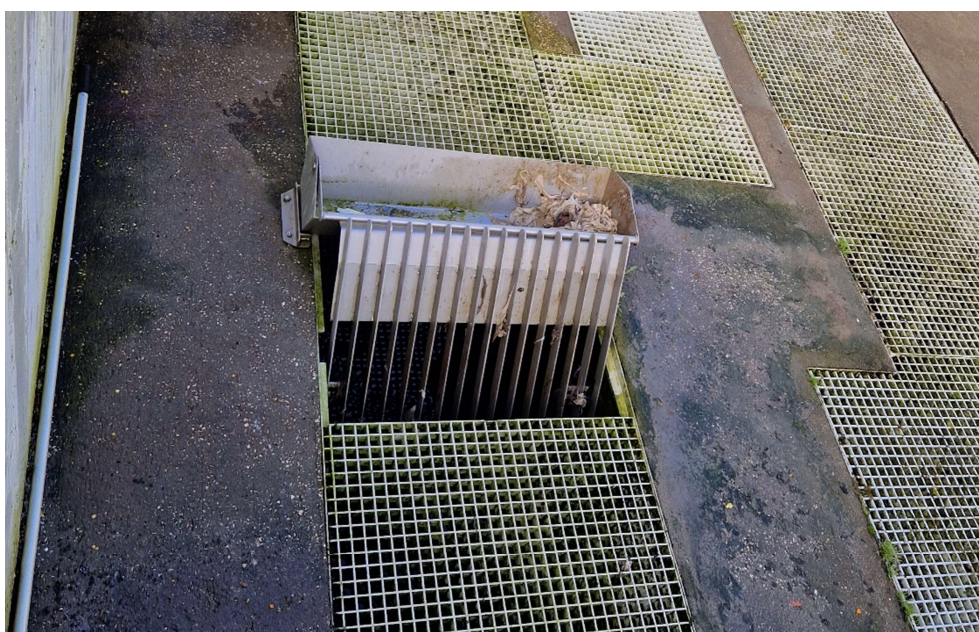


Figura 3. Gradado para remoção de sólidos com maiores dimensões. **Fonte:** Carla Rodrigues (2023)

Tamisação

Assim como na gradagem, a tamisação tem como objetivo a retenção de sólidos em suspensão, mas com dimensões menores que 6 mm (Sousa, 2016). Os tamisadores mais comuns possuem formato circular (Figura 4), onde o afluente passa e os sólidos que ficam presos na malha são removidos por meio de uma escova rotativa mecânica, levando estes resíduos para um recipiente adequado.



Figura 4. Tamisador circular com escova mecânica. **Fonte:** Google imagens (2023).

Desarenação e desengorduramento

A desarenação é a etapa posterior à gradagem e tamisação e tem como objetivo a recolha dos materiais inorgânicos que conseguiram passar pelas etapas anteriores, a exemplo de areias, gravilhas e matérias sólidas, entre outros. O processo ocorre num desarenador (Figura 5), por meio da sedimentação destes sólidos. Assim como nas etapas anteriores, a remoção faz com que os tratamentos posteriores tenham maior eficiência e evita avarias nos sistemas de tubagens, bombas, válvulas, difusores e outros (Sousa, 2016).

O processo de desengorduramento (Figura 5) tem como objetivo a remoção de óleos e gorduras presentes nos afluentes brutos. A presença deste tipo de compostos interfere diretamente na eficiência dos tratamentos físicos e biológicos que fazem parte das etapas seguintes, além de impactarem negativamente o meio ambiente. Os desengorduradores são estruturas com baixa velocidade de escoamento, sendo geralmente equipados com difusores de ar que fazem com que os óleos e gorduras cheguem até a superfície onde são recolhidos por intermédio de pontes raspadoras (Sousa, 2016).



Figura 5. Desarenador e desengordurador (à esquerda), equipado com difusores de ar. **Fonte:** Carla Rodrigues (2023).

2.2.1.2 Tratamento primário

Após o pré-tratamento, o afluente segue para o tratamento primário. Este pode ser efetuado por meio de decantação primária, e tem como objetivo a remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica particulada que ainda estejam no afluente. De acordo com o Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho o tratamento primário é:

“O tratamento das águas residuais urbanas por qualquer processo físico e ou químico que envolva a decantação das partículas sólidas em suspensão, ou por outro processo em que a CBO₅ das águas recebidas seja reduzida de, pelo menos, 20% antes da descarga e o total das partículas sólidas em suspensão das águas recebidas seja reduzido de, pelo menos, 50%.”

Para Monte et al. (2016), esta etapa do tratamento consiste na remoção dos sólidos em suspensão facilmente sedimentáveis (que sedimentam num período de cerca de 60 minutos), o que pode ocorrer naturalmente ou por meio do auxílio de um processo químico de floculação/coagulação. Esses sólidos vão sedimentando para o fundo da

lagoa, formando as lamas primárias, e o afluente segue sendo coletado pela parte superior e seguindo para a próxima etapa de tratamento.

2.2.1.3 Tratamento secundário

O tratamento secundário é definido no Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho, como sendo “o tratamento das águas residuais urbanas que envolve geralmente um tratamento biológico com decantação secundária ou outro processo que permita respeitar os valores constantes do quadro nº 1 do anexo I” (Anexo A). É nesta etapa que ocorre o tratamento a partir da ação de bactérias, aeróbias ou anaeróbias, seguido de processos físicos, que faz com que haja uma grande redução da matéria orgânica e dos sólidos em suspensão no efluente (Gonçalves, 2017). O tratamento secundário também pode ser dimensionado para remoção ou diminuição da quantidade de azoto e fósforo presentes (Simões et al., 2008).

Reator biológico

Nesta etapa do tratamento o afluente chega a uma estrutura com uma grande quantidade de microrganismos que irão metabolizar a matéria orgânica presente, retirando-a da fase líquida para a sua incorporação na biomassa. Estes processos podem ser realizados por meio de microrganismos aeróbios (na presença de oxigênio), anaeróbio (sem oxigênio), anóxicos (sem oxigênio mas na presença de nitritos e/ou nitratos) ou por meio de processos mistos (Simões et al., 2008).

Para Sousa (2016), o tratamento por via biológica ocorre pela digestão dos contaminantes orgânicos dissolvidos transformados em biomassa celular na forma de agregados em suspensão, que podem ser removidos por processos como a sedimentação. De entre os sistemas conhecidos, um dos mais utilizados é o de lamas ativadas (Figura 6), que transforma a matéria solúvel em matéria decantável. Este sistema é composto por um tanque com um arejador mecânico que irá fornecer o oxigênio necessário para que os organismos presentes metabolizem a matéria orgânica (Simões et al., 2008). Nesta etapa, uma parte das lamas e sólidos são removidos, seguindo a restante para a etapa seguinte de decantação secundária. Realce-se que

nesse tipo de sistema é necessário que seja sempre mantida uma percentagem de lamas microbiológicas, pois se houver a remoção total ou de grande parte da mesma, o sistema tende a perder a fração microbiana e sua eficiência diminui.



Figura 6. Reator biológico por sistema de lamas ativadas. **Fonte:** Carla Rodrigues (2023).

Decantação secundária

Após passar pelos reatores biológicos, o afluente em tratamento segue para o decantador secundário (Figura 7) que é uma etapa integrante do tratamento secundário. Os sólidos em suspensão depositam para o fundo do decantador e a água tratada sai pela região superior. A maior parte destes sistemas necessita apenas de processos físicos de separação, em que os sólidos mais pesados decantam. Contudo, em alguns casos, pode haver a necessidade de adicionar reagentes químicos. A adição desses produtos tem vários objetivos, tais como a coagulação química, condicionamento químico de lamas, desinfecção, neutralização do pH, remoção de fósforo e precipitação de metais pesados, entre outros objetivos (Monte et al., 2016).



Figura 7. Decantador secundário. **Fonte:** Carla Rodrigues (2023)

2.2.1.4 Tratamento terciário

Em alguns casos (por exemplo, descarga em zonas sensíveis) é necessário que os efluentes a serem libertados passem por mais uma etapa de tratamento, nomeadamente o terciário. Este tem como objetivo complementar o tratamento da água residual, para que ocorra a remoção de azoto e fósforo, e para que o efluente final seja desinfetado (Gonçalves, 2017; Monte et al., 2016). O tratamento secundário, por vezes, pode diminuir bastante a quantidade dos nutrientes presentes, mas em regiões classificadas como sensíveis a eutrofização, o tratamento terciário é mais comumente utilizado.

Nesta etapa do tratamento podem ser utilizadas tecnologias como filtros de areia, microtamização, desinfecção solar, desinfecção por radiação UV, e outras etapas necessárias para que haja o máximo de remoção de microrganismos patogénicos, nutrientes e sólidos em suspensão. As águas residuais que, necessariamente, devem sofrer este tipo de tratamento são as descarregadas em zonas sensíveis ou águas reutilizadas para agricultura, rega de espaços verdes e para o uso nas próprias ETAR.

Remoção de nutrientes

Como referido anteriormente, as águas residuais podem conter diversos nutrientes, realçando-se os compostos de azoto e fósforo. Uma elevada quantidade destes nutrientes num meio hídrico pode causar o crescimento descontrolado de algas, cianobactérias e vegetação, transformando estes copos de água em espaços anóxicos (Sousa, 2016). Este processo é conhecido por eutrofização (Figura 8), provocando a diminuição do oxigénio na água e aumento da mortalidade de peixes e outros organismos aeróbios, e ocasionando o desequilíbrio ambiental dos sistemas aquáticos. De acordo com Sousa (2016), a remoção deste tipo de nutrientes pode ocorrer por meio de processos físico-químicos e biológicos.



Figura 8. Corpo hídrico eutrofizado. **Fonte:** Google imagens (2023).

O azoto encontrado nas águas residuais pode-se apresentar sob a forma de amónia, azoto orgânico e nitratos. Em geral, estes compostos são removidos por meio de processos biológicos de amonificação, nitrificação e desnitrificação, processos que permitem a degradação do azoto nas suas diferentes formas (Sousa, 2016).

Já a presença de compostos fosforados nas águas residuais pode ser devida a compostos orgânicos proteicos, detergentes ou fertilizantes, entre outros (Monte et al., 2016). Para a sua remoção podem ser utilizados processos biológicos, químicos ou

bioquímicos. Por via biológica ocorre através da ação de microrganismos que assimilam compostos fosforados e os acumulam sob a forma de polifosfatos. Já a remoção química é realizada pela adição de coagulantes e/ou floculantes químicos, como sulfato de alumínio ou cloreto de ferro, ocorrendo coagulação e precipitação química (Sousa, 2016).

Desinfecção por radiação ultravioleta

Este tipo de tecnologia é utilizado pela ETAR de Fátima no seu tratamento terciário. Antes de a água tratada poder passar pelo filtro de radiação UV (Figura 9) é necessário um processo de filtração adicional, para que os sólidos que ainda permaneçam após os tratamentos anteriores sejam removidos. de modo a não afetarem a eficiência do tratamento (Simões et al., 2008). A radiação UV tem como um dos principais efeitos a possibilidade de danificar o material genético nos seres vivos, podendo eliminar ou diminuir a capacidade de reprodução destes. Deste modo, podem ser eliminados os microrganismos patogénicos que poderiam causar efeitos negativos na saúde e no ambiente (Monte et al., 2016).

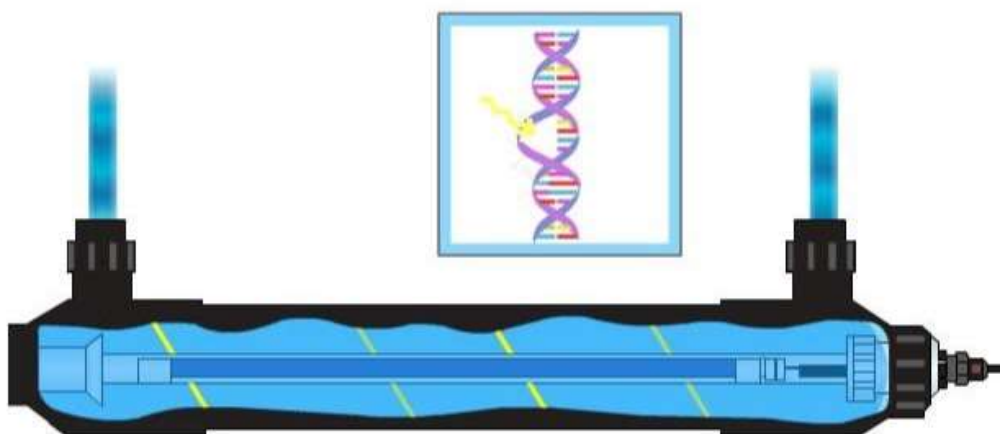


Figura 9. Sistema de tratamento por meio de radiação ultravioleta. **Fonte:** Google imagens (2023)

2.2.2 Fases sólidas do tratamento de águas residuais

Durante as etapas do tratamento da água residual nas ETAR, são gerados resíduos sólidos e lamas que também precisam passar por processos de tratamento. Os resíduos gerados no tratamento preliminar sob a forma de gradados, tamisados, areias e gorduras, assim como as lamas e flotados, constituem resíduos que podem causar impactos ambientais negativos, sendo necessário serem enviados para entidades especializadas no seu tratamento (Monte et al., 2016).

Os resíduos sólidos de maior dimensão, a exemplo de cotonetes, beatas de cigarro, preservativos, toalhas húmidas e pensos higiénicos, entre outros, recolhidos pelas grades e tamisadores, são compactados com o objetivo de diminuir o teor de água e reduzir o seu volume. Posteriormente são enviados para empresas especializadas nesse tipo de resíduo, incinerados ou enviados para aterros sanitários (Monte et al., 2016). Ainda na fase de pré-tratamento são recolhidas areias nos desarenadores, que podem ser lavadas com o objetivo de remover partículas orgânicas, e serem reutilizadas na construção civil ou seguirem para aterros. Por outro lado, o tratamento das gorduras, de difícil biodegradabilidade, consiste na inclusão na fileira de tratamento dedicado por empresa especializada (Monte et al., 2016). Já as lamas, provenientes dos processos de decantação do tratamento primário e secundário, são as principais fontes de resíduos sólidos gerados numa ETAR, sendo tratadas da forma que referida seguidamente (Simões et al., 2008).

Espessamento

O espessamento pode ocorrer por meio de espessamento gravítico, flotação com a presença de ar difuso e espessamento mecânico (Simões et al., 2008). O principal objetivo deste tipo de tratamento é aumentar a concentração dos sólidos e redução da água presente nas lamas, fazendo com que estas diminuam de volume e peso (Sousa, 2016). O espessamento gravítico (Figura 10) é um tipo de tratamento que tem como objetivo a sedimentação dos sólidos para o fundo de um tanque circular, formando-se um manto de lamas na parte inferior. Estas são compactadas pelo seu próprio peso, ocorrendo a separação entre a lama, na parte inferior, e a água sobrenadante, recolhida

na parte superior. Esta água pode ser encaminhada novamente para o processo de decantação ou para a obra de entrada da ETAR (Sousa, 2016). A lama resultante do espessador gravítico pode ainda ser encaminhada para um novo processo de separação de água e sólidos, como a secagem ou a desidratação por centrífuga.



Figura 10. Espessador gravítico. **Fonte:** Google imagens (2023)

Desidratação

Esta é a última etapa de tratamento da fase sólida numa ETAR, e tem como objetivo retirar o máximo de água presente nas lamas. Em geral, as ETAR de maiores dimensões procedem à desidratação mecânica através de equipamentos como filtros banda, filtros prensa ou centrífugas (Figura 11), sendo temporariamente armazenadas em contentores ou silos (Figura 12) e posteriormente encaminhadas para o seu destino final (Simões et al., 2008). Já em pequenas ETAR, e desde que haja espaço disponível,

opta-se pela utilização de sistemas naturais de desidratação (leitos e lagoas de secagem) (Sousa, 2016).

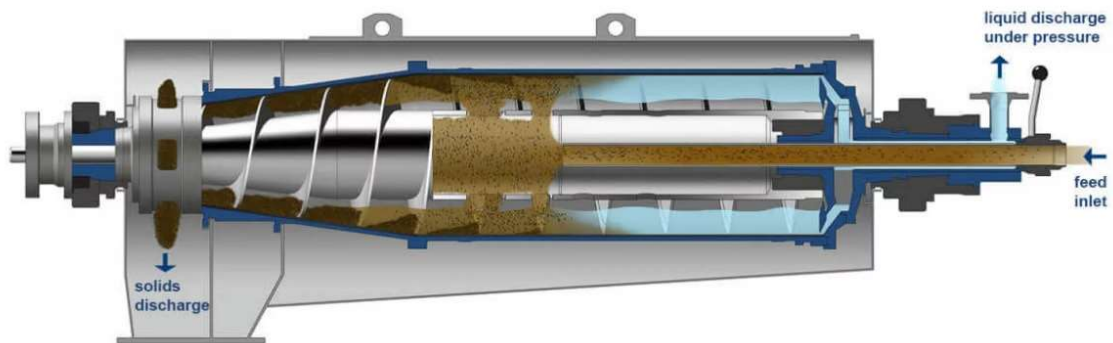


Figura 11. Centrífuga para desidratação de lamas, tecnologia utilizada na ETAR estudada. **Fonte:** Google imagens (2023).



Figura 12. Silo de armazenamento de lama desidratada. **Fonte:** Google imagens (2023)

2.3 *Daphnia* spp.

O organismo *Daphnia* spp. é conhecido popularmente como pulga-de-água, sendo um microcrustáceo de água doce que pertence à ordem Cladocera e à classe

Branchiopoda, encontrado na maioria dos ambientes lênticos como albufeiras, lagos e outros tipos de ambientes de água doce, desde que encontrem condições ideais para alimentação e reprodução (Antunes e Castro, 2017; Ebert, 2005). De acordo com Ebert (2005), a *Daphnia* spp. possui um comprimento que varia de menos de 1 mm a mais de 5 mm, sendo o macho menor que as fêmeas. O nome popular surgiu devido aos movimentos natatórios irregulares, assimilando-se a saltos de pulgas terrestres (Antunes e Castro, 2017). Atualmente são conhecidas mais de 100 espécies da *Daphnia* spp. (Ebert, 2022).

Este organismo possui uma grande importância no equilíbrio do ecossistema, alimentando-se de matéria orgânica em suspensão como bactérias e microalgas, e servindo também como alimento para larvas de insetos e anfíbios, peixes e outros. Tratando-se de um consumidor primário, este organismo controla a presença de fitoplâncton, fazendo com que as águas melhorem a sua qualidade química e microbiana, além de influenciar a sua turbidez (Antunes e Castro, 2017). Para Ebert (2005), a *Daphnia* spp. é um organismo filtrante que, no geral, consome partículas de cerca de 1 μm até 50 μm . Contudo, indivíduos maiores podem consumir matéria particulada em suspensão até 70 μm , sendo o seu principal alimento as microalgas.

Em relação à reprodução, a *Daphnia* spp. pode reproduzir-se de forma assexuada. Esta ocorre em condições ambientais favoráveis por meio da partenogênese, onde as progenitoras originam fêmeas juvenis geneticamente idênticas que ficam numa bolsa localizada no dorso das fêmeas (Figura 13) (Ebert, 2005; Antunes e Castro, 2017).



Figura 13. Imagens da espécie *Daphnia longispina*, a mais comum na Europa. Na primeira imagem uma fêmea carregando embriões partenogenéticos (assexuados), no centro, fêmea carregando ovos (reprodução sexuada), e por fim ovos ephippia. Antunes e Castro (2017).

Já em condições ambientais adversas como temperaturas baixas, baixo volume de água e diminuição da qualidade da água, algumas fêmeas podem produzir machos assexuadamente, com o objetivo de se reproduzirem de forma sexuada. A reprodução sexuada, em condições não ideais, ocorre com os ovos fecundados entrando num estado de quiescência, com ovos resistentes que só iniciam o processo de eclosão quando as condições ambientais se tornam favoráveis. Estes ovos são conhecidos como *ephippia* (Antunes e Castro, 2017). Este tipo de reprodução ocorre aquando da diminuição na quantidade de alimento, em lagos intermitentes, locais com águas quentes ou em períodos de seca, entre outras condições desfavoráveis. A eclosão ocorre por meio de estímulos externos como o aumento da temperatura ou da quantidade de água num lago intermitente, sendo que apenas descendentes fêmeas eclodem dos ovos (Ebert, 2005).

O ciclo de vida da *Daphnia* pode variar de 30 a 60 dias. Em condições ideais, as fêmeas depositam os ovos, por meio de partenogénese entre os 5 e os 10 dias de vida, podendo produzir ovos a cada 3 ou 4 dias até à sua morte. Dependendo da espécie, cada partenogénese pode produzir até 100 ovos como sucede em *D. magna* (Ebert, 2005). Quando em ambiente com baixo teor de oxigénio, toda a população é afetada, fazendo com que os indivíduos apresentem uma cor avermelhada (Ebert, 2005).

2.4 Parâmetros analíticos usados na monitorização da ETAR

2.4.1 pH

O pH é um parâmetro importante na água pois influencia os processos biológicos e químicos. Alguns processos biológicos que ocorrem numa ETAR tendem a diminuir o pH, pela libertação de produtos ácidos, podendo (se o pH não for controlado) inibir reações importantes como a formação de hidróxido de ferro na etapa da coagulação, assim como o desenvolvimento da biomassa na etapa de tratamento secundário (Monte et al., 2016; Oliveira, 2017; Santos, 2018). O Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto (Anexo B) legisla que o VLE para o pH tem de estar no intervalo de 6 a 9.

2.4.2 Sólidos Suspensos (SS)

Os sólidos suspensos, presentes nas águas residuais, dividem-se em sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF) e sólidos suspensos voláteis (SSV). Os SST são um parâmetro facultativo em relação ao Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho (Anexo A), que estipula uma concentração limite de 35 mg/L para e.p. superiores a 10 000 e de 60 mg/L para e.p. de 2 000 a 10 000. O VLE para os SST de acordo com Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto (Anexo B) é de 60 mg/L.

2.4.3 Carência Química de Oxigénio (CQO)

A CQO é um parâmetro que avalia a matéria orgânica presente na água residual e quantifica o oxigénio necessário para que ocorra a sua oxidação química (Monte et al., 2016). Os seus limites para descarga nos meios recetores são de 125 mg/L O₂ (Anexo A) para águas residuais urbanas e de 150 mg/L O₂ (Anexo B) para outras fontes domésticas não industriais.

2.4.4 Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO)

A CBO é um dos principais parâmetros utilizado para avaliar a poluição orgânica das águas residuais. Este parâmetro mede a quantidade de oxigénio utilizada na oxidação bioquímica da matéria orgânica (biodegradável) presente nas águas residuais

por reações biológicas (Monte et al., 2016; Simões et al., 2008). Este parâmetro também é comumente referido por CBO_5 devido ao tempo que demora para a sua determinação (5 dias). Os valores limite são de 25 mg/L O_2 (Anexo A) para águas residuais urbanas, ou 40 mg/L O_2 (Anexo B) para outras fontes domésticas não industriais.

2.4.5 Azoto Total (NT)

O azoto (ou nitrogénio) é um elemento essencial para os seres vivos. Na sua forma molecular (N_2) é relativamente inerte, sendo o gás mais abundante na atmosfera (chegando a 78% em volume) e é um indicador de poluição dos meios hídricos (Monte et al., 2016). Nas águas residuais, o azoto é encontrado normalmente na forma de azoto orgânico, amoniacal (N-NH_4^+), nitroso (N-NO_2^-), nítrico (N-NO_3^-) e gasoso ($\text{N-N}_2\text{O}$ e N_2) (Macário et al., 2018). Nas águas residuais domésticas a ureia e as proteínas são as principais fontes de azoto (Monte et al., 2016). Sobre os limites de descarga nos meios recetores, o Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho (Anexo A) apresenta um limite máximo para a descarga em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização de 15 mg/L N para 10 000 a 100 000 e.p. e 10 mg/L N para e.p. superiores a 100 000. O Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto (Anexo B) que apresenta o VLE para outras fontes domésticas não industriais, limita o azoto total a 15 mg/L.

2.4.6 Fósforo Total (PT)

O fósforo é um elemento químico essencial para os ciclos ecológicos, passando do solo para as plantas (como produtores primários), sendo consumido pelos animais e seguindo posteriormente para a água. Nos seres vivos (flora e fauna), o fósforo é encontrado incorporado nos ácidos nucleicos, fosfolípidos e polímeros das paredes celulares sob a forma do ião fosfato (Monte et al., 2016). Ainda de acordo com estes autores, a presença de fósforo e de compostos fosforados nas águas residuais provém, principalmente, de compostos orgânicos e de detergentes. Uma outra grande fonte de poluição das águas por compostos fosforados é por via da poluição difusa, através de fertilizantes transportados pelas águas infiltradas e pela escorrência das águas superficiais.

Após o tratamento das águas residuais, o limite máximo permitido para a descarga de fósforo em áreas sensíveis, de acordo com o Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho (Anexo A), é de 2 mg/L P para um e.p. de 10 000 a 100 000 e de 1 mg/L P para um e.p. superior a 100 000. Já o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto (Anexo B) apresenta um valor geral limite de 10 mg/L P, 30 mg/L P em águas que alimentem lagoas ou albufeiras e 0,5 mg/L P em lagoas e albufeiras.

2.4.7 Ião amónio (NH_4^+)

O Ião amónio é um composto de azoto indicador da presença de poluição nas águas, podendo ser proveniente de processos de degradação naturais ou por via da ação humana, a exemplo da utilização de fertilizantes azotados para recomposição dos solos (Mendes e Oliveira, 2004). O limite legal para os compostos de azoto amoniacal nas águas residuais tratadas é dado pelo Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto que limita a 10 mg/L NH_4^+ .

2.4.8 Ião nitrato (NO_3^-)

O Ião nitrato (NO_3^-) é mais uma forma de azoto que está presente nas águas residuais, sendo a seu composto mais oxidado neste tipo de água (Monte et al., 2016). Podem ser originários de fontes naturais ou, principalmente, pela contaminação dos solos a partir da utilização de fertilizantes azotados nos mesmos (Mendes & Oliveira, 2004). O NO_3^- é, essencialmente, formado através da oxidação de azoto amoniacal na presença de oxigénio dissolvido.

2.4.9 Transmitância

A transmitância é normalmente monitorizada em ETAR que utilizam a desinfecção por meio de radiação UV, pois afere a capacidade da água em ser atravessada por um feixe de luz. Este parâmetro encontra-se relacionado com a absorvância, que é a quantidade de luz de um determinado comprimento de onda absorvida pela água e substâncias dissolvidas (Monte et al., 2016). Existe uma relação próxima entre a

transmitância e a absorvância: enquanto a primeira é a quantidade de energia luminosa que consegue passar pela água, a segunda é a energia luminosa absorvida pela água. Desta forma, quando uma aumenta a outra diminui.

2.5 Ferramentas Estatísticas

2.5.1 Matriz de correlação

A matriz de correlação é uma tabela onde são apresentados coeficientes de correlação entre variáveis, em que cada célula mostra a correlação entre duas variáveis. A correlação mais conhecida e utilizada é a correlação de Pearson, que se refere a proximidade em que duas variáveis têm em ter uma relação linear entre si (Rocha, 2018). Em estatística a correlação é representada pela letra r . Em uma matriz de correlação os valores variam entre -1 e 1. Quando o valor $r > 0$ existe uma correlação positiva, isto significa que as variáveis se movem na mesma direção, já quando o valor de $r < 0$ a correlação é negativa, então as variáveis se movem para direções opostas, então, quando o valor de uma variável aumenta, o valor da outra diminui. Se o $r = 0$ temos a correlação nula, que significa que as variáveis não estão relacionadas entre si. Então quanto mais próximo o valor da correlação for de 1 e de -1 interpretasse que existe uma relação forte entre as variáveis, seja positiva ou negativa (Rocha, 2018).

2.5.2 Análise de Componentes Principais (ACP)

A Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica estatística multivariada que inicialmente transforma, de forma linear um conjunto inicial de variáveis, correlacionáveis entre si, num conjunto menor de variáveis com a menor perda possível de informação, denominados de componentes principais (Hongyu et al, 2015). Para Abdi e Willians (2010), é uma das técnicas multivariadas mais populares em todas as áreas do conhecimento e uma das mais antigas. Ainda de acordo com estes autores, a ACP tem como objetivo a análise de uma tabela de dados primários, representando observações descritas por diversas variáveis independentes, em geral inter-correlacionáveis, e a sua representação como um conjunto de novas variáveis

ortogonais, chamadas componentes principais, de modo a exibir padrões de similaridade das observações e das variáveis como pontos a partir de gráficos. A principal vantagem da ACP é poder eliminar (ou diminuir) uma possível multicolinearidade das variáveis primárias, definida como a existência de relações lineares entre os regressores, transformando um conjunto de variáveis originais intercorrelacionadas num novo conjunto de variáveis não correlacionadas, i.e. os componentes principais (Hongyu et al, 2015).

2.5.3 Teste t

É um teste paramétrico (onde a população é caracterizada por uma distribuição que depende de parâmetros), sendo também um teste de hipóteses que permite comparar médias. A partir deste teste é possível comparar a média de uma amostra com a média de uma população, comparar duas médias amostrais, ou então comparar duas médias de uma mesma amostra que foi investigada em dois momentos de tempo distintos. Apresenta este nome pois cada um dos testes t resume seus dados amostrais em um número, que é o valor t (Anúnciação, 2021).

2.5.4 Regressão Logística

A regressão logística é uma ferramenta estatística recomendada para casos em que a variável dependente é dicotômica ou binária, i.e. o valor de y apenas pode apresentar duas categorias (0 ou 1, sim ou não, eleito ou não eleito, etc.). Num contexto geral, a ocorrência dos eventos de uma pesquisa binária é apresentada pelo número 1, já a ausência do evento é representada por 0 (Fernandes et al., 2020). Esta ferramenta estatística permite que a partir do modelo geral seja possível calcular ou prever a possibilidade de um evento ocorrer ou não, dada uma observação aleatória, prevendo assim o efeito de um conjunto de variáveis independentes sobre a variável dependente (Gonzalez, 2018). Então, se um determinado conjunto de variáveis apresenta uma certa característica que faz com que o evento ocorra (1), ou não (0), é possível prever a ocorrência (ou não) de um novo evento após a criação do modelo.

2.5.5 Teste de Wald

O teste de Wald foi proposto por Wald no ano 1943, requerendo apenas um modelo ajustado. A ideia é verificar se há evidências de que um ou mais parâmetros são iguais aos valores assumidos. O teste de Wald avalia a distância entre o valor esperado e o valor assumido. Este teste pode ser usado para formar hipóteses para vários parâmetros e é particularmente importante para testar evidências de que os parâmetros são geralmente iguais a zero para uma determinada variável explicativa e variável de resposta. Se essa hipótese não for rejeitada, significa que não há perda de qualidade do modelo pela remoção dessa variável (Freitas, 2022).

3 Caso de Estudo – ETAR de Fátima

3.1 Entidade Gestora

O Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Águas e Saneamento das Águas do Centro Litoral foi criado pelo Decreto-Lei nº 92/2015 de 29 de maio, sendo resultado da junção do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Baixo Mondego - Bairrada (criado pelo Decreto-Lei n.º 172/2004, de 17 de julho), do Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro (SIMRIA) (criado pelo Decreto-Lei nº 101/97, de 26 de abril) e do Sistema Multimunicipal de Saneamento do Lis (SIMLIS) (criado pelo Decreto-Lei n.º 543/99, de 13 de dezembro). Após reorganização das entidades acima citadas, o capital social ficou concentrado na AdCL (Águas do Centro Litoral), no grupo Águas de Portugal (AdP), acionista maioritário com 60,71% de participação do capital social, e em 29 municípios da região centro litoral de Portugal: Águeda, Albergaria-a-Velha, Ansião, Arganil, Aveiro, Batalha, Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Espinho, Estarreja, Góis, Ílhavo, Leiria, Lousã, Marinha Grande, Mealhada, Mira, Miranda do Corvo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ourém, Ovar, Penacova, Penela, Porto de Mós, Santa Maria da Feira, Vagos e Vila Nova de Poiares. Os municípios com maiores participações são Coimbra (10,94%), Leiria (7,36%) e Aveiro (3,13%).

O Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Centro Litoral é responsável pela captação, tratamento e abastecimento de água, a recolha, tratamento e disposição final de efluentes domésticos e urbanos, e a receção de efluentes de fossas sépticas. A AdCL é também responsável pelo controlo da qualidade da água de abastecimento e dos efluentes tratados e toda a manutenção do sistema de abastecimento e saneamento, tendo por objetivo a qualidade do serviço prestado. A AdCL tem a concessão de exploração e gestão do Sistema Multimunicipal de Abastecimento e Água e do Saneamento da região Centro Litoral por 30 anos, a partir de 2015. A empresa tem como missão “Promover a concessão da exploração e da gestão do sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Centro Litoral de Portugal”, e a sua visão é “Ser uma empresa de referência no setor da água, em termos de qualidade do serviço prestado, e um parceiro ativo para o desenvolvimento sustentável da Região Centro Litoral” (AdCL,2022).

A sua rede de abastecimento de água conta com 21 fontes de captação, 4 estações de tratamento de água (ETA), cerca de 345 km de condutas, 38 estações elevatórias (EE) e 60 reservatórios, servindo atualmente cerca de 297 mil habitantes e fornecendo (em 2022) um volume total de 30.164 milhares de m³ (AdCL, 2022). Já o sistema de saneamento de águas residuais abrange uma população de 722 mil habitantes e conta com 67 ETAR, 870 km de emissários, 159 EE e 2 emissários submarinos, tratando diariamente 194 mil m³ de águas residuais, e anualmente 64.339 milhares de m³ (AdCL, 2022).

É responsável pelo abastecimento e saneamento de 13 municípios, nos distritos de Aveiro (Mealhada), Coimbra (Coimbra, Arganil, Condeixa-a-Nova, Góis, Lousã, Mira, Miranda do Corvo, Penacova, Penela e Vila Nova de Poiares) e Leiria (Ansião e Leiria), com uma projeção de abranger uma população de 345 mil habitantes no ano de 2025 (Figura 14).

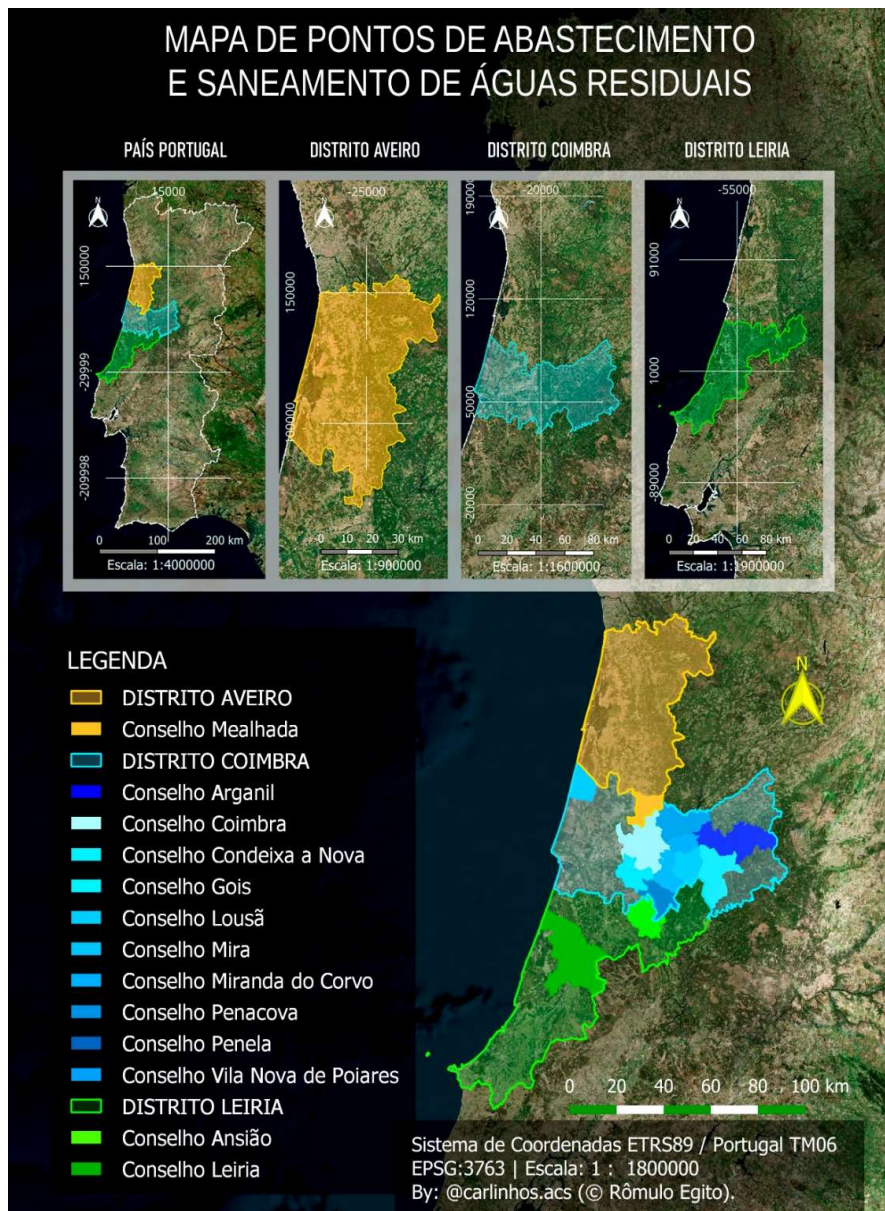


Figura 14. Locais onde a AdCL realizada abastecimento e saneamento. **Fonte:** Carlos Cavalcante, 2023.

Em relação aos concelhos apenas com saneamento das águas residuais são 17 municípios abrangidos, nos distritos de Aveiro (Águeda, Albergaria-a-Velha, Aveiro, Estarreja, Espinho, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Santa Maria da Feira e Vagos), Coimbra (Cantanhede e Soure), Leiria (Batalha, Marinha Grande e Porto de Mós) e Santarém (Ourém), para um equivalente populacional de 780 mil pessoas. Em relação à área geográfica, a AdCL abrange uma área total de 5.485 km² em todo o seu sistema de abastecimento de água e tratamento de águas residuais (Figura 15).

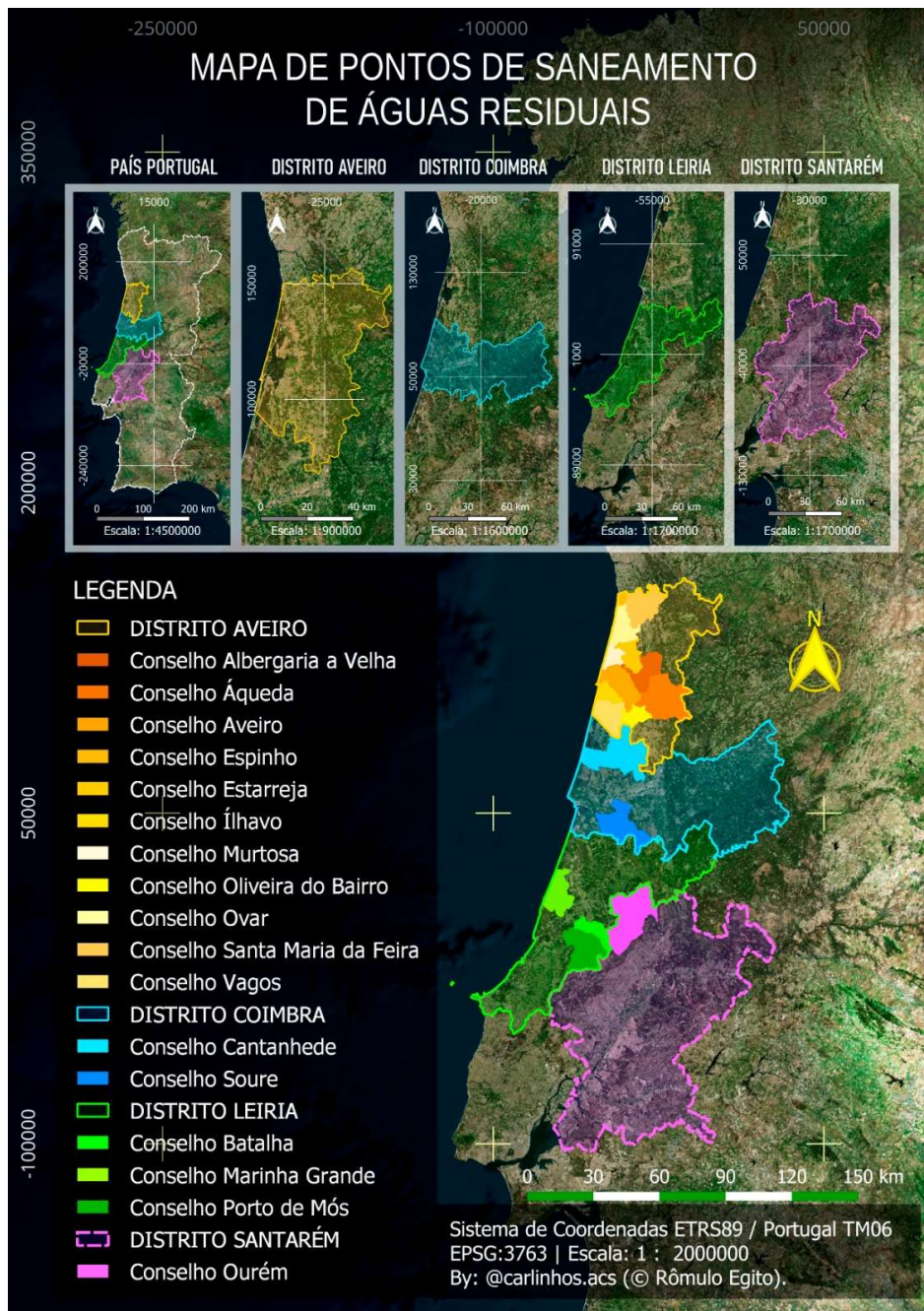


Figura 15. Locais onde a AdCL realiza apenas saneamento. **Fonte:** Carlos Cavalcante, 2023.

A ETAR de Fátima constitui o caso de estudo do presente trabalho. Esta ETAR fica localizada na povoação de Vale de Cavalos na freguesia de Fátima, concelho de Ourém (39°35'35.4"N 8°36'11.4"W) e distrito de Santarém, servindo a cidade de Fátima (Figura 16).

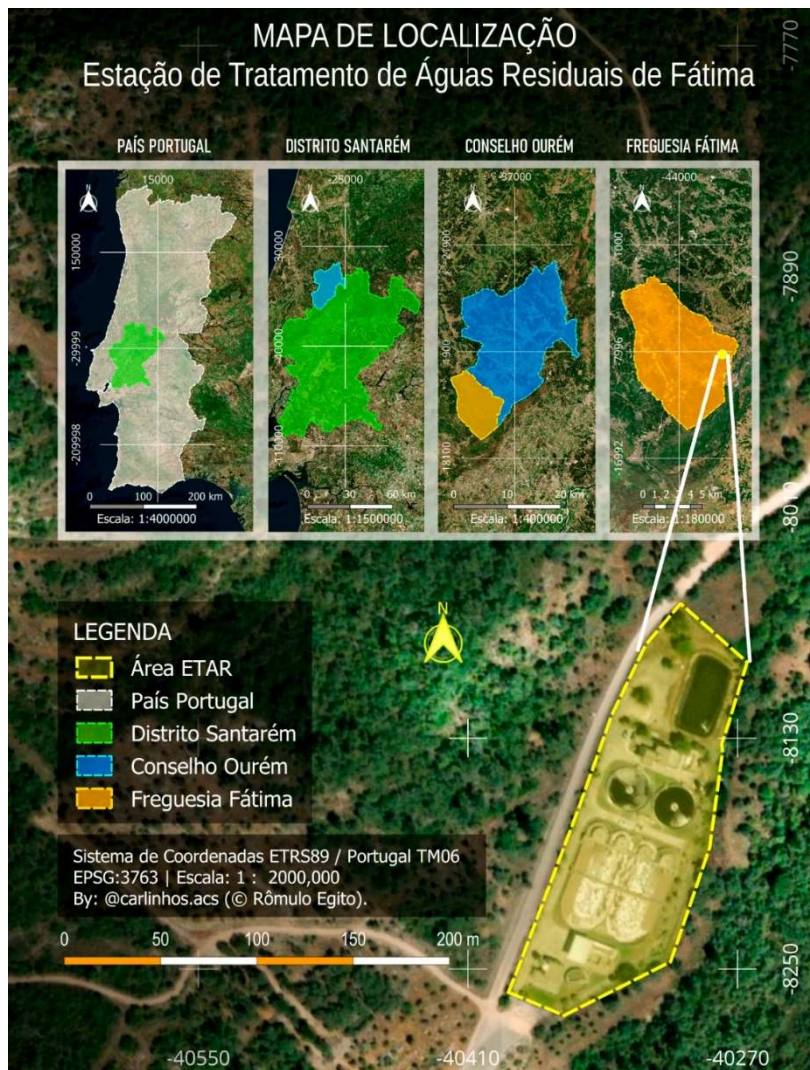


Figura 16. Localização da ETAR de Fátima. **Fonte:** Carlos Cavalcante, 2023.

3.2 ETAR de Fátima

A ETAR de Fátima conta, na sua área de receção de águas residuais, com o Santuário de Fátima, sendo uma das regiões mais conhecidas de Portugal em relação ao turismo religioso. Por conta disso, a ETAR fica sujeita a períodos sazonais de maior afluência de caudal e carga (finais de semana e datas comemorativas) quando são realizados eventos religiosos, principalmente nos meses de maio e outubro, por conta de uma maior presença de pessoas na área. A ETAR de Fátima tem demonstrado bom desempenho no tratamento desde que iniciou a sua atividade, demonstra qualidade e excelência no seu desempenho, não apresentando dificuldades em cumprir com os

requisitos legais em relação à descarga dos efluentes tratados, salvo em eventos pontuais.

A ETAR foi inaugurada no ano de 2005 tendo como base o ano horizonte de 2021. Foi dimensionada para tratar um equivalente populacional de 33.120 habitantes o que equivale a 5193 m³/dia, mas tem capacidade hidráulica para receber um caudal máximo de 654 m³/h (15 696 m³/dia), devido à sazonalidade de peregrinos durante as festas da padroeira, quando a população da região chega a triplicar. Além das águas residuais que chegam por meio das redes coletoras, a ETAR é projetada para receber lamas de sistemas de tratamento individuais, a exemplo das fossas sépticas. A ETAR foi projetada para realizar tratamento terciário, e possui as etapas de tratamento apresentadas na figura 17.

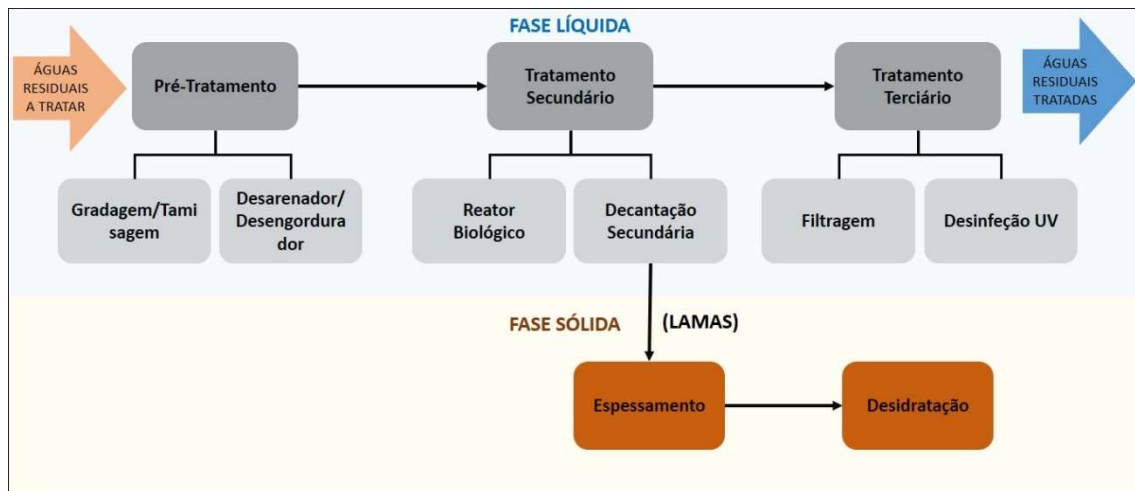


Figura 17. Etapas do tratamento na ETAR de Fátima. **Fonte:** Autor, 2023

Na sua primeira etapa (pré-tratamento), o afluente bruto passa por uma grade e um tamisador que têm como objetivo retirar os sólidos mais volumosos e mais finos, respetivamente. Ainda no pré-tratamento, o afluente passa por uma desarenador e um desengordurador, para remoção das areias e óleos, respetivamente. O tratamento secundário inicia-se com o tratamento biológico por via de um sistema de lamas ativadas que opera em regime de arejamento prolongado, em duas linhas de vala de oxidação independentes de quatro canais cada. Para completar o tratamento secundário, a água residual chega ao decantador secundário que separa a água tratada da biomassa

mineralizada e floculada do processo anterior. Na última etapa do tratamento é realizada a filtração (microtamização) e a desinfecção utilizando a tecnologia de radiação UV. Após isso, a água residual tratada segue para armazenamento num reservatório de 30 m³ que alimenta as águas de serviços da instalação, ou para o meio recetor, que no caso da ETAR de Fátima é o ribeiro das Matas, ribeira da Bezelga (afluente do rio Nabão) e que faz parte da bacia hidrográfica do Tejo.

Para além das etapas associadas à fase líquida, o processo de tratamento de águas residuais nesta ETAR contempla também o tratamento da fase sólida, proveniente das lamas geradas na decantação secundária. Uma parte dessas lamas é recirculada, voltando para as valas de oxidação, e a outra parte segue para o espessador e, posteriormente, para a centrífuga onde é realizada a desidratação das lamas. Estas etapas de tratamento fazem com que o efluente final tratado possua a qualidade necessária para voltar aos meios recetores. Apesar disso, eventos pontuais e excecionais podem causar algumas dificuldades no tratamento dos afluentes brutos.

3.3 Efeito da pandemia COVID-19

A pandemia do COVID-19 afetou várias atividades económicas, nomeadamente as associadas aos eventos religiosos em Fátima. Este facto terá provocado alterações no perfil dos caudais afluentes da ETAR. No mês de dezembro de 2020 notou-se uma modificação, tendo-se começado a obter um clarificado com um aspeto turvo na etapa de decantação secundária. Após uma análise mais cuidadosa da água em tratamento, detetou-se a presença em grande quantidade do microcrustáceo *Daphnia* spp. (Figura 18).



Figura 18. Recolha de águas residuais com a presença de *Daphnia* spp. no decantador secundário. **Fonte:** Fábio Henriques, 2022.

Este organismo apresenta uma rápida proliferação e a sua presença em excesso na etapa de decantação secundária faz com, que ao se moverem, os sólidos em suspensão não decantem, afetando assim o processo de decantação. A presença deste organismo influencia também negativamente na qualidade do efluente tratado, nomeadamente nos parâmetros microbiológicos, turvação e na diminuição da eficiência da desinfecção UV. Entre dezembro de 2020 a junho de 2022, foram identificadas aproximadamente 30 interferências no tratamento por conta do aparecimento de *Daphnia* spp. (figura 19). Como forma de controlar esta infestação, foram realizados doseamentos de hipoclorito de sódio, eliminando estes organismos. Contudo, existem períodos em que os microcrustáceos aparecem novamente e, até o momento, não foi possível eliminar o problema de forma definitiva.



Figura 19. Foto do decantador secundário. **Fonte:** Fábio Henriques, 2022.

4 Análise e Discussão dos Resultados

4.1 Identificação das *Daphnia* spp. presentes na ETAR de Fátima

A *Daphnia* spp. é um microrganismo presente em todo o mundo. A Europa apresenta uma grande diversidade, com destaque para a *D. magna*, *D. pulex*, *D. obtusa*, *D. pulicaria*, *D. longispina* e *D. curvirostris* (Petrusek, 2007). Estes microrganismos são identificados por via da sua taxonomia e/ou partir de análises genéticas. No presente estudo foram realizadas identificações taxonómicas e, a partir destas, foram identificadas 3 espécies: *D. longispina*, *D. obtusa* e *D. pulicaria*. De acordo ainda com Ebert (2005), estas espécies são amplamente encontradas na Europa, com destaque para a região da Península Ibérica. A espécie presente na figura 20, apresenta características da *D. longispina*.

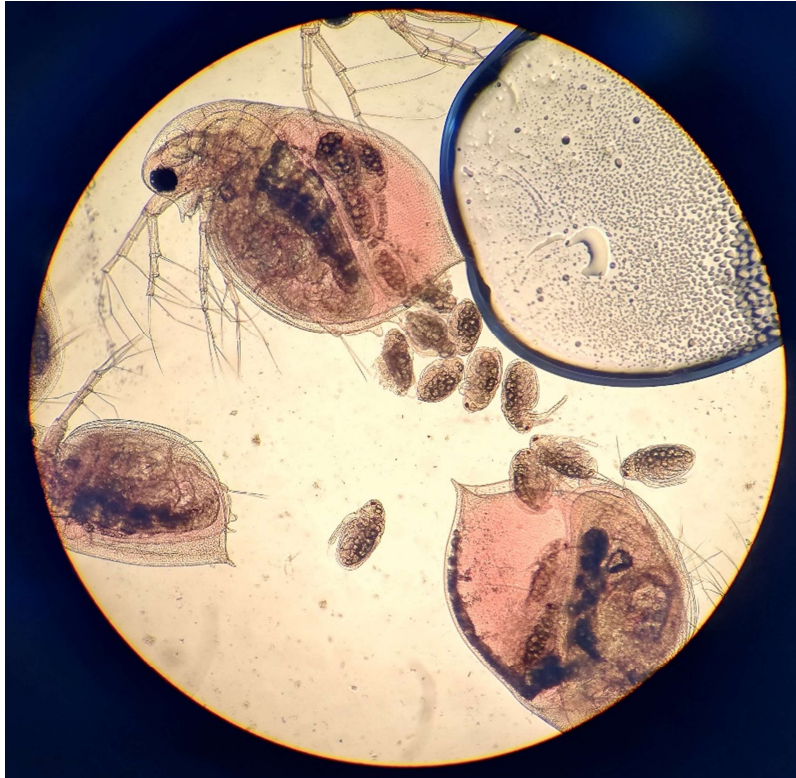


Figura 20. Fêmea de *Daphnia* spp. vista ao microscópio em reprodução assexuada. Espécie coletada no decantador secundário na ETAR de Fátima. **Fonte:** Fábio Henrique, 2022

Num estudo realizado na bacia hidrográfica do rio Pó, na província de Cremona na Itália, foram recolhidas amostras de sedimento em 24 lagos, destes, a *Daphnia* spp foi encontrado em 14. Por intermédio de análises de marcadores genéticos foram identificadas cinco espécies. A *D. pulex*, que de acordo com o estudo genético é nativa da Europa, diferentemente da *D. ambigua* que apresentou compartilhamento de haplótipo com uma espécie no nordeste dos Estados Unidos, tendo chegado à Europa por dispersão a longa distância. Outras espécies encontradas foram a *D. curvirostris*, *D. longispina* e *D. obtusa* (Marková et al., 2016). Os resultados encontrados por estes autores apresentam grande semelhança com os encontrados no presente estudo.

4.2 Influência da pandemia COVID-19 no caudal de entrada

A pandemia do coronavírus acarretou a mudança da dinâmica de vários ambientes, sejam elas positivas ou negativas. A pandemia foi declarada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) no dia 11 de março de 2020, e ainda durante este

mês o governo português implementou medidas de controlo como: confinamento obrigatório em domicílio, encerramento do comércio e escolas, barreiras sanitárias, entre outras (Silva et al., 2022). As principais medidas foram mantidas, de forma intermitente, durante cerca de dois anos após o início da pandemia, pelo que ao longo tempo que as restrições foram mantidas foi possível observar algumas alterações na ETAR de Fátima.

Em relação à monitorização do caudal de entrada de água residual na ETAR de Fátima, foram estudados dois períodos distintos, o primeiro antes da pandemia da COVID-19 que compreende junho de 2017 a fevereiro de 2020, e o segundo compreendendo a época onde as medidas de combate à pandemia estiveram em vigor, de março de 2020 a junho de 2022. A tabela 5 apresenta informações gerais em relação ao caudal dos dois períodos.

Período	Caudal (em m ³ /dia)		
	Média	Máximo	Mínimo
Pré COVID (Jun/17 - Fev/20)	2594	3514	1855
Durante COVID (Mar/20 - Jun/22)	2086	2565	1398

Tabela 5. Médias, valores máximos e mínimos dos caudais de entrada nos períodos monitorizados.

A média diária pré COVID (de junho de 2017 a fevereiro de 2020) foi de, aproximadamente, 2594 m³/dia. Durante o período da pandemia (de março de 2020 a junho de 2022) a média reduziu-se para 2085 m³/dia, uma redução de aproximadamente 22% no caudal afluente bruto na ETAR. O valor máximo do caudal registado em todo o período de estudo ocorreu em abril de 2019 com um valor de 3514 m³/dia, sendo 35 % maior que a média pré COVID e cerca de 67% maior que a média do período da pandemia. O caudal mais baixo tratado pela ETAR de Fátima foi identificado durante a pandemia, em maio de 2020, com um valor de 1398 m³/dia, sendo 33% menor que a média do período referente às medidas de controlo da COVID-19 e 46% menor

que a média pré COVID. A figura 21 apresenta a variação do caudal médio mensal no período 2017 a 2022.

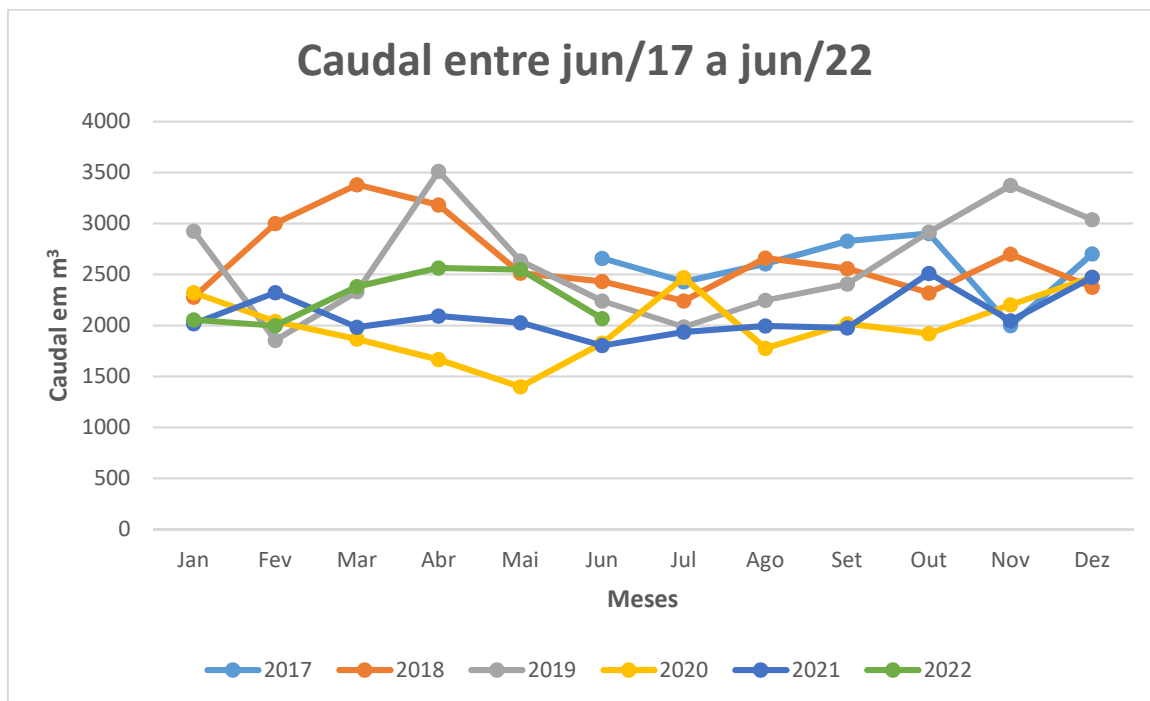


Figura 21. Caudal médio mensal entre os anos de 2017 e 2022.

A partir da figura 22 é possível identificar que o período durante as medidas de controlo da COVID-19 apresentou uma diminuição do caudal afluente bruto, sendo a única exceção o mês de julho de 2020 (aumento de, aproximadamente, 11% em relação à média do mês para os anos pré COVID-19). A redução média anual do caudal de entrada na ETAR de Fátima, a partir do início das medidas impostas para o combate à COVID, foi de 23% no primeiro ano de pandemia e de 21 % no segundo ano, em relação ao período pré COVID-19. O início da pandemia foi onde se identificou a maior redução do caudal, nomeadamente no mês de abril de 2020 com diminuição de 50% do caudal médio, e posteriormente no mês de maio do mesmo ano, com uma redução de 46%. A média dos valores mensais, que consta na figura 27, é relativa aos meses do período pré COVID-19 entre junho de 2017 e fevereiro de 2020, enquanto que o primeiro ano de combate à pandemia apresenta dados de março de 2020 a fevereiro de 2021 e o segundo ano de março de 2021 a fevereiro de 2022.

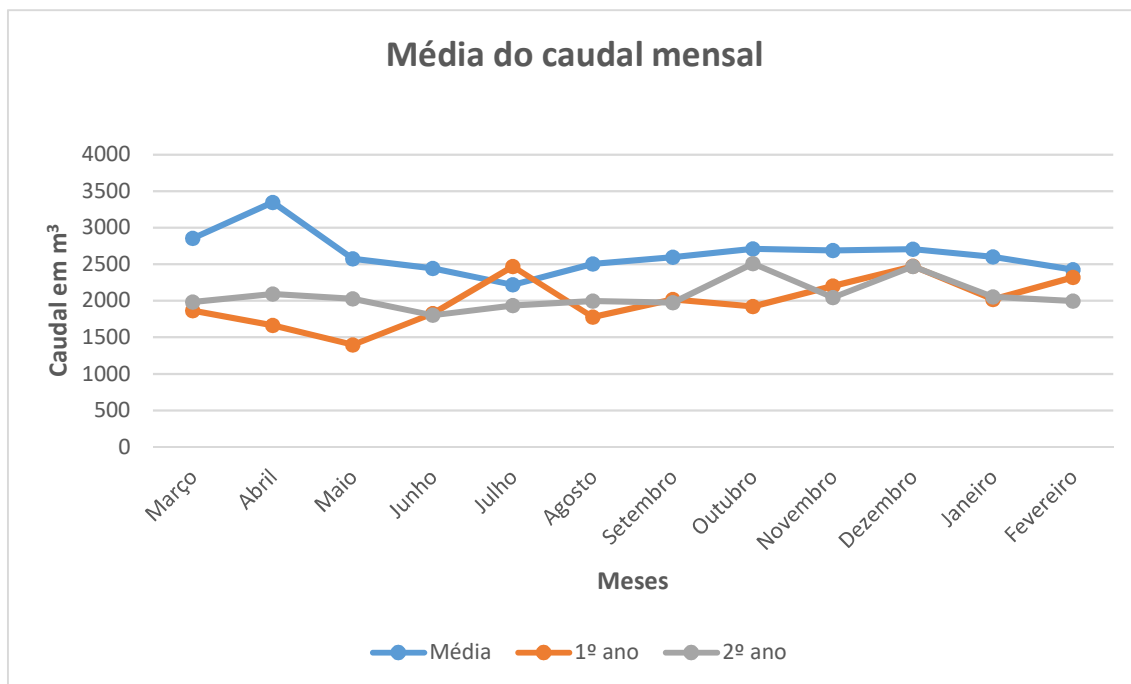


Figura 22. Caudal médio mensal pré e durante medidas de controlo a COVID-19.

Salienta-se ainda que os meses com maior sazonalidade de peregrinos, devido aos eventos religiosos na região, são maio e outubro. Em relação ao caudal nesses meses, é observado que maio de 2020 apresentou uma diminuição do caudal de 46 % em relação à média do mesmo mês nos anos anteriores, possivelmente ocasionado pelo início das medidas de combate à pandemia. Em outubro de 2020 houve uma redução de 30 % no caudal em relação ao caudal médio do mês antes das medidas de controlo à COVID-19, seguido de uma redução de 21 % em maio de 2021 e de 7 % em outubro de 2021. Os níveis do caudal de entrada do afluente bruto retornaram ao valor médio (2574 m³/dia) em maio de 2022 que apresentou uma média de 2548 m³/dia.

Num estudo realizado por Lopes (2021), no concelho de Aljezur (Algarve) nas ETAR de Vale da Telha, Praia de Odeceixe, Carrapateira, Bordeira e Maria Vinagre, foram realizadas análises temporais dos caudais de entrada, do ano de 2015 a 2020. Dos seis anos analisados na ETAR de Vale da Telha, o ano de 2020 foi o que apresentou a menor média mensal de caudal. Mesmo nos meses de época alta o caudal ficou abaixo da média dos anos anteriores, com valores ao redor de 500 m³/mês. O maior caudal para este ano foi identificado no mês de dezembro (3.800 m³/mês), devido a eventos de pluviosidade. A justificação referida para essa diminuição foi o início da pandemia do COVID-19. A ETAR de Praia de Odeceixe e a ETAR da Bordeira apresentaram comportamento

diferenciado das outras, já que houve uma diminuição próxima a 90% dos caudais das ETAR, por conta da diminuição da população veraneante a partir do final de 2016. Quatro das cinco ETAR apresentaram diminuição do caudal após o início da pandemia, com destaque para a ETAR de Maria Vinagre e a ETAR do Vale da Telha que apresentaram a maior diminuição. A ETAR da Carrapateira foi a exceção ao estudo com um aumento do caudal no ano de 2020. Neste estudo foram ainda realizadas análises dos caudais no primeiro semestre de 2021, tendo todas as ETAR apresentado valores de caudal menores do que o período pré medidas de combate ao COVID-19 (Lopes, 2021).

Na área de gestão do Monte da Rocha, da responsabilidade das Águas Públicas do Alentejo (AgdA), as principais ETAR são a de Ourique, de Castro Verde e Almodôvar. A ETAR de Almodôvar tem uma capacidade máxima diária de 480 m³/dia para 3500 e.p., tendo existido uma diminuição de, aproximadamente, 5% no caudal de entrada do afluente bruto os anos de 2020 e 2021 em relação à média de 2018 a 2019. O menor caudal médio identificado em todo o período de 2018 a 2022 foi de 549 m³/dia para o mês de agosto de 2020, já durante o período das medidas de combate à COVID-19, 25% menor do que a média de todo o período em estudo. Já a ETAR de Castro Verde foi projetada para receber um volume diário de 898 m³ para um e.p. de 6300 habitantes. A média anual do caudal dos anos com restrições à COVID-19 (2020 – 2021) foi 13% menor em relação aos anos pré pandemia (2018 – 2019), sendo o ano de 2020 o de menor média anual com um valor de 889 m³/dia.

4.3 Parâmetros físico-químicos

A análise dos resultados da monitorização dos parâmetros físico-químicos teve como objetivo avaliar se o afluente bruto sofreu influência, ao nível da sua qualidade, devido à pandemia da COVID-19, da mesma forma que o caudal afluente que apresentou diferenças significativas. Neste sentido foram analisados os seguintes parâmetros monitorizados na ETAR de Fátima, pH, SST, CQO, CBO₅, NT e PT.

CBO₅

Em relação à CBO₅ antes e depois da pandemia, conclui-se que houve uma redução média de 34 % no primeiro ano após o início das medidas de combate à COVID-19, e de 38 % no segundo ano (Figura 23). O único mês em que houve aumento de CBO, neste período, foi em novembro de 2020, apresentando um valor de 423 mg O₂/L, um aumento de cerca de 11% em relação à média (380 mg O₂/L).

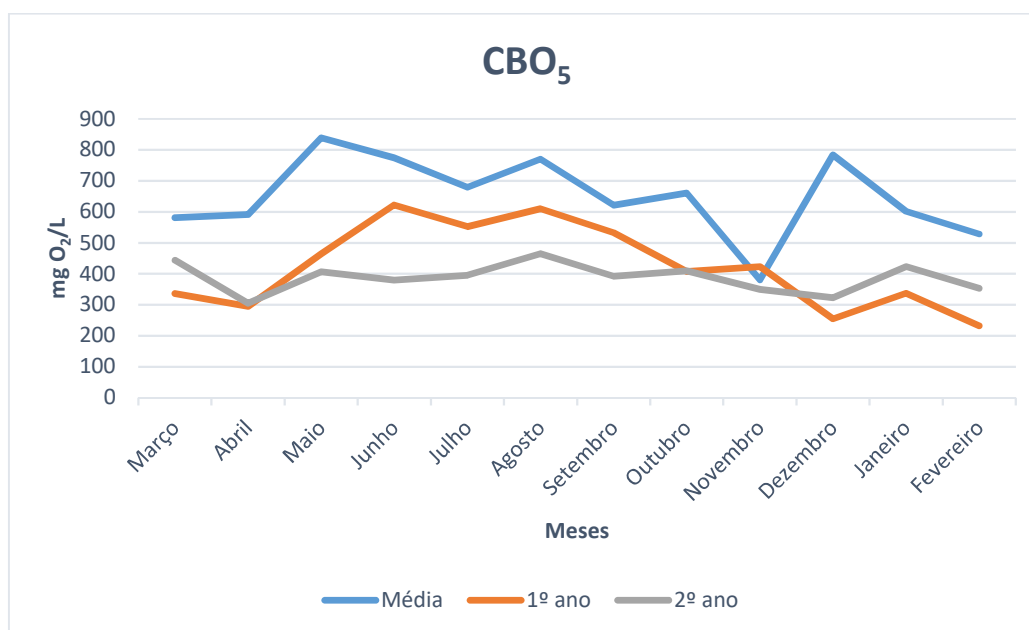


Figura 23. Comparação da variação de CBO₅ pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.

Lopes (2021), no estudo reportado aos anos de 2015 a 2020 no concelho de Aljezur, referente a diversos parâmetros do afluente de entrada, observou uma alteração do CBO no afluente de entrada na ETAR de Vale da Telhada, que passou de um máximo de 330 mg O₂/L até julho de 2017, para valores até 430 mg O₂/L até ao fim de 2019. O ano de 2020 obteve valores similares aos encontrados antes do aumento verificado em 2019, com destaque para o mês de janeiro de 2020 no qual o valor do afluente bruto foi menor que 100 mg O₂/L. Realce-se que, apesar da oscilação do CBO, o efluente final continuou a respeitar os limites legais. Ainda de acordo com este estudo, a ETAR da Praia de Odeceixe apresentou valores de CBO para o ano de 2020 abaixo dos valores dos 3 anos anteriores, apresentando resultados similares aos de 2015 e 2016.

Para a ETAR da Carrapateira, os valores de CBO de entrada permaneceram abaixo dos 600 mg O₂/L nos seis anos monitorizados, com exceção do ano de 2019 que chegou a valores de 980 mg O₂/L. Em relação ao ano de 2020, quando se iniciaram as medidas de combate à COVID-19, obtiveram-se valores abaixo do ano anterior, mas observando a média geral dos 6 anos não houve diferença significativa. Já a ETAR da Bordeira apresentou valores abaixo de 345 mg O₂/L para o ano de 2020, similares a 2017 e 2018. A ETAR de Maria Vinagre também não apresentou diferença significativa entre os períodos antes e depois das medidas de combate à pandemia. De forma geral, este estudo não reportou uma diminuição elevada do CBO do afluente de entrada para o ano 2020. As ETAR estudadas apresentaram um aumento da CBO no afluente de entrada entre o final de 2017 e 2019, contudo, para o ano de 2020 foram reportados valores mais baixos equivalentes aos anos de 2015 e 2016.

Realce-se ainda que as ETAR estudadas por Lopes (2021), tratam afluentes de pequenas populações, que variam de 250 a 500 habitantes e um caudal que varia de 50 m³/dia a 100 m³/dia. Outro ponto a ser observado é que o estudo foi realizado até ao ano de 2020. Já no presente estudo, existiu uma distinção maior entre a média antes e durante as medidas de controlo do COVID-19, para o tratamento de uma população de 33.120 habitantes e um caudal de 5.193 m³/dia.

CQO

Relativamente à CQO, no primeiro ano da pandemia não foram identificadas diferenças significativas relativas à média antes da imposição das medidas de combate à pandemia. Já no segundo ano, foi observada uma diminuição média de 25 % da CQO no afluente de entrada da ETAR de Fátima em relação à sua média habitual (Figura 24). No mês de novembro de 2020 foi possível identificar o maior aumento no valor de CQO em relação à média (aproximadamente 80%). Já no mês de dezembro de 2021 foi identificada a maior redução deste parâmetro, com um valor de 524 mg O₂/L, em comparação à média de 1237 mg O₂/L, o que equivale a uma diminuição de 58 %.

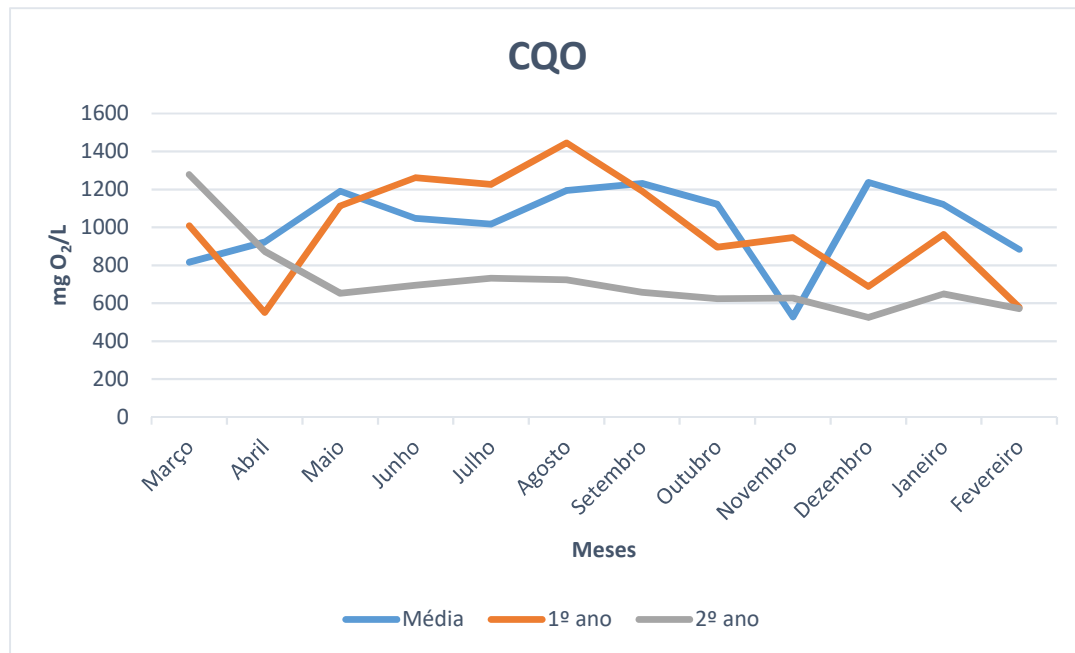


Figura 24. Comparação de CQO pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.

No estudo de Lopes (2021), foi identificado que na ETAR do Vale da Telha o afluente bruto entre 2015 e o primeiro semestre de 2017 apresentou baixos valores de CQO, estes não ultrapassavam 600 mg O₂/L. Já a partir do meio do ano de 2017 até o final de 2019, houve um significativo aumento com valores ultrapassando os 1100 mg O₂/L. Dos dados monitorizados em 2020, com exceção do mês de abril com um valor próximo a 1000 mg O₂/L, a média dos outros valores ficou abaixo de 400 mg O₂/L. Já a ETAR da Praia Odeceixe apresentou um CQO médio de 288 mg O₂/L, para o ano de 2020 onde se iniciaram as medidas de controlo da pandemia a média foi de 240 mg O₂/L, não havendo uma grande diferenciação. A ETAR da Carrapateira obteve valores que variaram entre 324 a 1842 mg O₂/L, o ano de 2020 teve um valor médio de 700 mg O₂/L, sendo esta a ETAR onde foi identificado maior diferença entre o ano do início da pandemia com os anos anteriores. A ETAR Bordeira obteve valores entre 61,5 a 2801 mg O₂/L. O ano da pandemia apresentou valores médios abaixo de 500 mg/L, valores similares aos encontrados nos anos de 2017 e 2018. Por último a ETAR de Maria Vinagre apresentou valores que variaram entre 166 e 899 mg O₂/L, o ano de 2020 apresentou valor médio aproximado de 370 mg O₂/L, valores acima dos encontrados nos anos de 2015 e 2016. Numa visão geral o estudo de Lopes (2021) apresentou um aumento no CQO entre a metade de 2017 até o final de 2019. O ano onde se iniciou as medidas de

controlo da pandemia (2020), apresentou valores similares ou menores aos encontrados entre 2015 ao primeiro semestre de 2017 para o CQO afluente.

Na região monitorizada pela AgDA, a ETAR de Almodôvar apresentou uma diminuição de 25% no ano de 2020 quando se iniciaram as medidas de combate a COVID em relação à média de 2018 a 2022. Este foi também o ano que apresentou a menor média anual para o CQO. Em relação à ETAR de Castro Verde, apesar da média anual ter sido maior que a média da série histórica, é importante destacar os meses de julho (600 mg O₂/L) e outubro (490 mg O₂/L) de 2020 que apresentaram os menores valores deste parâmetro em relação aos mesmos meses da série.

Azoto

Em relação ao azoto, este apresentou um aumento médio anual de 14 % no primeiro ano, e de 4 % no segundo ano, em relação à média antes da imposição das medidas de combate à pandemia (figura 25). É importante observar que a presença de azoto nas águas residuais urbanas é proveniente, principalmente, do azoto amoniacal resultante da hidrólise da ureia nos efluentes domésticos. A indústria farmacêutica, alimentar e química, para além da produção agropecuária, contribuem também para o aumento de azoto na água por meio de lixiviados com elevadas cargas de azoto. Realce-se que este setor de atividade não parou, mesmo no decurso da pandemia, pela necessidade de fornecimento destes bens de primeira necessidade (Gonçalves, 2019).

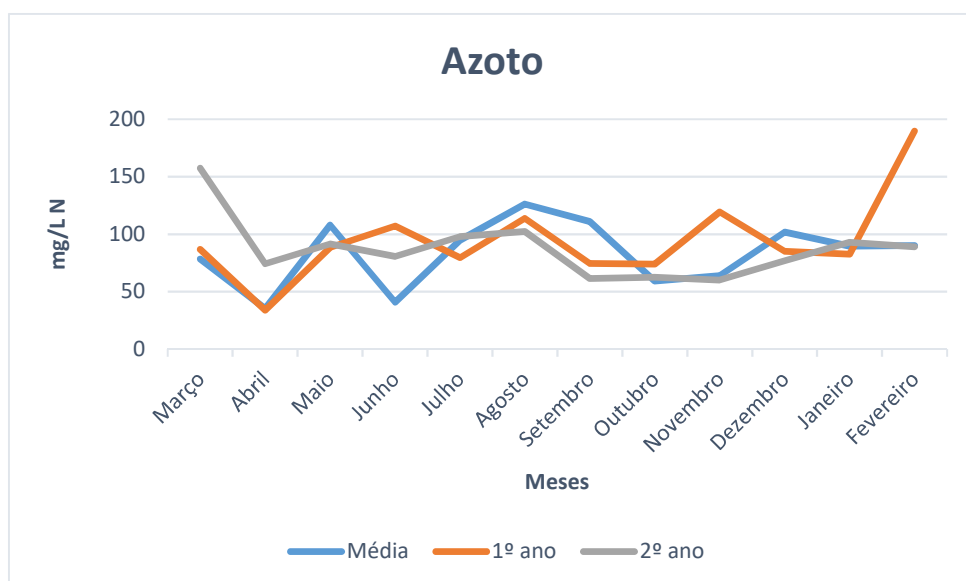


Figura 25. Comparação de Azoto pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.

O estudo realizado por Lopes (2021) revelou que a ETAR de Vale da Telha apresentou uma variação no afluente bruto entre 10,60 e 137 mg N/L. O ano de 2020 apresentou um máximo de 105 mg N/L, valor menor do que os observados no ano do segundo semestre de 2017 a 2019, onde se registaram valores de 140 mg N/L. A ETAR da Praia de Odeceixe variou entre um mínimo de 8,95 mg N/L e um máximo de 120mg N/L, não tendo existido diferença significativa entre o período pré e pós medidas de controlo do COVID-19. Os valores encontrados para a ETAR da Carrapateira variaram entre 45,7 e 223 mg N/L e, das cinco ETAR avaliadas no estudo, esta foi a que apresentou maior diminuição do azoto em relação aos anos pré medidas de COVID-19, com valores do afluente bruto não ultrapassando as 100 mg N/L. As ETAR da Bordeira e de Maria Vinagre apresentaram médias entre 13,10 e 171 mg N/L e entre 19,3 e 291 mg N/L, respetivamente. Ambas as ETAR também não apresentaram diferenças significativas entre a época antes e pós medidas contra o COVID-19. Das cinco ETAR analisadas, quatro não apresentaram diferenças significativas ao nível do azoto no efluente de entrada devido à pandemia do COVID-19. No presente estudo as médias encontradas também não apresentaram diferenças significativas no período pré e pós medidas do COVID.

Na região monitorizada pela AgDA, a ETAR de Almodôvar apresentou uma diminuição de 8% do azoto no efluente bruto para o ano de 2020 quando se iniciaram as medidas de combate à COVID-19.

pH

O pH apresentou média geral para todos os períodos numa gama entre 7,1 e 7,7 (figura 26). A média antes do período da pandemia ficou em 7,28, já no primeiro ano com as medidas de controlo da COVID observou-se um aumento, com média de 7,40, e para o segundo ano houve um aumento ainda maior em relação a média antes do COVID com um valor de 7,45. No estudo realizado por Lopes (2021) foi identificado que, das cinco ETAR estudadas, quatro apresentaram médias de pH no afluente bruto entre 7,3 e 7,4, sendo a única exceção a ETAR da Carrapateira com uma média de 8,1 e picos de valores que chegaram próximo de 9. Esta ETAR foi também a única que apresentou uma

pequena diminuição do valor médio do pH após a introdução das medidas de controlo à pandemia, com um valor médio de 7,9.

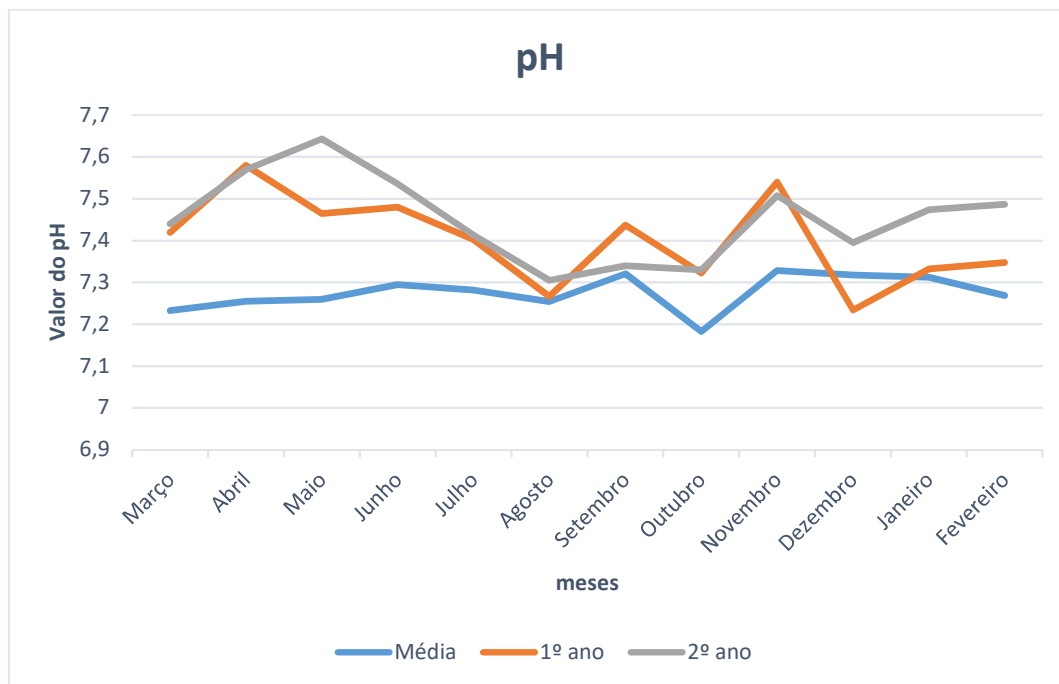


Figura 26. Comparação de pH pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.

Fósforo

Outro parâmetro importante na monitorização do tratamento de águas residuais é o fósforo que, juntamente com o azoto, são os principais nutrientes (à exceção do carbono) presentes na água. Assim, tal como observado para o azoto, os valores encontrados para o fósforo tiveram um aumento, em termos de média anual, de 17 % no primeiro ano da imposição das medidas de combate à COVID-19 e de 6 % para o segundo ano em relação ao período antes da pandemia (figura 27). Saliente-se que o fósforo, para além de ser um importante nutriente, é ainda proveniente dos detergentes presentes nas águas residuais domésticas.

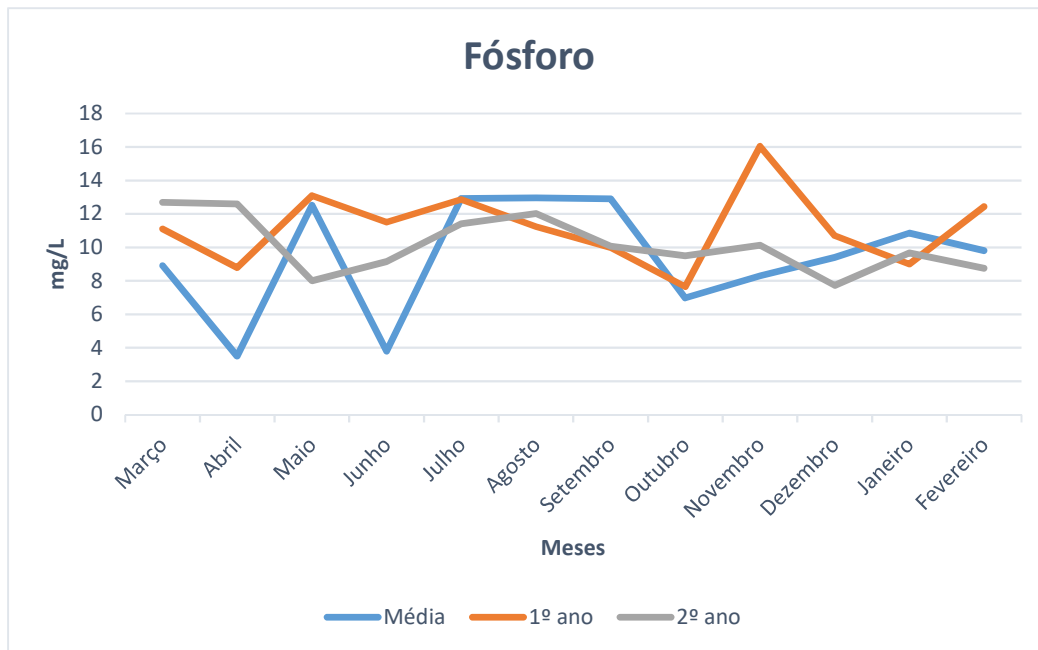


Figura 27. Comparação de fósforo pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.

No estudo desenvolvido por Lopes (2021), a ETAR do Vale da Telha apresentou valores de fósforo no afluente bruto inferiores a 13 mg P/L, no ano de 2020, e uma média no período de cinco anos entre 1,27 mg P/L e 18,6 mg P/L (este último valor no ano de 2018). Já a ETAR da Praia de Odeceixe apresentou uma média inferior a 8,15 mg P/L no decurso das medidas de controlo do COVID-19. Um dado importante encontrado para esta ETAR é que foi a que apresentou o maior valor mínimo de fósforo (6,1 mg P/L). A ETAR da Carrapateira foi a única onde se observou uma diminuição no parâmetro fósforo para o ano de 2020, com os valores reportados a ficarem abaixo de 14 mg/L. A ETAR Bordeira apresentou uma variação entre 0,88 e 22,5 mg P/L de fósforo no afluente bruto, e para o ano de 2020 o valor máximo encontrado foi de 10 mg P/L, não tendo sido verificada diferença significativa para os anos anteriores. Por último, a ETAR de Maria Vinagre apresentou um valor médio entre 6 e 10 mg P/L para o ano onde foram impostas as medidas de controlo do COVID, os valores máximos e mínimos encontrados no estudo da ETAR variaram de um valor mínimo de 2,14 mg P/L a um valor máximo de 27,10 mg P/L. Das cinco ETAR estudadas, a única que apresentou diferenciação do período antes e durante as medidas de controlo do COVID-19 foi a ETAR da Carrapateira que apresentou uma diminuição do fósforo no afluente bruto. Todas as restantes não

apresentaram diferenças significativas. Já o presente estudo apresentou um aumento médio de 17% para o primeiro ano e um aumento de apenas 6% para o segundo ano em relação à média anterior ao período da pandemia.

SST

O último parâmetro monitorizado no afluente bruto neste estudo foi os SST que, em relação ao período pré COVID-19, apresentou uma redução de 22 % no primeiro ano e de 42 % no segundo ano da imposição de medidas de combate à pandemia (figura 28).

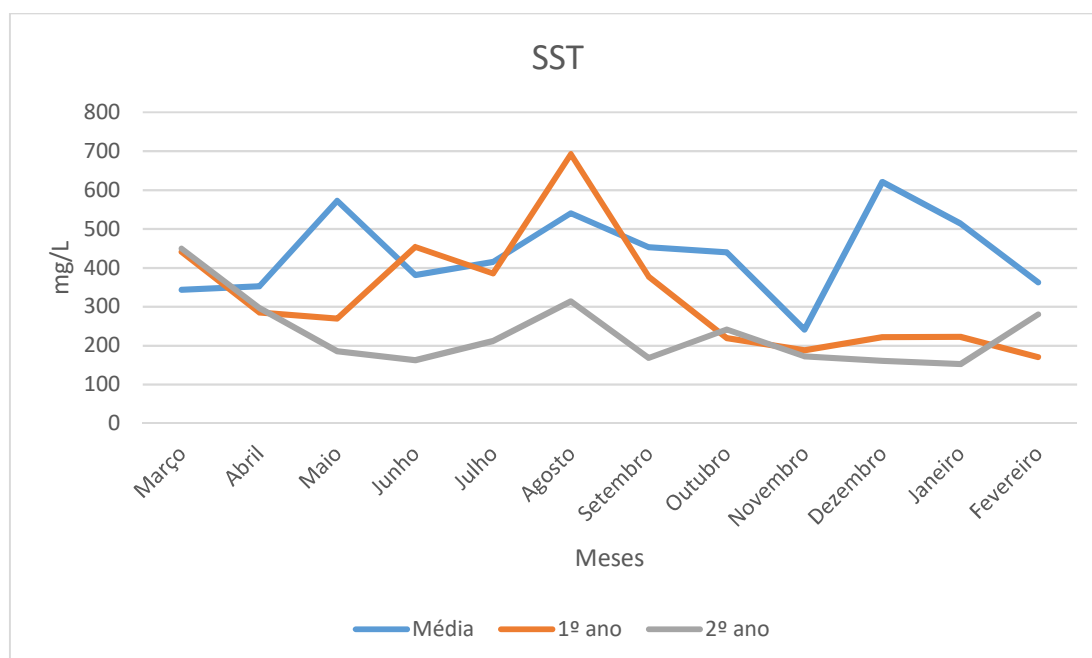


Figura 28. Comparação de SST pré COVID-19 e após imposição de medidas de combate a pandemia.

De acordo com Lopes (2021), os valores de SST reportados no afluente bruto da ETAR da Bordeira não ultrapassaram os 250 mg/L (à exceção de quatro valores pontuais), e após o início das medidas de controlo do COVID-19 não foi identificada diferença significativa para os anos anteriores. A ETAR de Maria Vinagre apresentou uma média de 134,48 mg/L. Entre os anos de 2017 a 2019 houve um aumento no parâmetro no afluente de entrada. Para o ano de 2020 os valores encontrados ficaram abaixo dos encontrados entre 2017 a 2019 e acima aos encontrados entre 2015 e 2016, com um

valor máximo encontrado aproximado de 180 mg/L. As ETAR do Vale da Telha, Praia de Odeceixe e Carrapateira, apresentaram médias de 239,76 mg/L, 111,52 mg/L e 434,54 mg/L, respetivamente, e também foi possível identificar uma redução no parâmetro SST do afluente de entrada de aproximadamente 10%, 40% e 38%. Após a implementação das medidas de combate ao COVID-19, três das cinco ETAR estudadas apresentaram redução dos valores de SST no primeiro ano da pandemia. No presente estudo o valor de redução foi de 22%, já no estudo de Lopes (2021) foi de 29%.

Na ETAR de Almodôvar, gerida pela AgdA, os SST apresentaram uma diminuição de 45% no ano de 2020, em comparação ao período pré-pandemia quando se iniciaram as medidas de controlo do COVID-19, com uma média anual de 210 mg/L.

4.4 Análise estatística

Os dados recolhidos durante o desenvolvimento deste estudo foram organizados e submetidos a um conjunto de análises de estatística multivariável, com o objetivo de tentar encontrar um padrão característico aquando do aparecimento da *Daphnia* spp. Procurou-se ainda identificar as características do efluente que impliquem uma maior possibilidade do aparecimento deste organismo no decantador secundário da ETAR.

A matriz de correlações mostrou uma série de variáveis altamente correlacionadas (Figura 29). De facto, dos parâmetros analisados, 10 apresentaram coeficientes de correlação (r) entre si superiores a 0.7, tendo sido removidos os seguintes: CQO_A, CQO_E, PT_A, PT_E, SST_A, SST_E, SSV_ZA1, ST_LS1, SSV_ZA2, ST_LS2. Esta elevada correlação entre os parâmetros monitorizados deve-se à estrutura de funcionamento da ETAR. O afluente bruto entra numa única linha, passa pela etapa de gradagem/tamisação e segue para o desarenador/desengordurador ainda numa única linha. Posteriormente, o afluente é dividido nas duas linhas distintas do reator biológico, seguindo separado na etapa de decantação secundária. Previamente ao tratamento terciário existe junção do efluente novamente em apenas uma linha, seguindo como efluente final tratado.

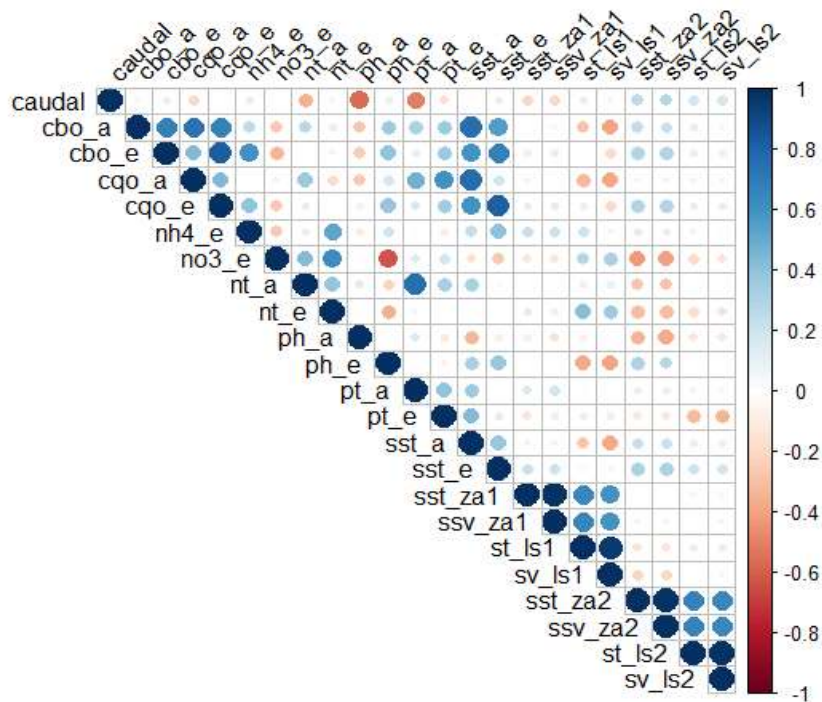
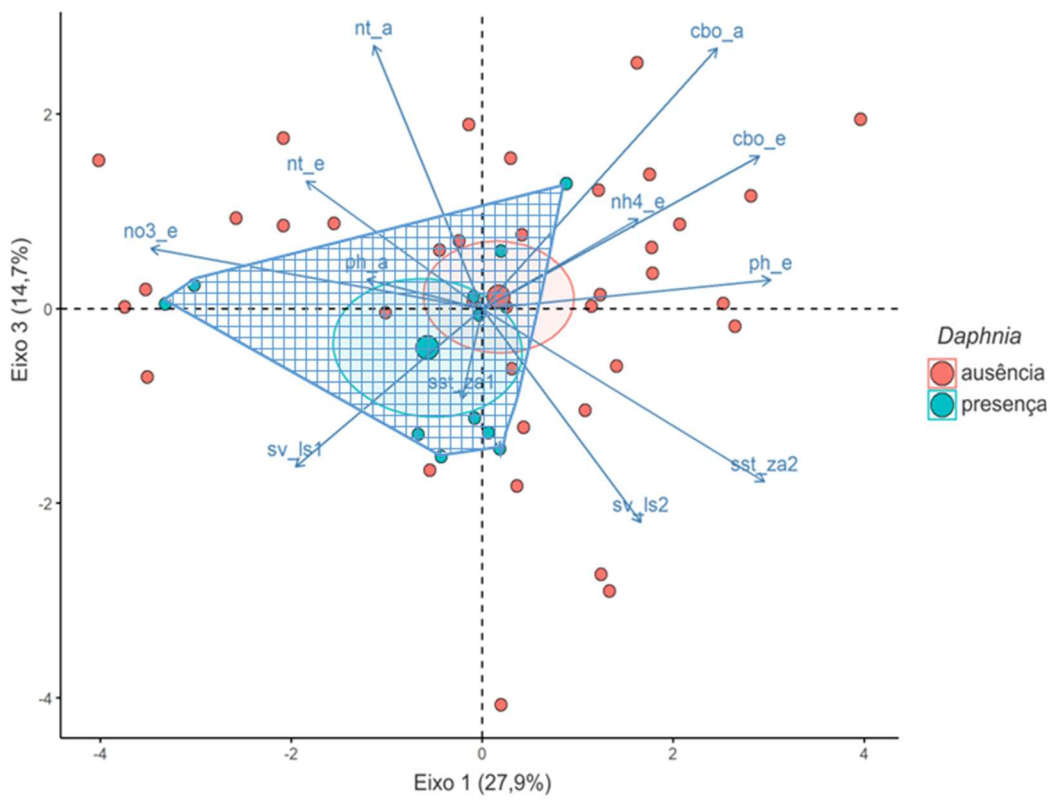
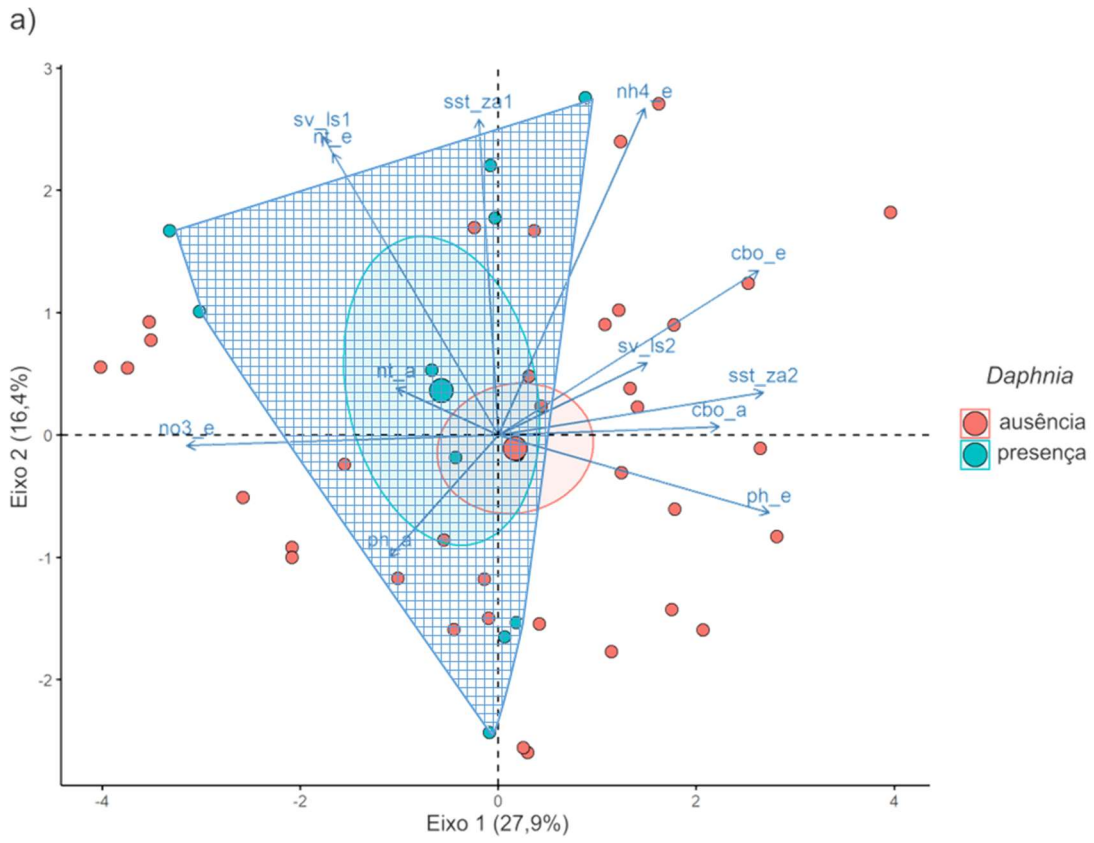


Figura 29. Matriz de correlação de Pearson com os parâmetros ambientais mensurados. O tamanho do círculo corresponde à magnitude de correlação que varia de -1 a 1 (barra ao lado). Cores vermelhas indicam correlações negativas, enquanto cores azuis indicam correlações positivas.

A utilização dos três primeiros componentes principais da ACP explicou cerca de 60% da variabilidade total dos dados, PC 1 (27,9%), PC 2 (16,4%) e PC 3 (14,7%). Foi verificada uma elevada sobreposição entre os dois grupos (ausência e presença de *Daphnia*) com apenas uma leve tendência de segregação, conforme observado pela distância dos centroides (Figura 30 a-c).



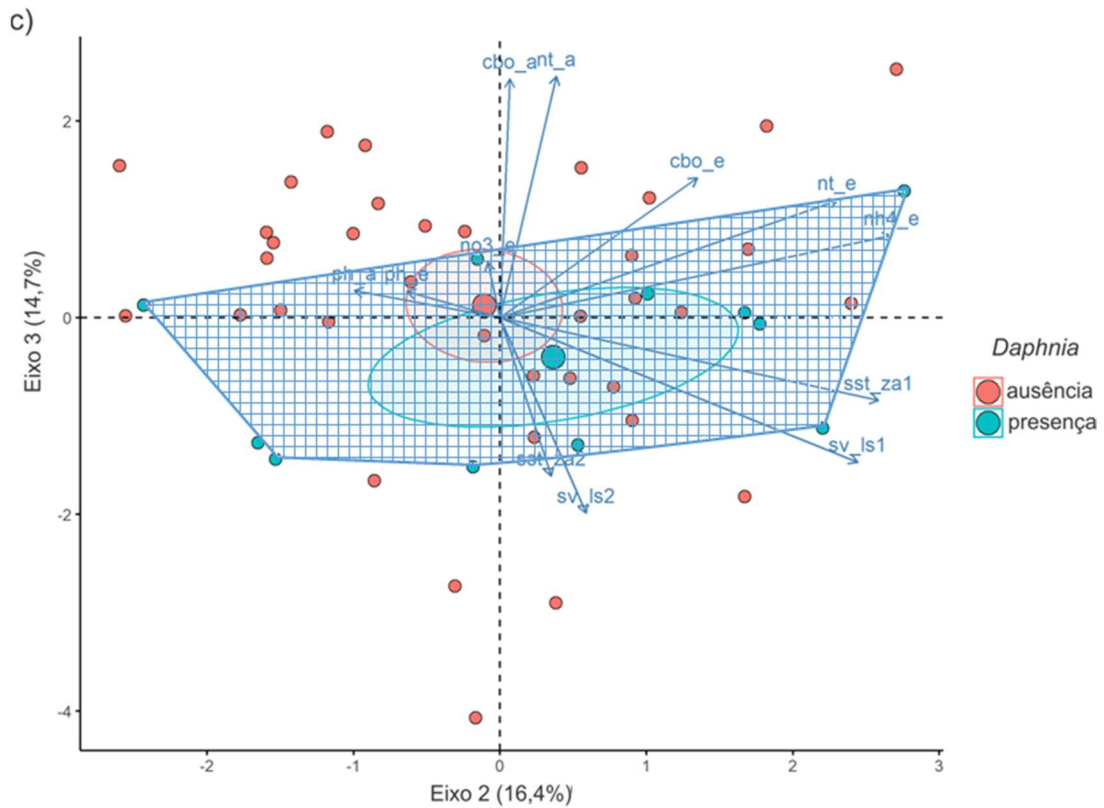


Figura 30. Biplots das ACP demonstrando um padrão de alta sobreposição entre os grupos “ausência” (vermelho) e presença (azul) da *Daphnia*, com uma leve tendência de segregação (distância entre centroides). a) PC 1 x PC 2; b) PC 1 x PC 3; c) PC 2 x PC 3.

Quanto ao teste *t* de Student, este não registou nenhuma diferença significativa dos três componentes principais (eixos) da ACP (parâmetros ambientais) entre os grupos de “ausência” e “presença” de *Daphnia* (Eixo 1 (PC 1): $t = 1.439$, $p = 0.162$; Eixo 2 (PC 2): $t = -0.840$, $p = 0.415$; Eixo 3 (PC 3): $t = 1.401$, $p = 0.173$). Estes resultados corroboram o padrão de elevada sobreposição entre a ausência e a presença de *Daphnia* encontrado pela ACP (Figura 31 a-c).

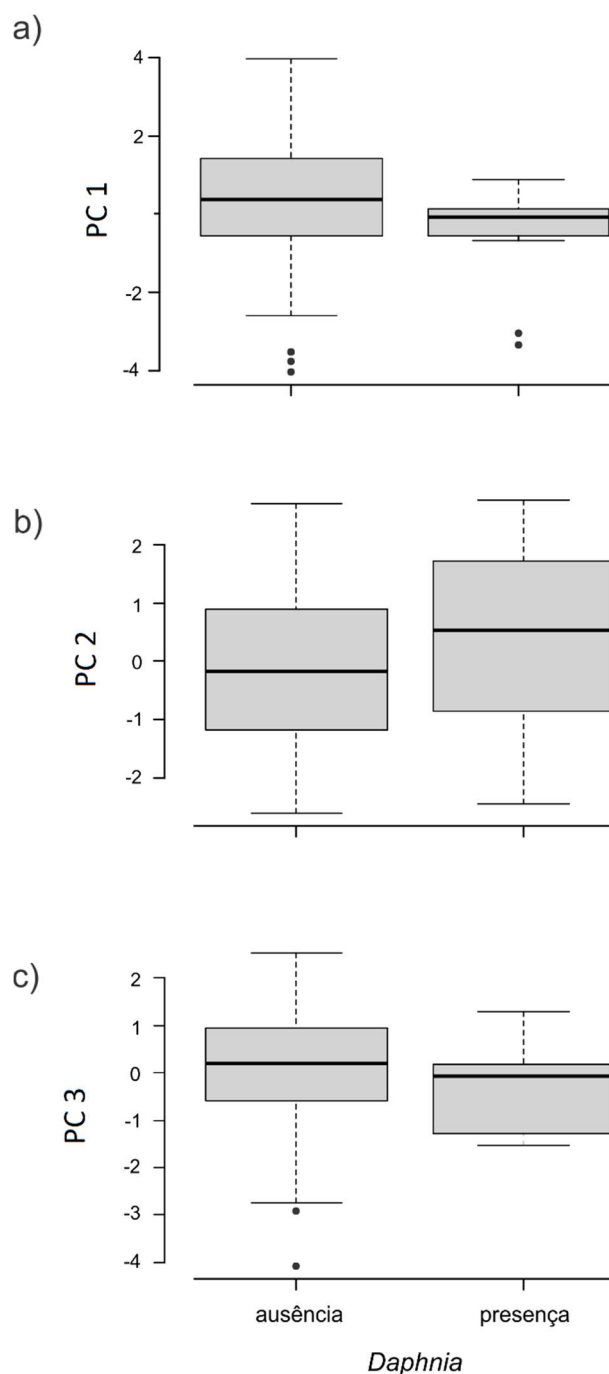


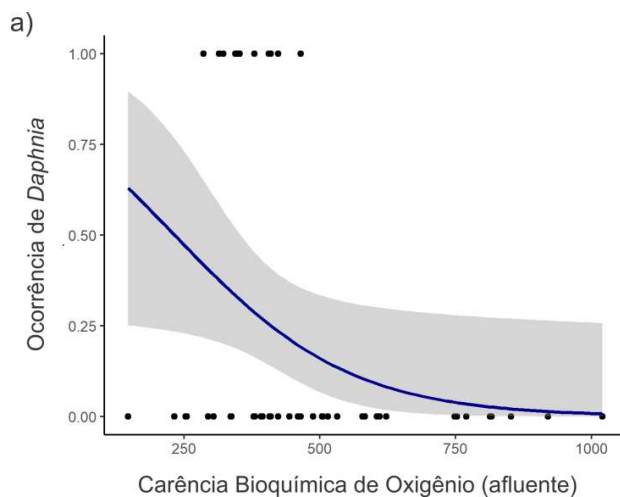
Figura 31. Gráficos boxplot do resultado do teste T mostrando ausência de diferenças significativas entre os grupos de “ausência” e “presença” de *Daphnia* para o PC 1 (a), PC 2 (b) e PC 3 (c), usados como proxies dos parâmetros ambientais.

A regressão logística, por sua vez, identificou três variáveis (parâmetros) com distintos níveis de influência na ocorrência de *Daphnia*. A carência bioquímica de oxigênio, tanto do afluente (CBO_A) quanto do efluente (CBO_E), teve um moderado efeito negativo (i.e. valor p marginalmente significativo) ante a variável resposta, ou

seja, a presença de *Daphnia* relacionou-se com baixos níveis de CBO_A (<500 mg/L) e CBO_E (<13 mg/L) (Figura 32 a-b). Tais relações produziram valores de AIC e Wald (qui-quadrado) próximos (Tabela 6), o que evidencia efeitos similares dessas variáveis. De longe, a variável com maior influência à ausência/presença de *Daphnia* foi o pH do afluente (PH_A), onde ocorrência do crustáceo foi constatada em elevados níveis de pH (> 7,3) (Figura 32 c). Esse resultado foi reforçado pelo poder explicativo do modelo, apresentando o maior valor do teste de Wald e o menor de AIC (Tabela 6).

Preditores	Estatística-teste		Poder explicativo	
	β	p	Wald's X^2	AIC
caudal	-1.798	0.345	-	-
CBO A	-1.897	0.066*	3.373	51.71
CBO E	-2.366	0.069*	3.301	51.20
NH4 E	0.530	0.122	-	-
NO3 E	0.065	0.854	-	-
pH A	8.855	0.012	6.258	47.60
pH E	-0.725	0.467	-	-
NT A	0.131	0.852	-	-
NT E	0.410	0.115	-	-
SST ZA1	0.467	0.777	-	-
SV LS1	1.388	0.254	-	-
SST ZA2	0.453	0.745	-	-
SV LS2	1.210	0.282	-	-

Tabela 6. Sumário dos resultados da regressão logística testando as influências dos parâmetros ambientais na ocorrência (ausência/presença) de *Daphnia*. * indica diferenças marginalmente significativas ($p \sim 0.05$).



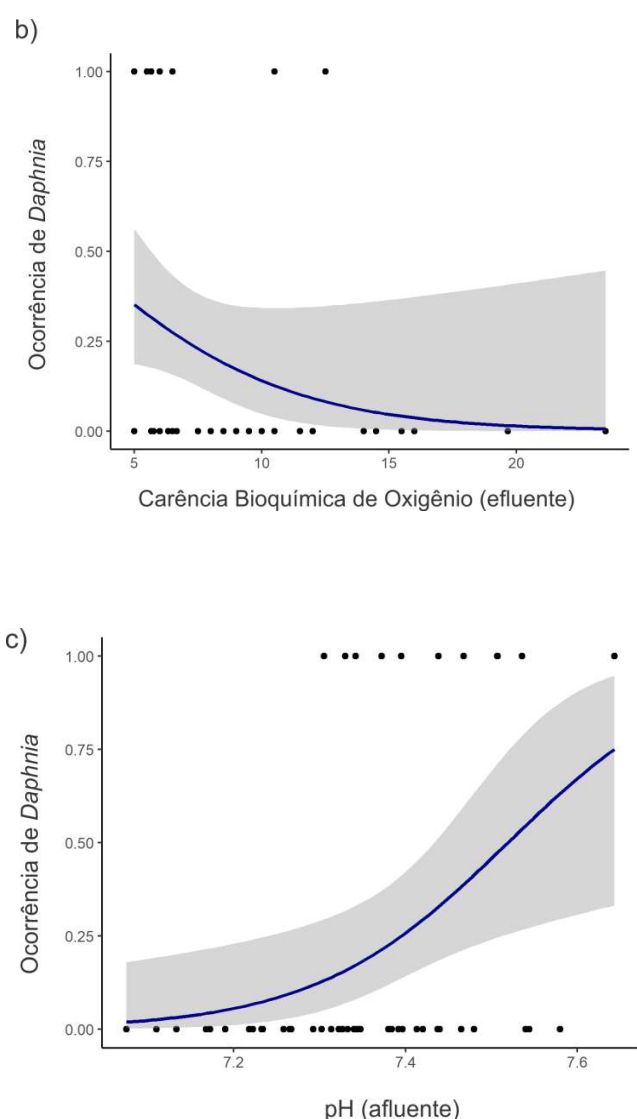


Figura 32. Gráficos do modelo de regressão logística mostrando a influência da carência bioquímica de oxigênio (a e b) e pH (c) à ocorrência de *Daphnia* (0 = ausência / 1 = presença).

Em relação a influência do pH na *Daphnia* spp, de acordo com Vijverberg e Boersma (1996), os zooplânctons do grupo cladocera apresentam valores limite para mortalidade entre pH 10,5 e 11,5, a partir do aumento deste pH já se é observado efeitos de mortalidade nesse tipo de população. Em relação a *Daphnia* spp o estudo mostrou que houve uma redução entre 50 a 80% do número de recém-nascidos por conta da degeneração dos ovos e natimortos em pH na faixa de 10,0 a 10,5. Então, pH alcalinos tendem a reduzir substancialmente a viabilidade dos ovos e aptidão da *Daphnia* ssp. (Vijverberg e Boersma,1996).

Já em pH baixos também é identificada efeitos negativos nas populações de *Daphnia ssp.* Jesus (2012), em análise realizada comparando a dureza e o pH, verificou interação destes parâmetros com o microscustáceo, o pH de 5.7 teve influência negativa na reprodução, sobrevivência e crescimento da *Daphnia ssp.*

5 Conclusões e Recomendações

O problema do aparecimento da *Daphnia ssp.* iniciou-se no ano de 2020, mais especificamente no mês de dezembro. Esse ano foi um ano marcado pelo o início da pandemia mundial da SARS-COVID. As medidas de controlo a pandemia iniciaram-se em Portugal em março de 2020. Esse evento fez com que houvesse algumas modificações na quantidade e qualidade do afluente bruto que chegavam nas ETAR.

O estudo mostrou que houve uma diminuição significativa na quantidade de caudal do afluente bruto na ETAR de Fátima. Durante o período de 2020 a 2022 onde houveram medidas restritivas, a ETAR apresentou uma diminuição de média de 22%. Isso acarretou também uma diminuição em alguns parâmetros como o CBO que diminuiu 34% no primeiro ano e 38% para o segundo ano após as medidas de controlo do COVID, o CQO apresentou diminuição significativa apenas no segundo ano com 25%. O SST foi outro parâmetro monitorizado que apresentou diminuição com 22% para o primeiro ano e 42% para o segundo ano com as medidas de controlo da pandemia. Alguns parâmetros como o azoto e o fósforo, apresentaram leve aumento em seu valor.

O resultado da análise estatística de regressão logística mostrou que o pH maior que 7,3 e o CBO do afluente de entrada com valores menores de 500 mg/L e CBO do efluente de saída menor que 13 mg/L foram os parâmetros que mais influenciaram nas presença e ausência da *Daphnia ssp.* na ETAR. O CBO foi o parâmetro monitorizado que mais sofreu alterações a partir das medidas de controlo do COVID, com um valor de diminuição de 34% no primeiro ano e 38% no segundo ano.

Como recomendações é necessário que seja realizado um estudo amplo sobre como a *Daphnia spp.* entrou na ETAR de Fátima. Seria interessante coletas de efluentes brutos na entrada para tentar identificar se a espécie entra com frequência na ETAR, ou se adveio de uma entrada pontual e que, por conta dos seus mecanismos de defesa, se consegue manter e reproduzir dentro do sistema de tratamento. Se for detectada a

entrada deste organismo pela rede coletora serão necessários estudos ambientais externos à ETAR, para tentar identificar a procedência deste microscrustáceo. Outra recomendação é sobre o controle da *Daphnia spp.* no sistema de tratamento. Apesar de, no presente trabalho, terem sido propostas algumas soluções, é necessário que sejam realizados ensaios mais detalhados para a comprovação das tecnologias propostas, além da pesquisa de outras alternativas viáveis para o seu controle.

Referências

ABDI, Hervé; WILLIAMS, Lynne J.. Principal component analysis. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 433-459, 30 jun. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/wics.101>.

AdCL – Águas do Centro Litoral. 2022. Relatório e Contas 2022. Disponível em: <<https://www.aguasdocentrolitoral.pt/relatorio-e-contas/>>.

Anuniação, Luis. (2021). Conceitos e análises estatísticas com R e JASP. Disponível em: <<https://bookdown.org/luisfca/docs/>>.

Decreto-Lei nº 152/1997, de 19 de Junho. Diário da Republica nº 139/1997, I Série A, páginas 2959-2966. Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei nº 236/1998, de 01 de Agosto. Diário da República n.º 176/1998, Série I-A de 1998-08-01, páginas 3676 - 3722. Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei nº 276/2009, de 02 de Outubro. Diário da República n.º 192/2009, Série I de 2009-10-02, páginas 7154 - 7165. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei nº 92/2015, de 29 de maio. Diário da Republica nº 104/2015, Série I, páginas 3265-3282. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia

Decreto-Lei nº 119/2019, de 21 de Agosto. Diário da República n.º 159/2019, Série I de 2019-08-21, páginas 21 - 44. Presidência do Conselho de Ministros.

EBERT Dieter, 2005. Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in Daphnia [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=Books>

EBERT, Dieter. Daphnia as a versatile model system in ecology and evolution. Evodevo, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 1-13, 8 ago. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13227-022-00199-0>.

FERNANDES, Antônio Alves Tôrres; FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; ROCHA, Enivaldo Carvalho da; NASCIMENTO, Willber da Silva. Read this paper if you want to learn logistic regression. Revista de Sociologia e Política, [S.L.], v. 28, n. 74, p. 1-20, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-987320287406en>.

FREITAS, Lineu Alberto Cavazani de. Teste wald para avaliação de parâmetros de regressão e dispersão em modelos multivariados de covariância linear generalizada. 2022. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Informática, Universidade

Federal do Paraná, Curitiba, 2022. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/78069>

GONÇALVES, Júlia Cardoso. Análise das tecnologias correntes para o tratamento e secagem de lamas de ETAR. (2017). Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/82967>

GONÇALVES, Filipe Soares. Validação de métodos fotométricos em cuvete (Azoto total e Fósforo Total) em águas residuais. 2019. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências e Tecnologias do Ambiente, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Universidade do Porto, Porto, 2019. Disponível em: https://sigarra.up.pt/fcup/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=221354.

GONZALEZ, Leandro de Azevedo. Regressão Logística e suas Aplicações. 2018. 46 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/3572/1/LEANDRO-GONZALEZ.pdf>.

HATHAWAY, Charles J.; STEFAN, Heinz G.. Model of Daphnia populations for wastewater stabilization ponds. Water Research, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 195-208, jan. 1995. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)e0121-l](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(94)e0121-l).

HONGYU, K., Sandanielo, V. L. M., Junior, G. J. O. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. E&S - Engineering and Science, (2015), 5:1. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/download/3398/2623>

JESUS M. F. T. Efeito da química da água na fisiologia e avaliação da toxicidade em daphnia. 2012. Tese de Doutorado, Departamento de Biologia Universidade de Aveiro. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/9324>

LOPES, Gessica Arianny da Silva. Fatores que influenciam o tratamento de efluentes em Fito-ETAR de leito de macrófitas. Estudo de caso: ETAR do concelho de Aljezur. 2021. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciclo Urbano da Água, Universidade do Algarve, Faro, 2021. Disponível em: <https://sapientia.ualg.pt/handle/10400.1/18004>. Acesso em: 10 abr. 2023.

MACÁRIO, M., SARAIVA, A., FERREIRA, E., FERREIRA, L. F., OLIVEIRA, M. LEITOS HÚMIDOS CONSTRUÍDOS COMO ALTERNATIVA AOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS CONVENCIONAIS – REVISÃO. Revi Uiiips, Santarém, v. 6, n. 3, p. 83-97, jun. 2018. Disponível em:

<https://repositorio.ipsantarem.pt/bitstream/10400.15/2578/1/16150-Texto%20do%20Trabalho-52997-1-10-20181222.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2023.

MARKOVÁ, Silvia; MAURONE, Catia; RACCHETTI, Erica; BARTOLI, Marco; ROSSI, Valeria. Daphnia diversity in water bodies of the Po River Basin. *Journal Of Limnology*, [S.L.], p. 261-271, 16 dez. 2016. PAGEPress Publications. <http://dx.doi.org/10.4081/jlimnol.2016.1531>.

MENDES, B. S., & OLIVEIRA, J. S. (2004). *Qualidade da Água para Consumo Humano*. (1st ed.) Lidel. Disponível em: <https://novaresearch.unl.pt/en/publications/qualidade-da-%C3%A1gua-para-consumo-humano>

MONTE M. H. M., SANTOS M. T. L., BARREIROS A. M., ALBUQUERQUE A. (2016). *Tratamento de Águas Residuais Operações e Processos de Tratamento Físico e Químico*. Lisboa. ISBN: 978-989-8360-32-8. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/13925>

OLIVEIRA, Bruno Duarte Lourenço. *Controlo e avaliação do sistema de tratamento de águas residuais da ETAR de Gaia Litoral e ETAR de Febros*. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia e Gestão da Qualidade da Água, Biologia, Universidade do Porto, Porto, 2017. Disponível em: https://sigarra.up.pt/fcup/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=138554

OSTERTAGOVÁ, Eva; OSTERTAG, Oskar; KOVÁČ, Jozef. Methodology and Application of the Kruskal-Wallis Test. *Applied Mechanics And Materials*, [S.L.], v. 611, p. 115-120, ago. 2014. Trans Tech Publications, Ltd.. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.611.115>.

PETRUŠEK Adam. (2007). *Diversity of European Daphnia on different scales: from cryptic species to within-lake differentiation*. PhD thesis, Faculty of Science, Department of Ecology, Charles University in Prague. Disponível em: https://web.natur.cuni.cz/ekologie/doc/Adam/Petrusek_PhD_thesis.pdf

POHLMANN, J. T., Leitner, D. W. A. Comparison of Ordinary Least Squares and Logistic Regression. *OHIO J SCI* 103 (5): 118-125, 2003. Disponível em: https://kb.osu.edu/bitstream/handle/1811/23983/V103N5_118.pdf

ROCHA, David. (2018). *Sobre Correlações e visualizações de matrizes de correlação no R*. Disponível em: https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/437792_df39a5ff0a55491fb71f0f4a0f5cd0bf.html

PIANUCCI, M.N.; PITOMBO, C.s.. Uso de árvore de decisão para previsão de geração de viagens como alternativa ao método de classificação cruzada. Engenharia Civil Um, [S.L.], n. 56, p. 5-13, 10 out. 2022. University of Minho. <http://dx.doi.org/10.21814/ecum.4192>.

QUÉRÉ, Corinne Le; JACKSON, Robert B.; JONES, Matthew W.; SMITH, Adam J. P.; ABERNETHY, Sam; ANDREW, Robbie M.; DE-GOL, Anthony J.; WILLIS, David R.; SHAN, Yuli; CANADELL, Josep G.. Temporary reduction in daily global CO2 emissions during the COVID-19 forced confinement. Nature Climate Change, [S.L.], v. 10, n. 7, p. 647-653, 19 maio 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>.

R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

RASARP - Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal. Volume 1 – Caracterização do setor de águas e resíduos. 2021. Disponível em: <<https://www.ersar.pt/pt/site-publicacoes/Paginas/edicoes-anuais-do-RASARP.aspx>>.

REA – Relatório do Estado do Ambiente Portugal. 2021. Disponível em: <<https://rea.apambiente.pt/content/ultimaedicao?language=pt-pt>>.

ROCHE, Kennedy F.. Growth potential of *Daphnia magna* Straus in the water of dairy waste stabilization ponds. **Water Research**, [S.L.], v. 32, n. 4, p. 1325-1328, abr. 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0043-1354\(97\)00272-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0043-1354(97)00272-8).

SANTOS, Tomás Neiva Vieira Pinto. Otimização da linha de espessamento da ETAR de Alcântara. 2018. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química e Bioquímica, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2018. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/56369>

SILVA, Renato Ferreira da; MACEDO, Mário; CONCEIÇÃO, Jaime. A pandemia de COVID-19 em Portugal: evolução, vacinação e farmacovigilância. *Revistamultidisciplinar.Com*, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 135-154, 2022. NMD - Nucleo Multidisciplinar. <http://dx.doi.org/10.23882/rmd.22090>.

SIMÕES, Cecília; ROSMANINHO, Isabel; GONÇALVES, António. Guia para a Avaliação de Impacte Ambiental de Estações de Tratamento de Águas Residuais. Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente, 2008. 98 p. Disponível em: https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_A_APA/Publicacoes/Guias_Manuais/guia_ETAR_final.pdf

SOUSA, Tânia Cristina Ribeiro de. Estações de Tratamento de Águas Residuais: Conceitos e Dimensionamento. 2016. 254 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em

Engenharia Civil, Instituto Politécnico do Porto, Porto, 2016. Disponível em:
https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/8253/1/DM_TaniaSousa_2016_MEC.pdf

VARGHA, Andrés; DELANEY, Harold D.; VARGHA, Andras. The Kruskal-Wallis Test and Stochastic Homogeneity. *Journal Of Educational And Behavioral Statistics*, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 170, 1998. American Educational Research Association (AERA).
<http://dx.doi.org/10.2307/1165320>.

VIJVERBERG, J.; KALF, D. F.; BOERSMA, M. Decrease in Daphnia egg viability at elevated pH. *Limnol. Oceanogr.* 1996, 41 (4), 789–794.
<https://doi.org/10.4319/lo.1996.41.4.0789>

ZAR, J.H (1999) *Biostatistical analysis*. Pearson Education India.

Anexo A – Decreto Lei 152/97 de 19 de junho

2962 – 2964

DIÁRIO DA REPÚBLICA — I SÉRIE-A

N.º 139 — 19-6-1997

ANEXO I

QUADRO N.º 1

Requisitos de tratamento das águas residuais urbanas

Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas sujeitas ao disposto nos artigos 5.º e 6.º

A) Sistemas de drenagem

Serão aplicados os valores de concentração ou a percentagem de redução.

Parâmetros	Concentração	Percentagem mínima de redução ⁽¹⁾	Método de referência de medição
Carência bioquímica de oxigénio (CBO5 a 20°C) sem nitrificação ⁽²⁾ .	25 mg/l O ₂	70-90	Amostra homogeneizada, não filtrada e não decantada. Determinação do oxigénio dissolvido antes e depois da incubação de cinco dias a 20°C ± 1°C, na total ausência de luz. Adição de um inibidor da nitrificação.
Carência química de oxigénio (CQO).	125 mg/l O ₂	75	Amostra homogeneizada, não filtrada, não decantada. Dicromato de potássio.
Total de partículas sólidas em suspensão ⁽³⁾ .	35 mg/l ⁽³⁾ 35 nos casos previstos no n.º 3 do artigo 5.º (e. p. superior a 10 000). 60 nos casos previstos no n.º 3 do artigo 5.º (e. p. de 2000 a 10 000).	90 ⁽³⁾ 90 nos casos previstos no n.º 3 do artigo 5.º (e. p. superior a 10 000). 70 nos casos previstos no n.º 3 do artigo 5.º (e. p. de 2000 a 10 000).	Filtração de uma amostra representativa através de um filtro de membrana de 0,45 µm. Secagem a 105°C e pesagem. Centrifugação de uma amostra representativa (durante pelo menos cinco minutos a uma aceleração média de 2800 g a 3200 g). Secagem a 105°C e pesagem.

⁽¹⁾ Redução em relação à carga do afluente.
⁽²⁾ O parâmetro pode ser substituído por outro: carbono orgânico total (COT) ou carência total de oxigénio (CTO), se for possível estabelecer uma relação entre a CBO5 e o parâmetro de substituição.
⁽³⁾ Este requisito é facultativo.

QUADRO N.º 2

Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização

Podem ser aplicados um dos parâmetros ou ambos, consoante a situação local.
 Serão aplicados os valores de concentração ou a percentagem de redução.

Parâmetros	Concentração	Percentagem mínima de redução ⁽¹⁾	Método de referência de medição
Fósforo total	2 mg/l P (10 000 – 100 000 e. p.) 1 mg/l P (mais de 100 000 e. p.)	80	Espectrofotometria de absorção molecular.
Azoto total ⁽²⁾	15 mg/l N (10 000 – 100 000 e. p.) 10 mg/l N (mais de 100 000 e. p.) ⁽³⁾	70-80	Espectrofotometria de absorção molecular.

⁽¹⁾ Redução em relação à carga do afluente.
⁽²⁾ Por azoto total entende-se a soma do total de azoto-Kjeldahl (N orgânico + NH₃), azoto de nitratos (NO₃) e azoto de nitritos (NO₂).
⁽³⁾ Alternativamente, a média diária não poderá exceder 20 mg/l N. Este requisito refere-se a uma temperatura da água igual ou superior a 12°C durante o funcionamento do reactor biológico da instalação de tratamento de águas residuais. Em substituição do critério da temperatura poderá utilizar-se um critério de limitação do tempo de funcionamento que tenha em conta as condições climáticas locais. Esta alternativa aplica-se no caso em que seja possível demonstrar que se cumpre o disposto na alínea D), n.º 1, do anexo I.

Anexo B – Decreto Lei 236/98 de 1 de agosto

ANEXO XVIII

Valores limite de emissão (VLE) na descarga de águas residuais

Parâmetros	Expressão dos resultados	VLE (1)
pH (0)	Escala de Sorensen	6,0-9,0 (2)
Temperatura (0)	°C	Aumento de 3°C (2)
CBO ₅ , 20°C (20) (0)	mg/l O ₂	40
CQO (0)	mg/l O ₂	150
SST (0)	mg/l	60
Alumínio	mg/l Al	10
Ferro total	mg/l Fe	2,0
Manganês total	mg/l Mn	2,0
Cheiro	—	Não detectável na diluição 1:20
Cor (0)	—	Não visível na diluição 1:20
Cloro residual disponível:		
Livre	mg/l Cl ₂	0,5
Total	mg/l Cl ₂	1,0
Fenóis	mg/l C ₆ H ₅ OH	0,5
Óleos e gorduras	mg/l	15
Sulfuretos	mg/l S	1,0
Sulfitos	mg/l SO ₃	1,0
Sulfatos	mg/l SO ₄	2000
Fósforo total	mg/l P	10 3 (em águas que alimentem lagoas ou albufeiras) 0,5 (em lagoas ou albufeiras)
Azoto amoniacal	mg/l NH ₄	10
Azoto total	mg/l N	15
Nitratos	mg/l NO ₃	50
Aldeidas	mg/l	1,0
Arsénio total	mg/l As	1,0
Chumbo total	mg/l Pb	1,0
Cádmio total	mg/l Cd	0,2
Crómio total	mg/l Cr	2,0