



Avaliação do desempenho da ETAR de Serzedo através do estudo das comunidades microbiológicas das lamas ativadas

João Manuel Gonçalves Novais

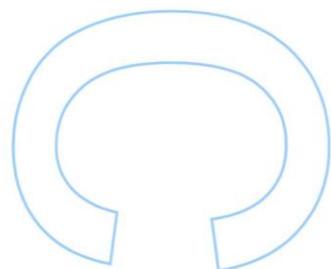
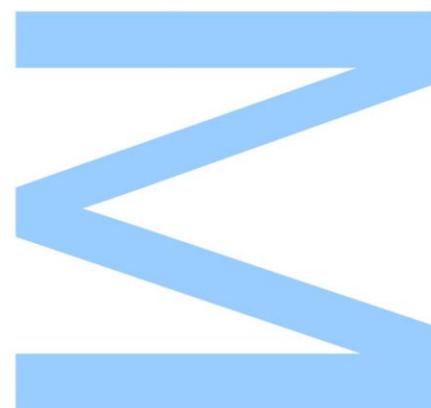
Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água

Departamento de Biologia

2022

Orientador

Luís Filipe Pereira de Oliva Teles, Professor Auxiliar do Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

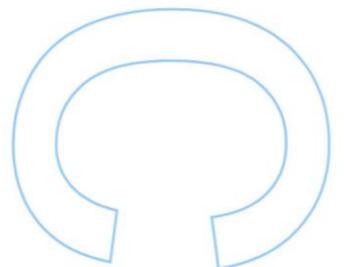
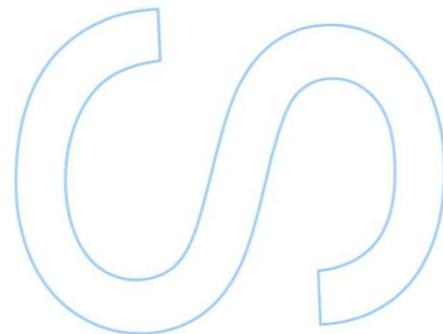
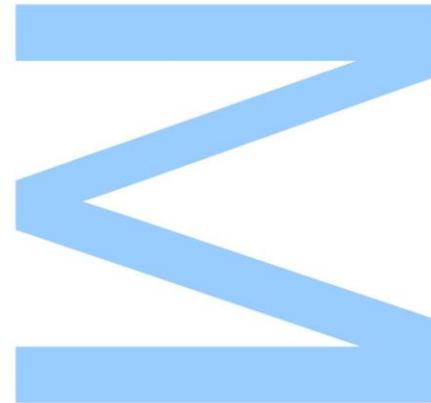




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Declaração de Honra

Eu, João Manuel Gonçalves Novais, inscrito(a) no Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto declaro, nos termos do disposto na alínea a) do artigo 14.º do Código Ético de Conduta Académica da U.Porto, que o conteúdo do presente relatório de estágio reflete as perspetivas, o trabalho de investigação e as minhas interpretações no momento da sua entrega.

Ao entregar este relatório de estágio, declaro, ainda, que o mesmo é resultado do meu próprio trabalho de investigação e contém contributos que não foram utilizados previamente noutros trabalhos apresentados a esta ou outra instituição.

Mais declaro que todas as referências a outros autores respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, encontrando-se devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção de referências bibliográficas. Não são divulgados no presente relatório de estágio quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor.

Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

João Manuel Gonçalves Novais

Porto, 29 de setembro de 2022

Agradecimentos

A execução deste trabalho foi possível, não só pelo meu próprio esforço, mas sobretudo pela contribuição e ajuda de diversas pessoas, às quais estou muito agradecido.

Primeiramente, ao Tiago Alves, técnico de laboratório da ETAR de Serzedo, por todo o conhecimento e auxílio que me foi dando para a minha aprendizagem sobre o funcionamento de todos os processos laboratoriais, e não só, e para a realização e correção deste trabalho.

À Professora Natividade Vieira e ao Professor Luís Oliva Teles pela ajuda na escolha deste estágio, pelo esclarecimento de várias dúvidas que fui tendo no seu decorrer e pela disponibilidade na correção e sugestão de melhorias do trabalho.

À empresa Águas do Norte, S.A., nomeadamente à Engenheira Lara Castro e ao Engenheiro Nuno Aguilar, por terem possibilitado o desenvolvimento deste trabalho e por me terem acolhido, motivando-me e disponibilizando-se para qualquer dúvida ou problema que eu tivesse.

A todos os operadores, engenheiros e técnicos que trabalham na empresa, com quem trabalhei e convivi ao longo destes meses, que prestaram todo o apoio possível e me fizeram sentir em casa.

E por fim, mas com a mesma importância, a todas as pessoas, ainda não referidas, com quem me cruzei neste trajeto académico, que me encorajaram e apoiaram em todos os bons e maus momentos.

Resumo

Este trabalho experimental advém da realização de um estágio na ETAR de Serzedo, pertencente à empresa Águas do Norte S.A., tendo decorrido entre os meses de setembro de 2021 e abril de 2022.

Os principais objetivos definidos foram a compreensão dos princípios do processo de lamas ativadas, a análise e compreensão dos parâmetros de controlo deste processo, assim como a avaliação do desempenho do reator biológico e respetiva capacidade de resposta a flutuações e situações adversas. Para isso, executaram-se diversas análises microbiológicas ao licor misto do reator biológico, entre as quais à comunidade de protozoários e metazoários, e à comunidade de bactérias filamentosas, mediante, respetivamente, a observação microscópica e determinação do Índice Biótico de Lamas (IBL), e a observação microscópica após reagir com colorações.

Das análises às comunidades de protozoários e metazoários foram identificadas 27 unidades taxonómicas. Os grupos dominantes nestas amostras foram os ciliados sésseis e os ciliados móveis de fundo. Esta codominância é um fator muito positivo da eficácia do sistema de tratamento implementado na ETAR de Serzedo, e que é corroborado com os valores do IBL apurados, que variaram entre os 8 e os 10, fruto não só desta codominância, mas também de um vasto número de espécies encontradas e um baixo número de pequenos flagelados. Assim sendo, foi viável, mais uma vez, aferir que a qualidade biológica estava ótima e que a eficiência depuradora era elevada, para além das lamas estarem bem colonizadas e estáveis.

Das análises à comunidade de bactérias filamentosas foram identificadas 15 espécies diferentes. Os organismos dominantes foram o Tipo 0675/0041, Tipo 1851 e o Tipo 0914. Nenhuma destas bactérias apresentou abundâncias excessivamente altas, pelo que nunca esteve em causa a ocorrência de qualquer tipo de disfunção no sistema que pudesse prejudicar o tratamento. Os valores mais altos foram de classe 4, ou seja, filamentos presentes em todos os flocos, mas de média densidade.

Posto isto, foi possível concluir que o sistema de tratamento por lamas ativadas da ETAR de Serzedo está em bom funcionamento, com uma eficiência bastante alta e assente, particularmente, no tipo de microrganismos que foram dominando as comunidades de protozoários, metazoários e bactérias filamentosas, tal como na sua vasta diversidade no meio.

Palavras-Chave: Lamas ativadas, comunidades microbiológicas, ETAR de Serzedo.

Abstract

This experimental work results from an internship at the Serzedo Wastewater Treatment Plant, belonging to the company Águas do Norte S.A., which took place between September 2021 and April 2022.

The main objectives defined were to understand the principles of the activated sludge process, to analyze and understand the control parameters of this process, as well as to evaluate the performance of the biological reactor and its capacity to respond to fluctuations and adverse situations. For this purpose, various microbiological analyses were performed on the sludge present in the biological reactor, including the communities of protozoa and metazoa, and the community of filamentous bacteria, through microscopic observation and determination of the Sludge Biotic Index (SBI), and microscopic observation after reacting with stains.

From the analyses of the protozoa and metazoa communities, 27 taxonomic units were identified. The dominant groups in these samples were stalked ciliates and crawling ciliates. This codominance is a very positive factor for the effectiveness of the treatment system implemented in the Serzedo Wastewater Treatment Plant and is corroborated by the SBI values found, which varied between 8 and 10, the result not only of this codominance but also of a vast number of species found and a low number of small flagellates. Therefore, it was once again possible to assess that the biological quality was optimal and that the purification efficiency was high, in addition to the sludge being well colonized and stable.

From the analysis of the filamentous bacteria community, 15 different species were identified. The dominant organisms were Type 0675/0041, Type 1851, and Type 0914. None of these bacteria showed excessively high abundances so the occurrence of any type of dysfunction in the system that could impair treatment was never in question. The highest values were class 4, that is, filaments present in all the flocs, but of medium density.

Therefore, it was possible to conclude that the activated sludge treatment system of the Serzedo Wastewater Treatment Plant is working well, with very high efficiency and based, particularly, on the type of microorganisms that were dominating the communities of protozoa, metazoa and filamentous bacteria, as well as their wide diversity in the that environment.

Keywords: Activated sludge, microbiological communities, Serzedo Wastewater Treatment Plant.

Índice

Agradecimentos.....	4
Resumo	5
Abstract	6
Índice.....	7
Lista de tabelas.....	10
Lista de figuras	11
Lista de abreviaturas.....	13
1. Introdução.....	14
1.1. Enquadramento	14
1.2. Objetivos.....	15
1.3. Estrutura do trabalho	15
2. Revisão bibliográfica.....	17
2.1. Tratamento de águas residuais.....	17
2.2. Tratamento biológico de águas residuais – Processo de lamas ativadas.....	19
2.3. Microrganismos indicadores do desempenho do sistema de tratamento	20
2.3.1. Protozoários	20
2.3.1.1. Flagelados.....	22
2.3.1.2. Ciliados nadadores.....	23
2.3.1.3. Ciliados sésseis.....	24
2.3.1.4. Ciliados móveis de fundo.....	25
2.3.1.5. Ciliados carnívoros	27
2.3.1.6. Amebas	28
2.3.2. Metazoários.....	29
2.3.3. Bactérias	30
2.3.3.1. Principais disfunções em sistemas de lamas ativadas.....	34
2.4. Monitorização de parâmetros físico-químicos	36
2.4.1. Parâmetros analíticos	36
2.4.2. Parâmetros processuais	39
2.5. Estação de Tratamento de Águas Residuais de Serzedo	40
2.5.1. Obra de entrada e tratamento preliminar	41
2.5.1.1. Elevação inicial.....	41
2.5.1.2. Gradagem	42
2.5.1.3. Receção e trasfega de lamas provenientes de fossas sépticas	43

2.5.1.4.	Desarenamento/Desengorduramento	43
2.5.1.5.	Correção do pH e medição do caudal.....	44
2.5.1.6.	Retenção de descargas pontuais.....	44
2.5.2.	Tratamento secundário	45
2.5.2.1.	Tanque de contacto- Seletor.....	46
2.5.2.2.	Reatores biológicos	46
2.5.2.3.	Extração de lamas em excesso	47
2.5.2.4.	Decantação secundária	48
2.5.2.5.	Estação elevatória de recirculação de lamas biológicas	48
2.5.3.	Tratamento terciário- remoção de cor	49
2.5.3.1.	Extração e elevação de lamas.....	51
2.5.4.	Tratamento das lamas em excesso	51
2.5.4.1.	Espessamento mecânico.....	51
2.5.4.2.	Desidratação mecânica	52
2.5.4.3.	Preparação e doseamento de polieletrólito para o espessamento e desidratação.....	52
2.5.4.4.	Transporte e armazenamento das lamas.....	53
2.5.5.	Reutilização do efluente tratado.....	53
3.	Materiais e métodos	55
3.1.	Amostragem	55
3.2.	Análises microbiológicas.....	55
3.2.1.	Procedimento para análise à comunidade de protozoários e metazoários	55
3.2.1.1.	Observação e contagem microscópica	56
3.2.1.2.	Determinação do Índice Biótico de Lamas (IBL)	57
3.2.2.	Procedimento para análise à comunidade de bactérias filamentosas ...	59
3.2.2.1.	Coloração Gram	59
3.2.2.2.	Coloração Neisser	59
3.2.2.3.	Observação microscópica.....	60
3.3.	Análises físico-químicas	61
3.3.1.	Determinação analítica dos Sólidos (SST e SSV).....	61
3.3.2.	Determinação analítica dos compostos azotados	62
3.3.2.1.	Azoto Total (<i>N_{total}</i>)	62
3.3.2.2.	Amónia ($N-NH_4^+$)	62
3.3.2.3.	Nitratos ($N-NO_3^-$).....	63
3.3.3.	Determinação analítica da Carência Química de Oxigénio (CQO).....	63
3.3.4.	Determinação analítica da Carência Bioquímica de Oxigénio (<i>CB05</i>)....	63
3.4.	Tratamento de dados.....	64

4. Resultados e discussão	65
4.1. Caracterização da comunidade de protozoários e metazoários	65
4.2. Caracterização da comunidade de bactérias filamentosas	77
5. Conclusão.....	82
Referências bibliográficas	85
Anexos.....	88
Anexo 1- Instruções de trabalho dos procedimentos laboratoriais decorrentes nas Águas do Norte, S.A.....	88
Anexo 2- Folha de registo para a análise da microfauna	106
Anexo 3- Folhas de registo para as análises físico-químicas	107

Lista de tabelas

Tabela 1- Principais causas do nível de eficiência do tratamento consoante o grupo de protozoários dominante 21

Tabela 2- Tabela de duas entradas para o cálculo do IBL (S: número de espécies; F: número de pequenos flagelados)..... 58

Tabela 3- Conversão do valor de IBL em classes de qualidade de lamas ativadas 58

Tabela 4- Categorias de abundância dos organismos filamentosos em lamas ativadas..... 61

Tabela 5- Volumes de amostra para o método standard da Hach..... 64

Tabela 6– Abundância média (%) e frequência (%) dos diversos protozoários e metazoários identificados no reator biológico da ETAR de Serzedo 71

Tabela 7– Valores do Índice Biótico de Lamas (IBL), ao longo do tempo de monitorização. 75

Tabela 8– Classes de abundância das bactérias filamentosas presentes no reator biológico, ao longo do tempo de monitorização. 78

Lista de figuras

Figura 1- Esquema do processo de tratamento relativo à fase de elevação inicial e tratamento preliminar na ETAR de Serzedo.....	41
Figura 2- Esquema do processo de tratamento relativo à fase de tratamento secundário na ETAR de Serzedo.	45
Figura 3- Esquema do processo de tratamento relativo à fase de tratamento terciário na ETAR de Serzedo.....	49
Figura 4- Esquema do processo de tratamento relativo à fase de tratamento de lamas biológicas na ETAR de Serzedo.....	51
Figura 5- Esquema do processo de tratamento relativo à fase de reutilização do efluente tratado na ETAR de Serzedo.	54
Figura 6- Procedimento correto de contagem da microfauna.....	56
Figura 7- Imagem representativa de uma câmara de Fuchs-Rosenthal, assim como do esquema reticulado que se encontra na câmara, com as quadrículas utilizadas para a contagem destacadas.....	57
Figura 8– Abundância (%) dos vários grupos de microrganismos presentes no reator biológico da ETAR de Serzedo, ao longo do tempo de monitorização.....	65
Figura 9- Precipitação total (mm) em Portugal Continental, nos meses de fevereiro, março e abril de 2022.	66
Figura 10– Número de microrganismos (ind./L) presentes no licor misto, pertencentes às espécies <i>Vorticella convallaria</i> , <i>Vorticella microstoma</i> e <i>Opercularia</i> sp., ao longo do tempo de monitorização.	67
Figura 11- Número de microrganismos (ind./L) presentes no licor misto, pertencentes às espécies <i>Acineria uncinata</i> , <i>Aspidisca cicada</i> e <i>Euplotes</i> sp., ao longo do tempo de Monitorização.	67
Figura 12– Carga Orgânica (kg CBO5/kg SST.dia) do afluente bruto, ao longo do tempo de monitorização.	68

Figura 13– Razão CBO5/CQO do afluente bruto, ao longo do tempo de monitorização...	69
Figura 14– Abundância (%) dos vários grupos de microrganismos presentes no reator biológico da ETAR de Ponte da Baia, ao longo do tempo de monitorização.	69
Figura 15– Abundância (%) dos vários grupos de microrganismos presentes no reator biológico da ETAR do Sousa, ao longo do tempo de monitorização.	70
Figura 16– Concentração dos compostos azotados (mg/L), analisados na ETAR de Serzedo, no efluente final, ao longo do tempo de monitorização.....	73
Figura 17– Comparação entre o número de microrganismos (ind./L) e SST (mg/L), presentes no reator biológico, ao longo do tempo de monitorização.....	73
Figura 18– Idade das lamas (dias) presentes no sistema de tratamento da ETAR de Serzedo, ao longo do tempo de monitorização.....	74
Figura 19– Imagens de algumas das espécies de protozoários e metazoários identificadas nesta análise.....	75
Figura 20– Abundância (%) de Opercularia sp. no reator biológico, em comparação com a totalidade dos restantes microrganismos, ao longo do tempo de monitorização.	77
Figura 21– Média da classe de abundância das espécies de bactérias filamentosas identificadas nas amostras analisadas.	78
Figura 22– Razão F/M (mg CBO5/mg SST. dia) no sistema de tratamento, ao longo do tempo de monitorização.	79
Figura 23– Imagens de algumas das espécies de bactérias filamentosas identificadas nesta análise, numa amplitude de 1000x.	81
Figura 24– Comparação entre a abundância de filamentos num sistema onde ocorre bulking filamentoso e noutro onde não ocorre.	81

Lista de abreviaturas

ETAR- Estação de Tratamento de Águas Residuais

IBL- Índice Biótico de Lamas

CBO₅- Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias

CBO- Carência Bioquímica de Oxigénio

CQO- Carência Química de Oxigénio

F/M- Alimentação / Microrganismos

IVL- Índice Volumétrico de Lamas

ST- Sólidos Totais

SST- Sólidos Suspensos Totais

SDT- Sólidos Dissolvidos Totais

SSV- Sólidos Suspensos Totais

SSF- Sólidos Suspensos Fixos

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Para um bom desempenho de um sistema de tratamento de águas residuais é essencial decorrer uma gestão muito criteriosa de uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR), assim como um forte conhecimento de cada uma das etapas. Desse modo, é crucial haver um controlo assertivo dos parâmetros biológicos, analíticos e processuais da ETAR. A elaboração deste trabalho teve como base estas conjunturas, avaliando o funcionamento da ETAR de Serzedo, mediante a análise microbiológica de lamas ativadas.

A análise, por observação microscópica, aos vários microrganismos presentes no sistema é muito importante no controlo do processo de tratamento. A caracterização de bactérias filamentosas permite, a título de exemplo, identificar e precaver eventuais disfunções que possam ou estejam a ocorrer no tratamento. A caracterização dos protozoários e metazoários permite, por exemplo, definir o Índice Biótico de Lamas (IBL), que tem em consideração a diversidade e abundância destes, assim como permitem um estudo conjunto com parâmetros de avaliação físico-químicos.

O desenvolvimento deste trabalho teve lugar na ETAR de Serzedo, pertencente à empresa Águas do Norte, proporcionando a obtenção de um conjunto de conhecimentos muito vasto, não só ao nível do tema deste estudo, como de todo processo que gira em torno da gestão de uma ETAR, não só ao nível teórico, como principalmente ao nível prático.

A Águas do Norte, S.A. foi formada, em 2015, a partir da junção das empresas Águas do Douro e Paiva, S.A., Águas do Noroeste, S.A., Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. e SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A, pertencentes ao Grupo Águas de Portugal. No seguimento desta agregação, o Estado Português concedeu a concessão da exploração e da gestão do sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal, em regime exclusivo, pelo período de 30 anos. [1]

Hoje em dia, a empresa é a entidade gestora do sistema multimunicipal em “alta” encarregue da captação, do tratamento e do abastecimento de água para consumo público, bem como da recolha, tratamento e rejeição de efluentes domésticos, urbanos e industriais e de efluentes provenientes de fossas sépticas. Para além disto, a Águas do

Norte também se responsabiliza pela exploração e gestão do sistema de águas da região do Noroeste, consequência da parceria feita entre o Estado (Administração Central) e 8 Municípios (Administração Local), efetivando um processo de verticalização que agrupa os serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais em “alta” (prestados aos Municípios) e em “baixa” (prestados aos utilizadores finais, os municípios), numa única entidade gestora e de um modo regular, contínuo e eficiente. [1]

O sistema multimunicipal do Norte de Portugal abrange 80 municípios, relativos a uma área de 19 687 km², ou seja, aproximadamente 22% do território nacional, e cerca de 3,7 milhões de habitantes. Este está dimensionado para fornecer, por ano, mais de 170 milhões de m³ de água potável a uma população coberta de 2.9 milhões de habitantes, estando também dimensionado para recolher/tratar, por ano, mais de 110 milhões de m³ de água residual a uma população coberta de 2.5 milhões de habitantes-equivalentes. Já o sistema de águas está dimensionado para fornecer, por ano, mais de 4,5 milhões de m³ de água potável a uma população coberta de 112 mil habitantes, assim como para recolher/ tratar, por ano, mais de 17 milhões de m³ de água residual a uma população coberta de 194 mil habitantes-equivalentes. [1]

1.2. Objetivos

Os objetivos principais delineados para este trabalho foram a compreensão dos princípios do processo de lamas ativadas, a análise e compreensão dos parâmetros de controlo deste processo, assim como a avaliação do desempenho do reator biológico e respetiva capacidade de resposta a flutuações e situações adversas. Para alcançar estes objetivos foi realizada uma análise microbiológica ao licor misto do reator biológico, visto ser um tipo de análise que, à data, não era executada na ETAR de Serzedo. Para auxiliar o estudo desta microfauna foram também realizadas análises a diversos parâmetros físico-químicos.

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho é composto por 5 capítulos, entre os quais o presente capítulo, relativo ao enquadramento geral do trabalho, os respetivos objetivos e esta descrição da estrutura de todo o relatório.

O capítulo 2, refere-se à revisão bibliográfica sobre o tratamento de águas residuais, sobretudo em relação ao tratamento biológico por lamas ativadas, são expostos os principais microrganismos indicadores do desempenho do sistema, são explicados vários parâmetros físico-químicos, e é feita ainda uma descrição da ETAR de Serzedo.

No terceiro capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados na fase de amostragem, nas posteriores análises microbiológicas e físico-químicas, e também no tratamento final dos dados.

No quarto capítulo são expostos os resultados decorrentes das análises anteriormente referidas, bem como uma discussão alusiva aos mesmos.

Por fim, no capítulo 5, são exibidas as principais conclusões recolhidas do desenvolvimento deste trabalho, particularmente na resposta aos objetivos delineados, e também uma reflexão sobre certas melhorias a serem aplicadas neste trabalho.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Tratamento de águas residuais

Os rios, os lagos ou o próprio subsolo, através das águas subterrâneas, são as fontes de toda a água que todos os dias é empregue nas indústrias e nas nossas residências, acabando por recebê-la novamente após utilização, em grande parte contaminada, em caso de não tratamento. Após essa utilização, esta água, já contaminada, passa a designar-se de água residual, possuindo grandes quantidades de nutrientes, agentes patogénicos, compostos químicos inorgânicos, sedimentos, minerais e por uma fastidiosa carga orgânica. Para que essa contaminação não ocorra nos locais de deposição final é obrigatório um tratamento apropriado destas águas nas Estações de Tratamento de Águas Residuais [2]. Para isso são executados processos biológicos e físico-químicos. De entre os processos físicos, os mais habituais são os trabalhos de flotação, filtração, sedimentação e gradagem, necessários para a eliminação de gorduras e contaminantes físicos. Relativamente aos processos químicos, os principais encarregados de eliminar quer a matéria orgânica quer contaminantes químicos são os métodos de coagulação, precipitação ou adsorção, bem como certas reações biológicas [3]. Por último, os processos biológicos, anaeróbios e aeróbios, hoje em dia, são comumente empregues na fase do tratamento secundário [4].

Os processos aeróbios são os mais usados para a remoção de matéria biodegradável, e para a agregação de matéria coloidal não sedimentável num biofilme ou em flocos [4]. Mediante um processo biológico que envolve uma vasta diversidade de microrganismos, sobretudo bactérias, é possível a estabilização da matéria orgânica que ocorre nessas águas residuais, bem como uma diminuição da carência bioquímica de oxigénio dissolvido [4].

Ainda assim, existem vários processos de tratamento biológico aeróbio, nomeadamente, sistema de lamas ativadas com vala de oxidação, leitos de macrófitas e percoladores, reatores de membranas, reatores descontínuos sequencias, etc. Para além do caudal a tratar, o tipo de tratamento a priorizar depende também do destino do efluente final, dos padrões físico-químicos do afluente, das exigências de qualidade do efluente final, bem como da eficácia e custo desse mesmo tratamento. [5]

No que concerne a um sistema de lamas ativadas com vala de oxidação, este é composto por um canal em forma de anel ou ovalado, apetrechado com arejamento e

agitação mecânica. A disposição do tanque propicia um fluxo numa única direção, de forma a que a energia despendida durante o arejamento seja capaz de levar à agitação do sistema, expondo um alto tempo de retenção hidráulico. Quando é necessária uma nitrificação mais elevada, este é mais recomendável do que o sistema de lamas ativadas convencional. [4]

O processo físico realizado pelas plantas é a função primordial de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais de macrófitas. Essas plantas levam à estabilização superficial dos leitos, evitando que sistemas verticais fiquem colmatados, levando ao crescimento de bactérias superficialmente nos leitos e estabelecendo condições excelentes para a filtração. Conforme o tipo de solo, o metabolismo destas poderá ter influência no tratamento, sendo empregues no caudal de pequenos afluentes. Graças à sua capacidade de atuar de forma gravítica, a utilização de eletricidade é desnecessária. [6]

Nos tratamentos através de leitos percoladores, por seu lado, a biomassa microbiana apresenta-se em forma de biofilme. O tratamento biológico realiza-se mediante a passagem do afluente nesse exato biofilme. Não haverá a obrigação de ocorrer uma recirculação da biomassa, pois, neste tipo de reator, existe uma fastigiosa retenção de biomassa. Acaba por ser um processo bastante proveitoso, pois a energia gasta é reduzida, visto que não existe a necessidade de uma agitação constante e porque o arejamento é realizado através da passagem do ar pelo leito de sólidos. [7]

Relativamente aos reatores de membranas, estes apresentam condições de procedimento similares a um sistema de lamas ativadas convencional, num sistema de baixa carga, diferenciando-se somente na separação das fases líquido/sólido por meio de membranas imersas, não carecendo, deste modo, do processo de decantação secundária. É um processo melhor do que o sistema de lamas ativadas ou o de reatores descontínuos sequenciais no caso de haver uma preferência para uma concentração de sólidos em suspensão mais alta, para que se consiga uma diminuição relevante do dimensionamento do reator biológico por meio da redução do volume efetivo. Ainda assim, a sua manutenção contém certos problemas como é o caso do consumo de hipoclorito de sódio para se realizar a limpeza das membranas e, assim, evitar a colmatação. Já no que diz respeito aos custos energéticos, estes são comparáveis ao de um sistema de lamas ativadas. [8]

No que diz respeito aos reatores descontínuos sequenciais, são utilizados para o tratamento das águas residuais, a partir do crescimento de biomassa suspensa. Este processo é uma reforma do reator de lamas ativadas convencional, sendo constituído

por um tanque único de retenção no tratamento das águas residuais. O afluente é recolhido para um “*batch*” onde é tratado e, posteriormente, descarregado. Ao longo do procedimento de tratamento, este reator é alimentado num curto intervalo de tempo, ou seja, através da entrada de nutrientes, de seguida passa por um período, em aerobiose, de agitação, denominado de reação, prossegue, em anaerobiose, com a decantação, chegando, por fim, à purga das lamas e ao descarregamento do efluente final já tratado. Este método, quando a área para a sua prática é menor, é mais aconselhável do que o sistema de lamas ativadas, visto que o fluxo dos reatores descontínuos sequenciais é vertical, ao contrário do sistema de lamas ativadas que possui um fluxo horizontal, ocupando, desta forma, uma área mais elevada. [9]

2.2. Tratamento biológico de águas residuais – Processo de lamas ativadas

Em 1914, em Manchester, Arden & Locket apresentaram o sistema de lamas ativadas. Este passou a ser usado a nível mundial, sendo que, hoje em dia, a única diferença prende-se com o arejamento que é ajustado ao afluente recolhido. De modo geral, este processo traduz-se na manutenção, num reator, designado de tanque de arejamento, de uma cultura mista de microrganismos. O conteúdo deste tanque de arejamento, denominado de licor misto, na sua maioria, é composto por metazoários, protozoários, bactérias filamentosas e formadoras de flocos, por material coloidal suspenso e pela água residual. [5]

Para além dos tanques de arejamento e dos sistemas correspondentes, um sistema de lamas ativadas é composto por um decantador secundário, onde ocorre a separação da biomassa da água em tratamento, e por um sistema de extração e recirculação das lamas. Este converte grande parte da matéria em biomassa celular e em formas orgânicas estáveis. Os microrganismos que se encontram no tanque de arejamento são responsáveis pelo metabolismo da matéria orgânica que produzirá dióxido de carbono, biomassa celular, removida mais tarde por sedimentação, compostos sulfurosos e azotados, e, claro está, a água. [10]

A princípio, o afluente será combinado com lamas recirculadas, num tanque de arejamento normal, para a formação do licor misto. Aqui consegue-se verificar a deterioração da matéria orgânica, ocorrendo a depuração do fósforo, azoto e do carbono orgânico graças à intervenção de bactérias presentes em flocos. Estes flocos, para além destas bactérias e de outros microrganismos associados, são constituídos por partículas

inorgânicas e orgânicas, bem como por substâncias poliméricas extracelulares. Os flocos, que podem conter uma variada composição e variados tamanhos, são fundamentais ao longo de todo o procedimento, funcionando como unidades operativas e funcionais deste sistema. Ainda assim, a floculação não se sucederá até que os microrganismos alcancem a fase de crescimento endógeno, acumulando-se exopolímeros celulares à superfície das células, causadoras da sua agregação, ou então que os microrganismos gastem toda a matéria orgânica. [11]

As lamas, depois de passarem pelo tanque de arejamento, migram para um decantador, sucedendo-se separação gravítica do líquido-sólido. Desta maneira, o efluente é isolado das lamas, que se encontram na base do decantador, e que são, parcialmente, recirculadas para um tanque de arejamento, de modo a preservar a estabilidade dos microrganismos presentes. [11]

Por meio dos procedimentos de tratamentos químicos, durante o tratamento terciário, pode-se diminuir bastante o CBO₅ (Carência Bioquímica de Oxigênio), o CQO (Carência Química de Oxigênio), a ocorrência de substâncias tóxicas, agentes patogénicos e nutrientes, como o fósforo e o azoto. [12]

Num sistema de lamas ativadas, o processo de recirculação de lamas necessita de ter muita atenção, uma vez que está encarregue da manutenção de um número alto de microrganismos de forma a oxidarem a carga orgânica e manterem uma razão alimento/microrganismos dentro dos limites delineados. Assim, estabelecem os valores mais elevados possíveis de taxa de remoção orgânica. [13]

A atividade de bactérias não é a única que ocorre neste processo, visto que este envolve diversos outros microrganismos. No licor misto, por exemplo, cerca de 5% da sua composição abrange protozoários, fungos, algas, metazoários e invertebrados (sendo os restantes 95% relativos às bactérias). Destes 5% há uma maior relevância para os protozoários e para os metazoários. Os primeiros, organismos unicelulares com comprimento entre os 5-200 µm, os segundos, organismos multicelulares com comprimento que pode ultrapassar 1 mm.

2.3. Microrganismos indicadores do desempenho do sistema de tratamento

2.3.1. Protozoários

A população de protozoários que se encontram no licor misto é um indicador do modo como um sistema de lamas ativadas está a funcionar. Estes protozoários, referentes ao reino dos Protistas, são organismos unicelulares, eucariotas e sem diferenciação celular. A complexidade da sua estrutura pode variar, sendo mais relevante no interior celular, em zonas diferenciadas, onde podem executar funções diversas. Comparativamente com as bactérias, estes possuem dimensões mais elevadas, alimentando-se inclusive destas, aquando da sua ocorrência numa ETAR. [14]

A evolução dos microrganismos em águas não tratadas pode ser repartida em três estágios. O primeiro que engloba espécies completamente vinculadas às próprias características da água, como os flagelados e os ciliados nadadores. Estas são raras em instalações onde o tratamento ocorre de forma normal e positiva. No segundo estágio verifica-se um decréscimo gradual destes grupos, bem como um incremento dos ciliados sésseis e dos ciliados móveis de fundo. Já no terceiro estabelece-se uma fase estacionária entre os grupos de microrganismos e as operações de tratamento vigentes, no que diz respeito, particularmente, à conexão entre a carga orgânica e a porção de lamas removidas, recirculadas e produzidas. [13][14]

Através da observação da tabela 1 pode fazer-se a identificação do grupo dominante da população microbiana, assim como fazer uma análise ao estado de uma ETAR.

Tabela 1- Principais causas do nível de eficiência do tratamento consoante o grupo de protozoários dominante. [13][14]

Grupo Dominante	Eficiência do Tratamento	Causas
Pequenos Flagelados	Baixa	<ul style="list-style-type: none"> Entrada de substâncias em via de fermentação Lamas pouco oxigenadas
Pequenos Flagelados e Amebas Nuas	Baixa	<ul style="list-style-type: none"> Cargas elevadas
Ciliados Nadadores (< 50µm)	Medíocre	<ul style="list-style-type: none"> Baixo tempo de residência Lamas pouco oxigenadas
Ciliados Nadadores (> 50µm)	Medíocre	<ul style="list-style-type: none"> Carga muito elevada
Ciliados Sésseis	Baixa	<ul style="list-style-type: none"> Ocorrência de fenómenos transitórios
Ciliados Móveis de Fundo	Boa	-
Ciliados Móveis de Fundo e Sésseis	Boa	-
Amebas com Teca	Boa	<ul style="list-style-type: none"> Boa nitrificação Baixa carga

Desta forma, a partir de uma análise ao microscópio da comunidade microbiana, já é possível obter importantes informações relativas à eficácia do tratamento no que diz respeito à eliminação de carga orgânica, à idade de lamas, à presença de constituintes tóxicos, à ocorrência de arejamento e nitrificação, e à qualidade do efluente final. [13][14]

2.3.1.1. Flagelados

Microorganismos que se movem através de flagelos. São indicadores de uma baixa idade de lamas, carência de oxigénio ou de um repentino aumento de carga orgânica. Suportam condições tóxicas e anóxicas, apontando para uma qualidade do efluente final fraca. [13]

Numa ETAR, os flagelados mais comuns são:

- Pequenos flagelados

Grupo de protozoários flagelados que aparecem em elevadas quantidades em ETAR em fase de arranque ou que possua problemas de funcionamento. Indicam condições de sub-arejamento, cargas altas, elevada concentração de amónia no meio e um reduzido rendimento de depuração. [13]

- *Euglena sp.*

Protozoário flagelado com surgimento raro nas lamas. Possível indicador de concentrações baixas de lamas. Comum em sistemas de tratamento através de filtros percoladores e biodiscos. [13]

- *Peranema sp.*

Protozoário flagelado que ocorre comumente nas lamas, mas não dominante. Relacionado a condições de baixa carga e baixa idade de lamas. Contrariando a maioria dos flagelados, este pode ser um bom indicador da qualidade final do efluente. [13]

2.3.1.2. Ciliados nadadores

Microrganismos que ficam em suspensão no tanque de arejamento e que expõem um movimento livre pelo afluente. Podem predominar na fase inicial de tratamento, sendo gradualmente substituídos pelos ciliados sésseis à medida que a floculação aumenta. Espécies de dimensões mais elevadas indicam, normalmente, altas cargas orgânicas, já as de dimensões mais reduzidas apontam para fenómenos de sub-arejamento. [13]

Numa ETAR, os ciliados nadadores que mais ocorrem são:

- *Spirostomum sp.*

Protozoário ciliado nadador indicador de baixa concentração de sólidos no reator, águas residuais pouco carregadas e comum de sistemas de baixa carga. [14]

- *Colpidium sp.*

Protozoário ciliado nadador indicador de cargas elevadas, ainda que com depuração do carbono. Relacionado a uma qualidade do efluente final média-baixa. [13]

- *Paramecium caudatum*

Protozoário ciliado nadador comum em afluente que se encontram numa fase inicial do tratamento ou que não são tratados, bem como em condições transientes. Num sistema de lamas ativadas é normalmente raro. Microrganismo mais comum em sistemas de filtros percoladores e biodiscos. [14]

- *Tetrahymena sp.*

Protozoário ciliado nadador indicador de cargas orgânicas muito altas e escassa oxigenação. Associado a um baixo rendimento de depuração. [14]

- *Uronema sp.*

Protozoário ciliado nadador indicador de condições de sub-arejamento, comumente presente em afluentes sem tratamento. [14]

2.3.1.3. Ciliados sésseis

Microorganismos ligados, através de um pedúnculo, aos flocos. Ocorrem em maior número perante cargas orgânicas mais baixas, embora possam ocorrer nos vários níveis de cargas. Podem estar associados, ainda, a fenómenos transitórios. [13]

Numa ETAR, os ciliados sésseis mais comuns são:

- *Carchesium sp.*

Protozoário ciliado sésil indicador de boas condições de nitrificação e arejamento, relacionada com cargas médias. Está associado a uma qualidade do efluente final boa-muito boa. [13]

- *Epistylis sp.*

Protozoário ciliado sésil indicador de um bom funcionamento do sistema, bem como de médias cargas. Presente em maior número perante a ocorrência de períodos de anoxia articulados com outros períodos de arejamento. Está associado a uma qualidade do efluente final boa. [13]

- *Opercularia sp.*

Protozoário ciliado sésil associado a cargas elevadas ou em locais de tratamento de afluentes industriais. Possível indicador de sub-arejamento, com resistência a um pH ácido ou a determinados sais tóxicos. É correspondente a uma qualidade do efluente final medíocre. [13]

- *Vorticella aquadulcis*

Protozoário ciliado sésil associado a um bom arejamento, cargas médias-baixas e a uma qualidade do efluente final boa. [14]

- *Vorticella convalaria*

Protozoário ciliado sésil indicador de cargas médias-altas, pouco duradoura aquando da ocorrência de substâncias tóxicas. Ocorre em ETAR de arejamento contínuo, sendo que o tratamento costuma ser melhor quanto maior for o comprimento do pedúnculo. [13]

- *Vorticella microstoma*

Protozoário ciliado sésil presente em condições de carência de oxigénio e em fases iniciais do tratamento. Associado a uma qualidade do efluente final baixa, fruto de um mau tratamento. [13]

- *Zoothamnium sp.*

Protozoário ciliado sésil comum de sistemas com arejamento contínuo, capacidade de depuração alta e baixa carga. Indicador de uma qualidade do efluente final boa-muito boa. [13]

- *Vaginicola sp.*

Protozoário ciliado sésil associado a bons rendimentos de depuração. Indicador de cargas baixas, nitrificação e concentrações altas de oxigénio. [14]

2.3.1.4. Ciliados móveis de fundo

Microrganismos que habitam à fase dos flocos. Estão associados a cargas médias-baixas e a uma qualidade do efluente final média-bona. [13]

Numa ETAR, os ciliados móveis de fundo mais comuns são:

- *Chilodonella uncinata*

Protozoário ciliado móvel de fundo indicador de uma idade de lamas reduzida. Associada a sistemas sem nitrificação e com abundância de bactérias filamentosas. [14]

- *Acineria uncinata*

Protozoário ciliado móvel de fundo presente em sistemas de média-alta carga e de eliminação de nutrientes. Consegue tolerar largos períodos de ausência de oxigénio. [14]

- *Aspidisca cicada*

Protozoário ciliado móvel de fundo bastante frequente em toda a gama de cargas, em sistemas de lamas ativadas. Indicadora de uma boa eficiência de depuração. [14]

- *Aspidisca lynceus*

Protozoário ciliado móvel de fundo associado a um bom arejamento e a uma boa nitrificação. Indicadora de baixa carga. [13]

- *Euplotes sp.*

Protozoário ciliado móvel de fundo indicador de instalações de carga média-baixa e de um avançado tratamento do carbono e de nitrificação. Associado a uma qualidade do efluente final boa. [13]

- *Depranomonas sp.*

Protozoário ciliado móvel de fundo indicador de uma fraca nitrificação e uma idade de lamas não muito alta. Normalmente aparecem pouco em sistemas de lamas ativadas. [14]

2.3.1.5. Ciliados carnívoros

Microrganismos poucos abundantes nas lamas ativadas, possuindo uma alimentação à base de outros protozoários presentes. [13]

Numa ETAR, os ciliados carnívoros mais comuns são:

- *Acineta sp.*

Protozoário ciliado carnívoro indicador de uma qualidade do efluente final variável, embora seja maioritariamente moderada-baixa. Associado a baixas cargas. [13]

- *Coleps hirtus*

Protozoário ciliado carnívoro raro nestes sistemas, sobretudo em locais com concentrações de amónia e nitratos elevadas. Ocorre, sobretudo, em instalações com um bom arejamento, cargas baixas e reduzidas concentrações de azoto. Indicador de uma qualidade do efluente final boa. [14]

- *Litonotus sp.*

Protozoário ciliado carnívoro indicador de fenómenos transientes e de baixa carga. Ocorrência inconstante nas lamas ativadas. [13]

- *Podophrya sp.*

Protozoário ciliado carnívoro associado a uma qualidade do efluente final moderada. Presente em sistema com tempos de retenção celular elevados. [13]

- *Tokophrya*

Protozoário ciliado carnívoro indicador de baixas cargas e alta idade de lamas, sendo comum em sistemas de lamas ativadas. [14]

- *Prorodon teres*

Protozoário ciliado carnívoro que tolera amplas margens de salinidade. [14]

2.3.1.6. Amebas

Microrganismos que se dividem em dois grupos, o dos que possuem teca e o dos que não possuem. As amebas com teca estão associadas a uma qualidade do efluente final boa e, também, a uma boa nitrificação. As amebas nuas são indicadoras de cargas elevadas, fenómenos transientes e uma medíocre qualidade do efluente final. [13]

Numa ETAR, as amebas mais comuns são:

- *Arcella sp.*

Protozoário pertencente ao grupo das amebas com teca associado a locais que recebem efluentes industriais do ramo agroalimentar. É um indicador de bons níveis de arejamento, nitrificação e de baixa carga. [13]

- *Euglypha sp.*

Protozoário pertencente ao grupo das amebas com teca indicador de uma boa qualidade do efluente final, associado a locais de arejamento contínuo, baixa carga, podendo ocorrer ou não nitrificação e a baixas concentrações de sólidos. [13]

- *Diffugia sp.*

Protozoário pertencente ao grupo das amebas com teca associado a baixas concentrações de sólidos e uma boa qualidade do efluente final. [14]

- *Centropyxis sp.*

Protozoário pertencente ao grupo das amebas com teca indicador de uma boa qualidade de depuração. [14]

- Amebas nuas

Protozoários pertencente ao grupo das amebas nuas comuns aquando da ocorrência de problemas nos sistemas de tratamento, em efluentes tóxicos e industriais. Podem indicar fenómenos de sub-arejamento aquando da presença de flagelados, ou de bom arejamento quando escoltados por amebas com teca. [13]

2.3.2. Metazoários

Estes microrganismos multicelulares expõem tempos de gestação mais elevados do que os protozoários, alimentando-se de bactérias e matéria particulada. Estes são indicadores de uma idade de lamas alta e de uma eficiência elevada de remoção de carga orgânica nestes sistemas. Os metazoários intervêm nos processos de floculação, por meio da secreção do muco para posterior adesão das bactérias filamentosas, e de defloculação, por meio de fragmentação dos flocos gerado pelo seu movimento. [13]

Numa ETAR, os metazoários mais comuns são:

- *Aelosoma sp.*

Metazoário que ocorre unicamente em sistemas com uma elevada idade de lamas e cargas bastante baixas. Está associado a bons fatores de nitrificação, arejamento e qualidade do efluente final. [13]

- *Rotaria sp.*

Metazoário característico de uma elevada idade de lamas e de uma boa qualidade do efluente final. [14]

- *Nematode sp.*

Metazoário resistente à falta de oxigénio, presente em todo o tipo de cargas. Não servem como indicador de qualidade de efluente tratado, mas em elevadas quantidades, podem estar associados a fenómenos de sedimentação no decantador ou no tanque de arejamento. [13]

- Tardígrado

Metazoário que aparece ocasionalmente em águas doces e marinhas, mas raro em sistemas de lamas ativadas. [14]

- *Gastrotrichi sp.*

Metazoário característicos de uma idade de lamas avançada. [14]

2.3.3. Bactérias

Num sistema de lamas ativadas, normalmente, existem dois grupos principais de bactérias, as filamentosas e as formadoras de flocos. De forma a ocorrer um equilíbrio entre as várias espécies de bactérias, e desse modo garantir uma remoção alta de matéria orgânica, é fundamental que se verifique uma adequada sedimentação das lamas, no decantador secundário, bem como uma concentração de sólidos suspensos reduzida e uma inexistência de turvação no efluente final. A razão entre a superfície e o volume é uma das principais distinções fisiológicas que se pode estabelecer entre estas espécies, sendo mais elevada nas bactérias filamentosas. Assim sendo, usufruem de uma afinidade superior para o substrato, capacitando-as de uma maior resistência à falta de nutrientes e oxigénio, e assim, sendo mais abundantes nesses ambientes [12]. Estas detêm uma função fundamental na formação dos flocos, uma vez que compõem a espinha dorsal sobre a qual vão aderir os pequenos flocos, confeccionados pelas bactérias formadoras de flocos, de modo a tornarem os flocos maiores [12][15].

No que diz respeito à reprodução, nas filamentosas ocorre maioritariamente por fragmentação, enquanto que nas formadoras de flocos ocorre através de fissão binária transversal. Por seu lado, a taxa de crescimento depende de vários fatores ambientais, como por exemplo, a diminuição da concentração de oxigénio pode vetar o crescimento de bactérias aeróbias. Outros fatores fundamentais que interferem no crescimento são, a temperatura, o pH, o tipo de substrato, as fontes de azoto e carbono e certos nutrientes fundamentais. [14]

A razão alimentação/microrganismos (razão F/M), ou seja, a relação entre o alimento acessível e a quantidade de microrganismos existentes num local, é igualmente um fator que influencia as bactérias localizadas no tanque de arejamento.

Perante valores diminutos desta razão, o alimento presente é escasso para a quantidade de microrganismos, provocando o ajuntamento de bactérias formadoras de flocos. Para valores mais altos, o alimento presente já é suficientemente elevado para a quantidade de microrganismos, levando à disseminação das bactérias. Visto que, desta forma, ostentam uma atividade mais elevada, acabam por se reproduzir, também, a uma velocidade superior, não formando os flocos. Assim sendo, qualquer sistema de lamas ativadas que funcione desta maneira poderá produzir um efluente turvo, uma vez que as lamas formadas, em grande parte, possuirão uma sedimentação dificultada. [17]

As bactérias, em regra, num sistema descontínuo, expõem quatro fases distintas de desenvolvimento. A fase *lag* (de adaptação), uma fase do crescimento exponencial, uma fase estacionária e, por fim, uma fase de declínio. No decorrer da primeira fase, há uma manutenção do número de células, embora as bactérias continuem ativas e a sintetizar as enzimas sempre que for preciso, de modo a ocorrer a oxidação da matéria orgânica. Verifica-se um consumo reduzido de substrato e um aumento diminuto da biomassa [17]. Na fase exponencial, como o próprio nome indica, ocorre um crescimento exponencial das bactérias obtendo-se reservas de alimento que serão, posteriormente, empregues em alturas de carência deste. Observa-se o consumo da maioria do substrato e um grande incremento da biomassa. Esta fase estará sempre dependente das condições de laboração da ETAR. Por seu lado, na fase estacionária ocorre a diminuição do crescimento das bactérias, por causa de uma falta de nutrientes ou do acúmulo de substâncias tóxicas. A divisão celular irá se equiparar à paralisação da reprodução ou morte das células, permitindo uma concentração de biomassa regular. Por último, a fase de declínio onde a taxa de crescimento bacteriano é inferior à taxa de mortalidade, havendo, assim, um consumo superior das reservas de energia e carbono [3].

Em contraponto, num sistema de lamas ativadas, que é um sistema contínuo, dá para manter estabilizado o crescimento bacteriano, consoante a quantidade de nutrientes que entra no sistema e também taxa de recirculação da biomassa. Serão estes fatores que permitirão definir a razão F/M necessária para apurar a taxa de crescimento das bactérias neste sistema.

Algumas bactérias filamentosas aquando da sua descoberta, em 1975, por Eikelboom, foram nomecladas numericamente (por exemplo, Tipo 021N) pela falta de conhecimento filogenético, utilizando apenas as características morfológicas. Atualmente, muitas dessas bactérias já tiverem essa identificação mais completa, mas continua a utilizar-se a nomenclatura com números estabelecida por Eikelboom.

Em termos normais, num sistema de lamas ativadas, as bactérias filamentosas mais comumente encontradas são:

- *Sphaerotilus natans*

Bactéria que surge comumente em afluentes industriais, sendo mais rara em afluentes domésticos. Pode levar à ocorrência de *bulking*. Relacionada com a ocorrência de carga orgânica alta, falta de nutrientes, presença de compostos bastante biodegradáveis no afluente, fraco arejamento e alta razão F/M. [12][15][18]

- Tipo 0675/0041

Bactéria pouco comum em afluentes domésticos, mas frequente em afluentes industriais. Provoca o surgimento de *bulking*. Associado a valores de pH reduzidos, assim como de Razão F/M. [12][15][18]

- Tipo 021N

Bactéria com surgimento constante em afluente domésticos, sob condições anóxicas. Pode instigar o desenvolvimento de *bulking*. Está ligada à falta de nutriente específicos, valores elevados de compostos reduzidos de enxofre, teor fastigioso de gorduras e a um arejamento diminuto. [12][15]

- Tipo 1701

Bactéria comum de afluentes industriais e mais escasso em afluentes domésticos. Leva à ocorrência de *bulking*. Relacionado à ocorrência de concentrações altas de carboidratos, arejamento reduzido e alta carga orgânica. [12][15].

- *Thiothrix I / Thiothrix II*

Bactérias presentes regularmente em afluentes industriais e raras nos afluentes domésticos. Podem provocar problemas de *bulking*. Normalmente associadas à falta de determinados nutrientes, presença no afluente de compostos bastante biodegradáveis, fraco arejamento e um conteúdo elevado em compostos reduzidos de enxofre [12][15].

- Tipo 0914

Bactéria regular tanto em afluentes domésticos como em afluentes industriais. Provoca o desenvolvimento de *bulking*. Surge em elevadas concentrações perante valores de pH reduzidos, conteúdo alto de compostos reduzidos de enxofre e uma razão F/M baixa. [12][15][18]

- *Beggiatoa spp.*

Bactéria com surgimento ocasional. Associada a um conteúdo alto de compostos reduzidos de enxofre, assim como a um arejamento reduzido. [12][15].

- Tipo 1851

Bactéria com surgimento regular tanto em afluentes domésticos como em afluentes industriais. Instiga a ocorrência de *bulking*. Relacionada com a presença de compostos de grande biodegradabilidade no afluente, uma idade de lamas alta e a uma razão F/M reduzida. [12][15][18]

- Tipo 0803

Bactéria regular quer em afluentes domésticos como em industriais. Leva ao surgimento de *bulking*. Está ligado a baixos valores de pH, a um conteúdo elevado em compostos reduzidos de enxofre e a uma razão F/M baixa. [12][15][18]

- Tipo 0092

Bactéria com surgimento ocasional em afluentes industriais, mas comum em domésticos. Regularmente associada a um pH reduzido, elevada idade de lamas e a uma razão F/M diminuta. [12][15][18]

- Tipo 0961

Bactéria pouco comum em afluentes domésticos, mas com surgimento casual nos afluentes industriais. Relacionada a um pH baixo, a compostos de grande biodegradabilidade nos afluentes e a cargas orgânicas altas. [12][15]

- *Microthrix parvicella*

Bactéria regular em afluentes domésticos, sendo mais difícil de encontrar em industriais. É a bactéria filamentosa que motiva com mais frequência o surgimento de *bulking*. Associada a uma razão F/M reduzida, uma idade de lamas alta, a um arejamento diminuto, a um teor elevado de gorduras e a conteúdos elevados em compostos reduzidos de enxofre. [12][15][18]

- *Nocardia spp.*

Bactéria bastante comum em ETAR. Pode provocar o surgimento de *foaming*. É um bom indício de recirculação interna. Está ligada à ocorrência de compostos tensoativos, valores reduzidos de pH, razão F/M baixa e a um elevado teor em óleos e gorduras. [12][15][18]

- *Nostocoida limicola I*

Bactéria com surgimento ocasional em afluentes domésticos. Pode instigar problemas de *foaming*. Está associado à ocorrência de compostos com alta biodegradabilidade no afluente, uma elevada idade de lamas e a uma razão F/M reduzida. [12][15][18]

- *Nostocoida limicola II / Nostocoida limicola III*

Bactéria bastante frequente em afluentes industriais e domésticos. Responsável pela ocorrência de *foaming*. Relacionada com o surgimento de compostos de alta biodegradabilidade nos afluentes e com uma falta de nutrientes. [12][15][18]

- *Haliscomenobacter hydrossis*

Bactéria presente regularmente em afluentes domésticos e ocasional em afluentes industriais. Normalmente associada a um arejamento baixo, pH reduzido, falta de determinados nutrientes e a existência de compostos de elevada biodegradabilidade nos afluentes. [12][15]

- Tipo 0581

Bactéria que aparece ocasionalmente nos afluentes domésticos. Relacionada a valores reduzidos de pH e a uma razão F/M baixa. [12][15][18]

- Tipo 1863

Bactéria ocasional em ETAR. Pode provocar o surgimento de *foaming*. Está ligado a razões F/M altas. [12][15][18]

- Tipo 0411

Bactéria que surge ocasionalmente em ETAR. Associada a uma carga orgânica alta. [12][15]

2.3.3.1. Principais disfunções em sistemas de lamas ativadas

As bactérias filamentosas, tal como referido previamente, são fundamentais para o desenvolvimento dos flocos, por se estabelecerem como uma espinha dorsal, sobre a qual se irão aderir os pequenos flocos. No caso destas bactérias ocorrerem em número reduzido, estes flocos serão incapazes de se manterem unidos, devido, entre outros fatores, à turbulência existente oriunda do arejamento, tendo como consequência uma

diminuta capacidade para a sedimentação das lamas [19]. Sob outra perspetiva, se porventura estas bactérias figurarem em números muito elevados, podem levar ao desenvolvimento de problemas de desempenho no sistema.

Num sistema de lamas ativadas podem acontecer diversas disfunções, sobretudo no que diz respeito à separação sólido/líquido. Na sedimentação de lamas, os problemas mais comuns têm origem no crescimento demasiado avultado das bactérias filamentosas, gerando um efluente de qualidade reduzida. [20]

De seguida são apresentadas as principais disfunções que podem ocorrer, sobretudo ao nível dos decantadores secundários.

- *Bulking* Filamentoso

Este problema, nas ETAR com sistemas de lamas ativadas, é comumente considerado o problema mais grave. Este origina, no decantador secundário, uma sedimentação muito baixa e uma qualidade do efluente final bastante reduzida. Pode ser causado por uma falta de oxigénio, ausência de determinados nutrientes, como o fósforo e o azoto, e pela existência de substâncias tóxicas. Todos estes fatores irão, portanto, levar a um crescimento excessivo de bactérias filamentosas, como a *Microthrix parvicella*, *Sphaerotilus natans*, *Thiothrix*, *Halicomonobacter hydrossis*, Tipo 021N, entre outras, que levam ao estabelecimento de pontes interfloculares [15]. Este problema pode ainda ser detetado a partir de uma análise ao Índice Volumétrico de Lamas (IVL) [20].

- *Foaming*

Este problema, tal como o anterior, deve-se ao desenvolvimento demasiado elevado de certas bactérias filamentosas hidrófobas, como a *Nocardia* e a *Microthrix parvicella*, produtoras de substâncias tensoativas que levam ao surgimento de espumas e escumas, quer no tanque de arejamento quer no decantador secundário. Tudo isto pode acontecer devido à presença de óleos, gorduras ou de bolhas de ar, oriundas do arejamento, captadas por essas bactérias filamentosas. [15]

- Flocos *Pin Point*

Este problema ocorre por causa da ocorrência de flocos com dimensões muito reduzidas e, portanto, com uma densidade baixa que leva a uma sedimentação praticamente inexistente, provocando altos conteúdos de matéria orgânica e de turbidez no efluente final. Ao contrário dos problemas anteriores, este deve-se a uma falta de bactérias filamentosas. Como referido anteriormente, estas bactérias não têm como

função formar flocos, mas têm um papel muito importante, pois estabelecem a espinha dorsal para a adesão destes pequenos flocos, de forma a se desenvolverem e possuírem uma densidade superior, permitindo uma sedimentação mais fácil. Esta falta de bactérias filamentosas pode dever-se a alterações de temperatura, salinidade ou pH. [15]

2.4. Monitorização de parâmetros físico-químicos

2.4.1. Parâmetros analíticos

Para um bom funcionamento de uma ETAR é obrigatório que se sucedam, para além de alterações biológicas, alterações químicas e físicas ao afluente, de forma a obter-se um efluente final completamente tratado. Desta forma, é necessário calcular determinados parâmetros analíticos, para uma melhor compreensão da situação corrente de todo o tratamento, para que se possam fazer certas afinações ao longo do processo, melhorando-o assim.

Para a execução do cálculo destes parâmetros é preciso recolher amostras das várias etapas de tratamento, podendo estas amostras serem compostas ou pontuais. Uma amostragem composta ocorre quando esta é feita, num mesmo local, ao longo de um determinado período de tempo, permitindo revelar, em média, as propriedades do efluente no decorrer desse tempo. Uma amostragem pontual ocorre quando esta é realizada numa determinada altura, permitindo constatar as propriedades do efluente naquele preciso tempo.

De seguida são apresentados alguns dos principais parâmetros analíticos analisados numa ETAR.

- pH

Este parâmetro pode apresentar diversos valores dependendo da origem da amostra examinada. Para efluentes de origem industrial o pH pode expor valores mais básicos, já para efluentes domésticos pode exibir valores dentro de uma gama neutra [21]. A análise do pH pode ser realizada num tanque de neutralização, devendo-se encontrar entre os 6 e os 9, de forma a controlar o efluente à entrada do tanque de arejamento, e assim efetivar as condições apropriadas para o desenvolvimento dos microrganismos que fazem parte do processo biológico [22]. Esta leitura de pH pode ocorrer, também, no interior do próprio tanque de arejamento, constituindo um meio de

avaliação da situação em que o tratamento biológico se encontra. Neste local como decorre uma eliminação do azoto e da matéria orgânica, o pH irá diminuir graças ao desenvolvimento dos microrganismos, decorrente da emanação de ácidos orgânicos. O pH pode, ainda assim, aumentar por ação dos organismos desnitrificantes, visto que este método restitui a maioria da alcalinidade que ao longo da nitrificação foi retirada [23]. Na fase de decantação secundária, o pH pode alertar para possíveis disfunções decorrentes dos processos de desnitrificação e nitrificação. Por fim, o pH pode ser analisado no efluente final, devendo estar de acordo com os limites estipulados na legislação.

- Oxigénio

Na fase de desengorduramento/desarenamento, a análise aos valores de oxigénio presente no efluente possibilita estimar em que condições o sistema de arejamento está a funcionar, sistema esse que leva as gorduras, que se encontram nas lamas, a ascender. Este parâmetro possui uma importância muito relevante no reator biológico, uma vez que este oxigénio é fundamental para a nitrificação e a desnitrificação. Este é um fator cuja importância acresce ainda mais na altura do verão, fruto da elevada temperatura que interfere na dissolução deste. [22]

- Temperatura

A temperatura é outro fator importante para a avaliação do sistema. Geralmente, a temperatura do afluente apresenta valores um pouco superiores à temperatura ambiental, interferindo nos processos de extração das gorduras e óleos, na celeridade dos processos biológicos ou na decantação secundária. O aumento da temperatura, como citado anteriormente, provoca ainda a diminuição do oxigénio dissolvido, prejudicando o tratamento biológico. [22]

- Sólidos

Os afluentes que chegam às ETAR são constituídos, em parte, por sólidos de diversos tamanhos, podendo ser matéria dissolvida ou em suspensão. Uma forma de avaliar o quão poluída está uma água residual é através da quantificação dos sólidos totais (ST) após ocorrer a evaporação de toda a água da amostra. Estes ST são, portanto, o conjunto dos sólidos suspensos totais (SST) e dos sólidos dissolvidos totais (SDT). Estes últimos, como estão dissolvidos na água residual, conseguem passar pelo filtro utilizado para separar a maior parte dos sólidos da amostra de água residual. Já os SST, ficam retidos nesse mesmo filtro. Estes podem-se subdividir em outros dois tipos de sólidos, os sólidos suspensos voláteis (SSV), que são sólidos orgânicos e que

constituem a maior fatia dos SST, e os sólidos suspensos fixos (SSF), que são de natureza mineral ou inorgânica. A diferenciação destes em termos de quantificação prende-se com o facto da matéria orgânica, perante temperaturas na ordem dos 550°C volatilizar, ao contrário da matéria mineral ou inorgânica que não sofre alterações [22]. Dependendo do tipo de amostra e do local de onde esta é recolhida, os valores dos sólidos irão variar.

A análise dos SSV permite determinar a concentração de biomassa que se encontra no reator biológico do sistema, assim sendo, essa biomassa necessita de permanecer sempre dentro de um valor ideal de maneira a que o tratamento biológico continue a funcionar corretamente. Para que essa concentração não flutue muito do valor ideal procede-se a variações na recirculação e na purga das lamas. Nas lamas provenientes da recirculação, a medição dos sólidos (SST e SSV) possibilitará a aferição da quantidade de sólidos orgânicos que estão a ser reintroduzidos no reator. Deste modo, esta recirculação será muito importante para que se consiga manter a concentração de biomassa pretendida no reator. A análise dos SST avalia também o estado dos sistemas de desidratação e de espessamento, através das escorrências provenientes destas fases, uma vez que a finalidade principal destes sistemas é a extração da parte líquida presente nas lamas para que o seu volume possa ser reduzido [24].

Para além dos SST e dos SSV, nestes sistemas pode-se ainda medir a matéria seca e a matéria volátil relativas às amostras das lamas desidratadas, espessadas e em excesso. Os sólidos suspensos no efluente final também devem ser analisados e cumprir os valores estabelecidos na legislação. Portanto, para um correto funcionamento de todo este sistema de tratamento é fundamental que se executem estas análises nas várias fases e locais que englobam o tratamento.

- Fósforo e Azoto

Para o desenvolvimento das plantas, animais ou microrganismos é fundamental que estejam presentes no meio nutrientes como o fósforo e o azoto. Hoje em dia, existe uma grande necessidade de monitorização das concentrações de fósforo presentes na água, visto que tem ocorrido um grande crescimento de algas tóxicas em diversos ecossistemas por causa da descarga deste no meio. Já no que diz respeito ao azoto, este tem um papel elementar na síntese proteica, portanto, para um correto tratamento biológico, é fundamental a sua monitorização. Nas águas residuais este pode-se vislumbrar de diversas conformações, sendo que o azoto orgânico, os nitratos (NO₃⁻) e a amónia (NH₄⁺) são os que, usualmente, são controlados. [22]

- Carência Química de Oxigénio (CQO)

Para a análise da carga orgânica das amostras recolhidas um dos métodos utilizados atende à medição da Carência Química de Oxigénio. Esta exprime a matéria orgânica, presente na amostra em análise, suscetível de ser oxidada, isto é, mede a matéria orgânica que é quimicamente oxidada. [24]

- Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO)

O CBO é mais um critério analisado na avaliação do carácter poluente de uma água residual. Este fundamenta-se no valor de concentração de oxigénio dissolvido numa amostra de água que é gasto na degradação da matéria orgânica por processos biológicos [24]. Assim sendo, o CBO permite determinar a carga orgânica biodegradável relativa à amostra recolhida. Para isso, o processo mais comum assenta em incubar essa amostra a uma temperatura precisa ao longo de 5 dias. A escolha deste período é porque a grande maioria do oxigénio dissolvido deverá ser consumido ao fim desses mesmos dias [22].

2.4.2. Parâmetros processuais

A análise destes parâmetros permite perceber o nível de desempenho das várias etapas de tratamento a decorrer.

De seguida são apresentados alguns dos principais parâmetros processuais utilizados no controlo do tratamento.

- Razão SSV/SST (%)

Este parâmetro é a razão entre a quantidade, em mg/L, dos sólidos suspensos voláteis e os sólidos suspensos totais, referentes a uma amostra de lamas em recirculação. O resultado apresenta a percentagem de sólidos orgânicos que são fundamentais para um tratamento eficaz, relativamente aos sólidos suspensos totais.

- Índice Volumétrico de Lamas (IVL)

O IVL é um parâmetro relativo ao volume preenchido por 1g de lamas, após sedimentarem 30 minutos num cone Imhoff. A partir deste é possível avaliar as lamas ativadas quanto às suas características de sedimentação. O IVL está normalmente relacionado com um crescimento filamentoso a partir dos 150 ml/g. [24]

- Idade de lamas

A idade das lamas traduz o período de tempo que, em média, os microrganismos permanecem no reator biológico. A manipulação da idade das lamas ocorre através da variação do caudal de purga destas. Para uma idade de lamas baixa, ou seja, menor que cinco dias, estão presentes altas taxas de crescimento de microrganismos. Já para uma idade de lamas alta, ou seja, superior aos quinze dias, a taxa de crescimento é reduzida, algo que é comum em sistemas de tratamento que funcionam com arejamento prolongado. [25]

- Razão CBO/CQO

Esta razão indica a biodegradabilidade do efluente referente a estes parâmetros analíticos. No caso de um afluente não tratado, esta razão deve situar-se entre os 0,3 e os 0,8. Se esse valor for acima dos 0,5 é sinal de que o afluente não contém compostos tóxicos e, portanto, é mais facilmente tratado. Por outro lado, se for abaixo dos 0,3, este afluente pode apresentar compostos tóxicos na sua constituição. [24]

- Razão Alimento/Microrganismos (Razão F/M)

Este parâmetro expõe a relação entre a quantidade de substrato, mediante o CBO, disponível para o consumo, e a concentração de biomassa que se encontra no sistema de tratamento. A quantidade de substrato que se encontra no meio é reduzida para valores baixos desta razão, normalmente situados abaixo dos 0,3 mg CBO/mg SST. dia. Assim sendo, perante quantidades de substrato reduzidas, os microrganismos presentes passam para uma fase de respiração endógena, aonde, para produzirem energia, metabolizam as próprias reservas celulares. Pelo facto de toda a matéria orgânica ser consumida, a eficiência do tratamento é superior. [25]

2.5. Estação de Tratamento de Águas Residuais de Serzedo

A estação de tratamento de águas residuais de Serzedo, para um correto tratamento dos efluentes que lá vão parar, quer industriais quer domésticos, é provida das várias operações e processos unitários indispensáveis para o concretizar. O esquema de tratamento desta ETAR é subdividido em linha líquida e linha sólida. A primeira é composta pelas fases de tratamento preliminar, tratamento secundário e tratamento terciário, já a linha sólida representa o tratamento de lamas consequentes da linha líquida. Pelo facto desta ETAR ostentar a possibilidade de câmbio do tratamento, em determinadas fases, entre duas linhas presentes, a linha 1 e a linha 2, o operador pode

definir os órgãos que pretende que estejam em funcionamento, ou seja, pode fazer com que o sistema de tratamento decorra de três formas, apenas na linha 1, apenas na linha 2, ou em ambas as linhas, podendo para tal estabelecer os órgãos de cada uma das linhas necessários de estar em funcionamento.

2.5.1. Obra de entrada e tratamento preliminar

Esta fase de tratamento é a responsável pela diminuição de vários compostos presentes no afluente e que podem, posteriormente, desencadear diversos problemas, nomeadamente o entupimento de canais hidráulicos da instalação, podem interferir com outras fases de tratamento mais adiante, ou provocar a deterioração de equipamentos [26]. Na ETAR de Serzedo, esta fase é formada pela elevação inicial das águas residuais, pelo processo de gradagem, pela receção e trasfega das lamas vindas das fossas sépticas, pelo desarenamento e desengorduramento e pela correção do pH e medição do caudal. Pontualmente poderá, ainda, ocorrer uma descarga do efluente numa bacia de emergência, que posteriormente será encaminhado para a elevação inicial.

Na figura 1 encontra-se esquematizada esta fase do tratamento relativa à ETAR de Serzedo.

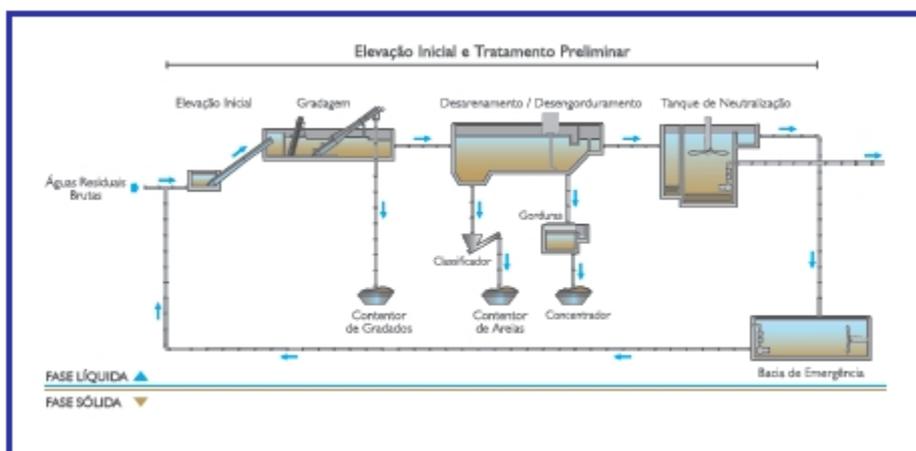


Figura 1- Esquema do processo de tratamento relativo à fase de elevação inicial e tratamento preliminar na ETAR de Serzedo. [27]

2.5.1.1. Elevação inicial

O tratamento inicia-se neste estágio com a recolha do afluente e posterior elevação com o auxílio de parafusos de Arquimedes. Ou seja, as águas residuais são elevadas até uma cota definida, de maneira a que, de seguida, ocorra um escoamento do caudal de forma gravítica em toda a amplitude das várias operações da fase líquida do

tratamento, deixando assim de ser necessário o uso de outra elevação previamente ao tratamento secundário. [28]

A princípio, o afluente irá ser recolhido para uma câmara análoga a três canais, cada qual autónomo e com uma comporta, que poderá estar aberta ou fechada, de forma a possibilitar, ou não, a passagem da água residual presente na câmara para o respetivo parafuso de Arquimedes. Esta câmara está constituída por um medidor de caudal do bypass geral à ETAR, por um medidor de gás sulfídrico, por um medidor de nível e boias de nível. Para além do afluente, aqui também chegam as escumas decorrentes do tratamento biológico, as escorrências quer do tratamento das lamas quer do escumador e do classificador das areias e as descargas quer de fundo e superfície da bacia de emergência quer de fundo do reator, tudo controlado por medidores de caudal. [28]

2.5.1.2. Gradagem

Este processo impossibilita a passagem de material suspenso de dimensões acima dos 5mm, uma vez que ocorrerá o deslocamento do afluente através de uma grade de proteção de limpeza manual (malha de 40mm), e através de um tamisador/compactador de tambor rotativo (malha de 5mm). Contrariamente aos sistemas em série de grelha média e grelha fina, este ostenta no mesmo equipamento os processos de gradagem, compactação, a lavagem dos gradados e o transporte correspondente. [28]

Este equipamento foi instalado na diagonal, de forma a possibilitar uma eficiência maior de redução de material suspenso ou flutuante. Ao longo do processo, devido ao acúmulo de sólidos no tambor rotativo, desenrolar-se-á uma redução da carga, levando a uma elevação lenta do nível que irá acionar o raspador rotativo. Este tem a função de recolher e, por gravidade, descarregar os resíduos num recetor de alimentação do parafuso transportador central. Estes resíduos, no decorrer do transporte, sofrem compactação e desidratação até atingirem 40% de teor em sólidos. [28]

Nesta etapa está presente ainda um equipamento responsável pela lavagem dos gradados recolhidos de forma automática, para que não ocorra uma remoção de carga orgânica para lá dos limites. De seguida, estes gradados são depositados em dois contentores, enquanto as escorrências provenientes dos processos anteriores de compactação e lavagem vão seguir para o canal de gradagem graviticamente. Para além dos canais prévios, em caso de necessidade da execução de um *by-pass* aos canais de gradagem mecânica existe, também, um canal paralelo e similar a estes, composto por uma grade manual. [28]

2.5.1.3. Receção e trasfega de lamas provenientes de fossas séticas

Para além do afluente a atinge a ETAR, também são tratadas as lamas oriundas de fossas séticas. Nesta fase de pré-tratamento, estas são descarregadas inicialmente do camião cisterna para um tanque de receção munido de um tamisador/compactador, de onde os gradados gerados serão recolhidos e depositados num contentor similar aos referidos anteriormente. Posteriormente, o efluente resultante seguirá para um tanque de armazenamento, a partir do qual será elevado até montante do sistema de gradagem, graças a dois grupos eletrobomba submersíveis e a agitação mecânica. [28]

2.5.1.4. Desarenamento/Desengorduramento

Com a execução desta etapa do tratamento preliminar é possível prevenir o surgimento de diversos problemas em fases mais adiante do tratamento, tais como o acumular de areias em certos órgãos, o desgaste de equipamentos, problemas ao nível do tratamento biológico, etc. Para combater isto, este sistema é constituído por dois órgãos com desenvolvimento longitudinal que, com o suporte de arejamento, executam a flutuação dos óleos e das gorduras e a lavagem de areias. [28]

Estes órgãos dispõem de uma ponte raspadora dupla que opera em contínuo, sendo composta por mecanismos de raspagem de fundo, onde ocorre a remoção das areias, e de raspagem de superfície, onde ocorre a remoção dos óleos e das gorduras. O efluente decorrente deste processo sairá, a jusante destes órgãos, por um defletor e, posteriormente, por um descarregador de altura ajustável. [28]

Todo o arejamento é decorrente da existência, próximo do fundo dos tanques, de difusores de membrana de ar comprimido. Este ar provém de três sopradores instalados no interior de canópias de insonorização. [28]

No que diz respeito à remoção das areias, as partículas mais densas depositam-se no fundo dos órgãos, sendo conduzidas, por raspagem, até montante do órgão onde serão removidas por ação de duas bombas centrífugas submersíveis, chegando, de seguida, a um classificador de areias. Aqui, a mistura de areias e água irá concentrar-se numa zona posterior, onde está colocado um extrator sem-fim, que guiará as areias a uma zona mais elevada onde sofrerá lavagem a jato, de forma a remover a matéria orgânica. De seguida, estas areias seguirão até um contentor de recolha e a água da lavagem levada novamente para a linha de tratamento. [28]

Já para a remoção dos óleos e gorduras ocorrerá a separação destes da fase líquida através de flutuação, onde a partir daí passam por raspagem de superfície até jusante do órgão, atingindo uma caleira de recolha e seguindo, de forma gravítica, para um poço de bombagem. Neste, pela existência de agitação mecânica, os óleos e gorduras serão elevados, por um grupo eletrobomba submersível, até um concentrador mecânico de gorduras. Os concentrados serão depositados num contentor similar ao das areias e a água decorrente da separação inicial é recolocada, por gravidade, na fase líquida do tratamento. [28]

2.5.1.5. Correção do pH e medição do caudal

Ocasionalmente, pela chegada de afluentes de indústrias têxteis, as águas residuais podem apresentar um pH alcalino. Visto isto, para neutralizar estas águas, é necessário a injeção direta de dióxido de carbono num tanque de neutralização, por meio de uma grelha difusora instalada no fundo desse mesmo tanque. Este possui um determinado volume e profundidade com o intuito possibilitar uma maior eficácia de dissolução do gás, estando situado continuamente ao sistema de desarenamento/desengorduramento e possuindo ainda agitação mecânica. [28]

Para o armazenamento e fornecimento do dióxido de carbono foi instalado um equipamento de funcionamento automático, onde a dose de gás injetada será monitorizada por um medidor presente no tanque, mediante a leitura do valor de pH. Para além do sistema de injeção e do equipamento de regulação, este processo é também composto por uma rede de distribuição de gás, um reservatório criogénico e por um gaseificador. [28]

Este processo permite ainda que se faça uma manutenção do medidor do caudal através de um *by-pass* ao tratamento biológico. Para isso procede-se ao fechamento de uma válvula que sustenta o medidor de caudal, conduzindo o efluente até à bacia de emergência. [28]

2.5.1.6. Retenção de descargas pontuais

Nesta fase de tratamento está ainda instalada uma bacia de emergência. Esta pode ser acionada, manualmente, após a análise de diversos fatores, registados de forma contínua, seguintes ao sistema de gradagem, ou então quando surgem problemas no

tratamento biológico em virtude de descargas de compostos poluentes ou de uma receção excessiva de afluente, evitando, assim, um *by-pass* geral à ETAR. [28]

Quando se sucede o isolamento do tratamento biológico será ativado um descarregador de emergência, presente no tanque de neutralização, permitindo que o efluente seja encaminhado até à bacia de emergência. [28]

Se porventura a bacia de emergência atingir a capacidade máxima é empregue um *trop-plein* com ligação à câmara de aspiração. Se o seu volume tampão também se esgotar, será executado, por meio de um *trop-plein* da elevação inicial, uma descarga no meio recetor. [28]

Na bacia de emergência está presente um agitador submersível, que irá homogeneizar o efluente que aí vá chegando. Posteriormente, este vai ser, graviticamente, escoado por uma descarga de fundo até à câmara dos parafusos de Arquimedes, sempre doseadamente, em resultado da caracterização analítica que vá ocorrendo. [28]

2.5.2. Tratamento secundário

Na ETAR de Serzedo, o tratamento biológico da água residual decorre nesta fase de tratamento secundário, constituída por diversas etapas ilustradas na figura 2.

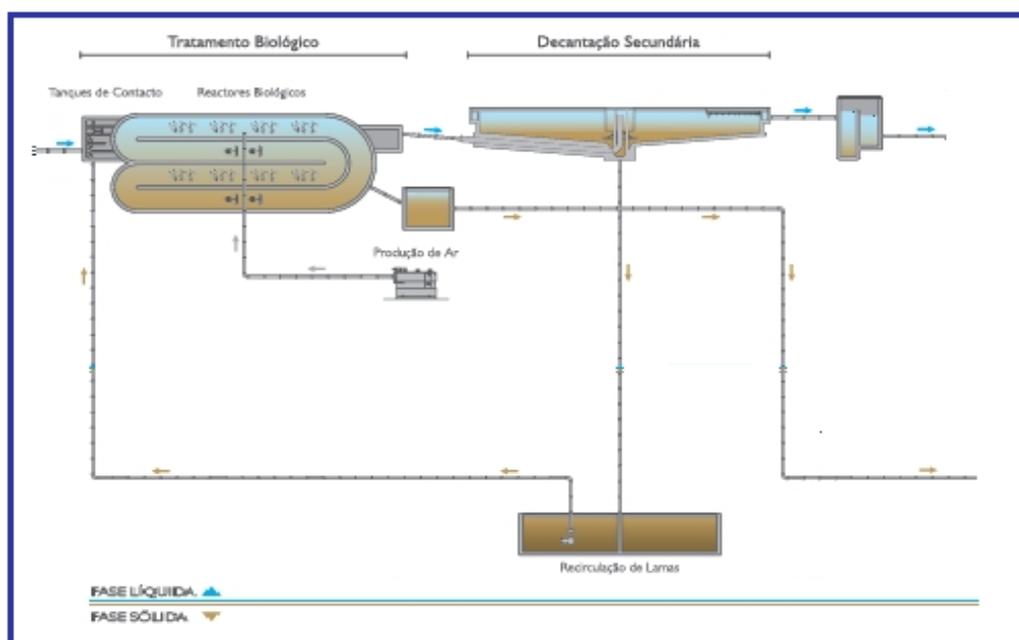


Figura 2- Esquema do processo de tratamento relativo à fase de tratamento secundário na ETAR de Serzedo. [27]

2.5.2.1. Tanque de contacto- Seletor

Em sistemas de tratamento com longos períodos de arejamento, por vezes, ocorre uma extensa multiplicação de bactérias filamentosas. Estas podem provocar uma fraca sedimentação das lamas ativadas, sendo fundamental, para evitar esse fenómeno, que os microrganismos não-filamentosos se desenvolvam apropriadamente. Para isso é necessário provê-los dos nutrientes e substratos essenciais ao seu crescimento. Assim, neste procedimento, verificar-se-á, em tanques de contacto, a adição de uma parcela de lamas recirculadas ao afluente que acaba de entrar nesta fase de tratamento. [28]

A construção deste tanque teve em consideração a obtenção de um gradiente máximo de concentração em CQO e CBO_5 , sendo para isso instalado como reator de fluxo pistão. Este está, portanto, equipado com septos de maneira a conceber compartimentos neste tanque de contacto. De forma a evitar o crescimento de certas bactérias filamentosas, este tanque não é dotado de arejamento, operando em condições anóxicas, possuindo, unicamente, agitadores submersíveis, de modo a conservar a biomassa suspensa. [28]

2.5.2.2. Reatores biológicos

O tratamento biológico que decorre na ETAR de Serzedo é executado com base num sistema de lamas ativadas em reatores com forma de vala de oxidação tipo carrossel. Nesta fase procura-se remover a matéria orgânica presente no efluente, por ação dos microrganismos existência no meio, assim como a remoção do fósforo e do azoto. [28]

Na ETAR de Serzedo estão presentes dois reatores, montados com um sistema de difusão de bolha fina e com agitadores submersíveis. Estes reatores trabalham ainda com um arejamento prolongado e possuem uma estrutura que permite desencadear-se os processos de nitrificação e desnitrificação, uma depuração eficaz do efluente, a estabilização sincrónica das lamas no sistema e a remoção do fósforo. Para além de alguns pressupostos acabados de referir, o dimensionamento das valas de oxidação tem de atender também a uma concentração mínima de oxigénio dissolvido (1,5 mg/L), a uma temperatura mínima (19°C) e a um intervalo de valores relativos aos sólidos suspensos (2000-5000 mg/L), à carga mássica (0,15-0,20 kg CQO/gMLSS/d) e à idade das lamas (≥ 15 dias). [28]

Para cada linha de arejamento, o sistema é formado por dois pares de grelhas com difusores de bolha fina, estando ligado a uma central de produção de ar nutrida de dois sopradores de caudal variável e mais um de reserva. Estes regulam a quantidade de ar disponibilizado automaticamente, consoante um set-point de oxigénio dissolvido, estabelecido num sistema de supervisão, sendo controlado pelos medidores de oxigénio continuamente. Nas condutas relativas ao arejamento estão colocados medidores controladores de pressão. [28]

Em cada um dos reatores, estão montados quatro agitadores submersíveis tipo *Banana Blade*, que asseguram uma velocidade mínima de escoamento do efluente na vala de oxidação (0,28 m/s). [28]

Quer a entrada do afluente quer a recirculação das lamas no reator é executada, como referido anteriormente, a partir de um canal não arejado. Esta reentrada das lamas, a par do afluente, abastece o reator da matéria orgânica essencial à ocorrência da desnitrificação. Para a produção de lamas em excesso foi definido, para esta ETAR, o valor de 0,35 kgMLSS/KgCQO removida. Conduzidas ao reator são também as lamas flotadas, decorrentes do tratamento terciário, sendo depois extraídas simultaneamente com as lamas biológicas. [28]

Cada reator biológico está ainda capacitado de uma válvula manual de descarga de fundo, que possui uma ligação à elevação inicial. [28]

Por último, o efluente segue caminho para as caixas de repartição, de onde este é levado para os decantadores secundários. [28]

2.5.2.3. Extração de lamas em excesso

A extração das lamas em excesso ocorre nas caixas de repartição, que antecedem a passagem aos decantadores secundários, onde estão situadas duas bombas submersíveis munidas de variação de velocidade. [28]

Para o correto funcionamento de todos os processos de tratamento é fundamental a conservação de uma determinada idade de lamas. Com essa finalidade, nos circuitos de compressão das lamas em excesso para o espessamento estão instalados medidores de caudal. Estes vão possibilitar determinar o caudal total diário de lamas em excesso, visto que a extração destas ocorre a partir dos reatores, assim como da idade de lamas. [28]

Nestas caixas de repartição encontram-se também medidores de sólidos em suspensão, que controlam a concentração das lamas presentes nos reatores biológicos. A conjugação do valor determinado aí com o caudal das lamas em excesso permite estabelecer o fluxo mássico de lamas em excesso que são fornecidas ao sistema de tratamento. [28]

2.5.2.4. Decantação secundária

Nesta etapa do tratamento secundário irá decorrer a remoção da biomassa floculada e mineralizada a partir do efluente em tratamento e, mediante a recirculação nos reatores biológicos, também possibilitará manter a concentração das lamas ativadas que são fundamentais para o tratamento biológico. [28]

No sistema estão presentes dois decantadores secundário, de geometria circular, para clarificar o efluente. Este, presente nas caixas de repartição após a passagem pelos reatores, é conduzido para os decantadores secundários através de defletores centrais de distribuição. Nos decantadores, as lamas já decantadas são encaminhadas para um compartimento de lamas por ação de uma ponte raspadora de superfície e de fundo. Por meio de um raspador que funciona continuamente, as lamas depositadas seguem caminho até um poço disposto centralmente nos decantadores, de onde parte, de forma gravítica, para a estação elevatória de lamas secundárias devida, e daí são elevadas continuamente até ao tanque de contacto. Esporadicamente pode ocorrer a formação de escumas superficialmente, sendo extraídas pelo raspador de superfície. Ou seja, o defletor periférico retém as escumas e o raspador levá-las até uma caixa de escumas. Posteriormente, as escumas já misturadas com água vão para o circuito das escorrências do tratamento das lamas, através da gravidade, circuito esse conectado à elevação inicial. [28]

A saída do efluente dos decantadores decorre por entre uma caleira de descarga até uma caixa de distribuição de caudais para as linhas do tratamento terciário, ou então, por meio das válvulas presentes, para o *by-pass* do tratamento terciário. [28]

2.5.2.5. Estação elevatória de recirculação de lamas biológicas

Uma estação elevatória de recirculação, por meio do uso de válvulas colocadas à entrada, pode ser isolada. [28]

A partir de cada estação, as lamas são elevadas, em contínuo, até às caixas de repartição das lamas em recirculação no tanque de contacto. Estas estações estão munidas de dois (mais um) grupos eletrobomba submersíveis, bem como um medidor de caudal para cada linha. Estas bombas, por meio de um variador de frequência, conseguem regular o caudal, possibilitando que o sistema se possa adaptar às diferentes condições de afluência. [28]

2.5.3. Tratamento terciário- remoção de cor

O principal objetivo desta fase de tratamento é a remoção da cor do efluente, bem como de partículas de sólidos e tensoativos. Para tal, utiliza combinadamente as tecnologias de ozonização e flotação. De seguida, na figura 3, é exposto o processo de tratamento terciário da ETAR de Serzedo.

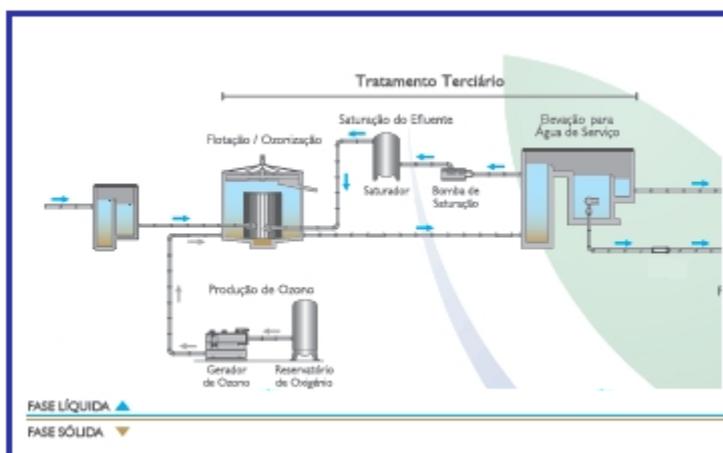


Figura 3- Esquema do processo de tratamento relativo à fase de tratamento terciário na ETAR de Serzedo. [27]

O tratamento de remoção da cor que decorre nesta ETAR possui diversas vantagens, até em comparação com outros processos de tratamento como a decantação lamelar ou o processo físico-químico. Entre as quais estão os menores custos de exploração comparativamente ao processo físico-químico, há uma maior flexibilidade e facilidade de operação e de intervenção, este tratamento suscita a redução do CQO, a flotação propicia uma diminuição dos SST e dos tensoativos, o efluente final expõe valores altos de oxigénio dissolvido e realiza-se ainda uma desodorização deste. [28]

Esta fase de tratamento compreende duas linhas, cada qual com um saturador, um flutador e um hidrojétor (mais um de reserva). Para a produção de gás para as linhas

está instalado um gerador de ozono, bem como os vários equipamentos para o armazenamento do oxigénio líquido, utilizado para a génese do ozono. [28]

No interior de cada flotador existe um módulo interno cilíndrico, onde o efluente saturado de ar é injetado, ou seja, este módulo realiza a mistura do efluente com o ar. Assim sendo, o efluente proveniente da decantação secundária entra nesse órgão numa zona próxima do fundo, sendo que ligeiramente mais abaixo encontra-se uma rede de hidrojatores do efluente já saturado de ar, permitindo uma eficiência de todo este processo maior. O efluente decorrente da fase de tratamento anterior possui ainda alguns sólidos que depois, após contactarem com a recirculação do efluente saturado de ar, são conduzidos até à superfície, onde se encontra uma ponte raspadora que os transporta para um poço de lamas flotadas. [28]

No que diz respeito à saturação com ar comprimido de uma parte do efluente tratado, esta engloba um sistema composto por um saturador, um injetor de ar/ efluente tratado e por um equipamento de eletrobomba (mais um de reserva). O saturador, no seu interior, deve estar preenchido, até um certo nível, de efluente saturado de ar e o espaço sobrance deve ser destinado ao ar, que é mantido no efluente pelas condições de pressão estabelecidas no saturador. O injetor, por seu lado, graças ao seu desenho e às características hidráulicas do sistema de eletrobomba, está permanentemente a aspirar o ar do interior do saturador. Se seguida, esse efluente tratado já saturado com ar parte para os hidrojatores dos módulos internos dos flotadores. [28]

O efluente que não sofre flotação, após descer entre a parede do flotador e o módulo interno, contacta mais abaixo com o ozono para que possa ser descolorado. O ozono entra nos flotadores pela dissolução deste numa recirculação de efluente tratado. A cor do efluente aparece graças à existência de moléculas complexas não biodegradáveis, com forma cíclica e ligações duplas fortes. Consequentemente, quando contacta com o efluente, o ozono desfaz as ligações dessas moléculas, dando origem a moléculas de menores dimensões e sem as características que conferem a cor. [28]

Os flotados, por causa do sentido de rotação conferido ao efluente nesse órgão, são deslocados para a zona mais ao centro deste, onde estão presentes duas pás raspadoras opostas que os leva até ao descarregador e daí até à estação elevatória para pudermos, de seguida, entrar na recirculação do tratamento secundário. [28]

Em circunstâncias em que não seja necessária a injeção de ozono, pode desenrolar-se apenas a remoção dos tensioativos e dos SST durante a flotação, ou então todo o sistema pode ser desativado. [28]

2.5.3.1. Extração e elevação de lamas

Nesta etapa ocorre a extração das lamas flotadas oriundas da caixa de escumas de flutuadores, bem como a sua elevação para o reator biológico. Para a elevação é necessário um grupo eletrobomba submersível (mais um de reserva), estando ainda presentes um medidor de sólidos e um de caudal. [28]

2.5.4. Tratamento das lamas em excesso

Na constituição desta fase de tratamento fazem parte diversas etapas, tais como a extração das lamas em excesso, o espessamento mecânico, a desidratação mecânica, a preparação e doseamento de polieletrólito para o espessamento e a desidratação e o transporte e armazenamento das lamas desidratadas, como é ilustrado na figura 4.

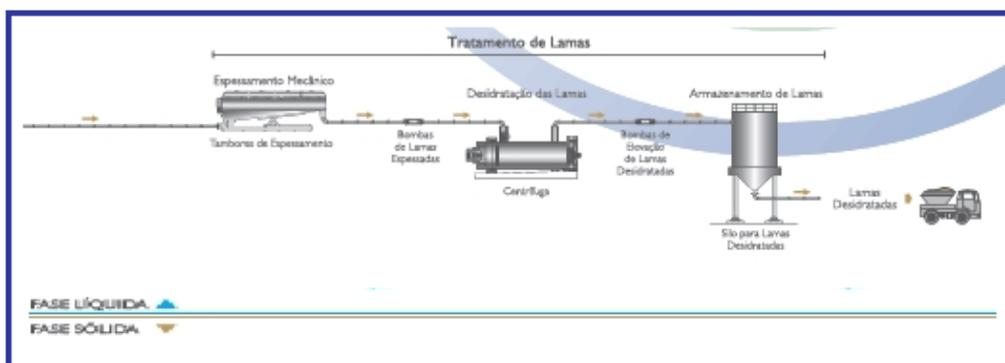


Figura 4- Esquema do processo de tratamento relativo à fase de tratamento de lamas biológicas na ETAR de Serzedo. [27]

2.5.4.1. Espessamento mecânico

No espessamento mecânico, o objetivo primordial é a extração da água que se encontra nas lamas, mediante um processo de filtração que amplificará o teor de matéria seca. Para isso, as lamas são espessadas mecanicamente num tambor de espessamento (mais um de reserva) que, em conjunto com um polímero que é adicionado, levam à aglomeração de partículas sólidas. [28]

A reserva destes tambores de espessamento é feita ciclicamente, ocorrendo o revezamento através do acionamento manual de um conjunto de válvulas que regulam a alimentação destes. [28]

Em cada linha, os medidores quer de caudal quer de concentração de sólidos ajustam o caudal mássico de alimentação, controlando automaticamente, dessa forma, a dose de polímero a ser fornecida. [28]

Por norma, desta etapa de tratamento resultam lamas espessadas com cerca de 4-6% (p/v) de concentração e cerca de 95% de eficiência de captura de sólidos. [28]

A água para a lavagem dos tambores, proveniente do reservatório da água de serviço, é aspirada e pressurizada por duas bombas, sendo que, após lavagem, esta e o filtrado do processo seguem caminho para um circuito das escorrências que possui ligação à elevação inicial. [28]

2.5.4.2. Desidratação mecânica

O principal objetivo na desidratação mecânica é aumentar, por meios mecânicos, a concentração de matéria seca das lamas decorrentes do espessamento. Cada tambor de espessamento conecta-se a uma centrífuga de desidratação. [28]

Entre os tambores de espessamento e as centrífugas de desidratação está presente uma tremonha de lamas espessadas, bem como uma bombagem intermédia, de forma a alimentar as centrífugas. A presença desta tremonha permite que, se ocorrer uma paragem inesperada do tambor em funcionamento, haja, na mesma, lamas espessadas para seguir com o processo. Após esta tremonha de lamas espessadas está ainda montada uma bomba volumétrica de parafuso excêntrico. Estão ainda presentes medidores de caudal nos circuitos de alimentação das centrífugas. [28]

Na generalidade, após esta etapa pode-se obter uma concentração de lamas desidratadas de cerca de 20-22% (p/v) e à volta de 95% de eficiência na captura dos sólidos. [28]

Tal como para o espessamento mecânico, a água para a lavagem das centrífugas, assim como o concentrado resultante do processo são conduzidos até ao circuito de escorrências que possui ligação à elevação inicial. [28]

2.5.4.3. Preparação e doseamento de polieletrólito para o espessamento e desidratação

De forma a aprimorar a eficiência do tratamento, é executado, previamente às etapas de espessamento e desidratação, o condicionamento químico de lamas utilizando uma solução de polieletrólito. [28]

A preparação dessa solução é muito importante não só por interferir no grau de desidratação espessamento das lamas, mas também por ser muito cara. Este procedimento é executado por unidades de preparação automáticas, equipadas com bombas de rotor excêntrico encarregues do seu doseamento. [28]

2.5.4.4. Transporte e armazenamento das lamas

Para o posterior armazenamento dessas lamas já espessadas e desidratadas é utilizado um silo de fundo plano, equipado com um raspador exterior. [28]

O transporte das lamas para o silo é feito com o auxílio de um parafuso transportador, localizado abaixo das centrífugas, que nutre as bombas de elevação de lamas. Nessas bombas está presente um manómetro de pressão que verifica a pressão existente durante a compressão destas para a elevação das lamas. [28]

O silo está ainda munido de um medidor de nível que controla a quantidade de lamas presente, verificando se é necessário proceder à sua descarga. [28]

2.5.5. Reutilização do efluente tratado

Parte do efluente tratado acaba sendo reutilizado (água de serviço) para diversas funções desde a lavagem de equipamentos, rega de espaços verdes ou até na diluição da solução do polímero. De seguida, na figura 5, está exemplificado o processo empregue nesta fase de tratamento.

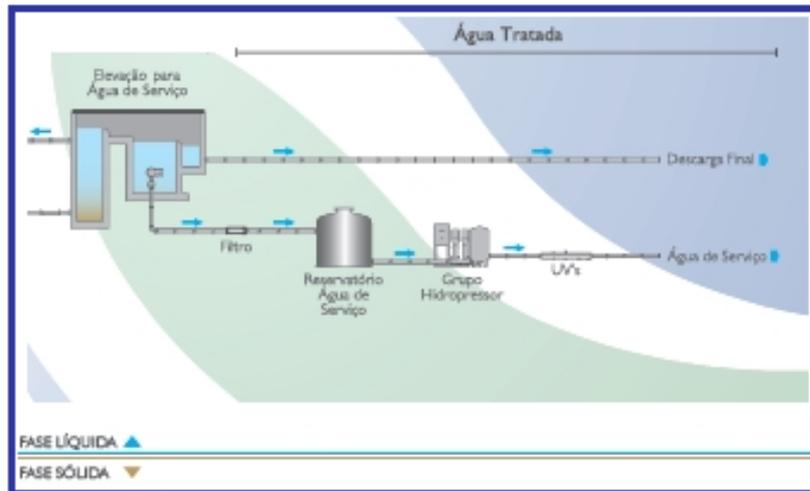


Figura 5- Esquema do processo de tratamento relativo à fase de reutilização do efluente tratado na ETAR de Serzedo. [27]

Primeiramente, o efluente tratado é elevado, por meio de uma bomba centrífuga submersível, desde as instalações de tratamento terciário até ao tanque das águas de serviço, passando por um filtro mecânico de limpeza. Seguidamente, articulado a este tanque, está um grupo hidropressor que garante a pressão e caudal para todas as zonas onde a água de serviço seja requerida. Por último, logo após o grupo hidropressor, antes de atingir a rede da água de serviço, o efluente tratado passa por um sistema de desinfecção através de raios ultravioleta. [28]

3. Materiais e métodos

De modo a avaliar a eficiência do sistema de tratamento da ETAR de Serzedo, realizaram-se várias análises microbiológicas a amostras do licor misto presente no reator biológico da ETAR. Foram também realizadas diversas análises físico-químicas a amostras de diferentes zonas do sistema, de forma a auxiliar na avaliação do tratamento, mas também numa melhor compreensão dos resultados obtidos nas análises microbiológicas. Os parâmetros físico-químicos descritos aqui são apenas aqueles que foram utilizados para a interpretação dos resultados, não surgindo, portanto, todos aqueles referenciados na revisão bibliográfica. Todos os procedimentos, tabelas e figuras expostas, foram baseados e retirados das instruções de trabalho delineadas pela empresa.

3.1. Amostragem

As análises microbiológicas, executadas duas vezes por semana, decorreram de janeiro a abril de 2022. No caso das análises físico-químicas, aconteceram no mesmo período e seguiram o programa de controlo analítico interno estabelecido no laboratório da ETAR.

As amostras do reator biológico eram recolhidas, a meia profundidade do tanque e em pontos bem homogeneizados, para frascos de 1 L de capacidade e imediatamente transportados para o laboratório para análise. No processo de transporte não havia a necessidade de arejamento ou refrigeração para evitar situações de anoxia, pois este sucedia-se em poucos minutos. Assim que chegassem ao laboratório, as amostras eram analisadas o mais rapidamente possível quanto à comunidade de protozoários e metazoários, uma vez que estas consomem o oxigénio dissolvido no licor misto no prazo de 20 a 30 minutos. No caso das bactérias filamentosas o uso de refrigeração só seria necessário se as amostras ficassem 8 a 10 horas sem serem analisadas. [29]

3.2. Análises microbiológicas

3.2.1. Procedimento para análise à comunidade de protozoários e metazoários

Para se proceder à análise da comunidade de protozoários e metazoários presente nas amostras do reator biológico procedeu-se à realização de observações e contagens microscópicas e à determinação do Índice Biótico de Lamas (IBL).

3.2.1.1. Observação e contagem microscópica

Nestas análises, inicialmente, efetua-se uma observação microscópica de “rastreo”, que permite uma identificação prévia das espécies presentes, algo que será muito importante para, mais tarde, proceder-se ao cálculo do IBL. Visto isto, primeiramente, insere-se cerca de 0,5 mL do licor misto numa lâmina de vidro, com o auxílio de uma pipeta de *Pasteur*, coloca-se por cima uma lamela de 24*24 mm e faz-se a análise ao microscópio ótico de contraste de fase, através de uma ampliação de 100x. [29]

Nesta fase, organismos como amibas nuas, algas, crustáceos e insetos não são contabilizados. Incluem-se, apenas, os microrganismos que fazem parte dos ciliados nadadores, sésseis e móveis de fundo, dos pequenos e grandes flagelados, das amebas com teca, dos nemátodos, dos rotíferos e dos gastrotríqueos. [29]

Após esta primeira fase de “rastreo”, contabiliza-se a abundância relativa dos vários grupos funcionais já referidos, assim como de cada unidade taxonómica. Desta forma, realiza-se a contagem dos microrganismos que se encontram num determinado volume de amostra, normalmente 25 µL. Este volume de amostra é recolhido por uma pipeta automática de volume variável e colocado numa lâmina de vidro, sendo seguidamente coberto por uma lamela de 18*18 mm. Após a preparação estar corretamente montada, procede-se à contagem, no microscópio numa ampliação de 100x, do número de indivíduos de cada espécie identificada, seguindo o procedimento exposto na figura 6. [29]

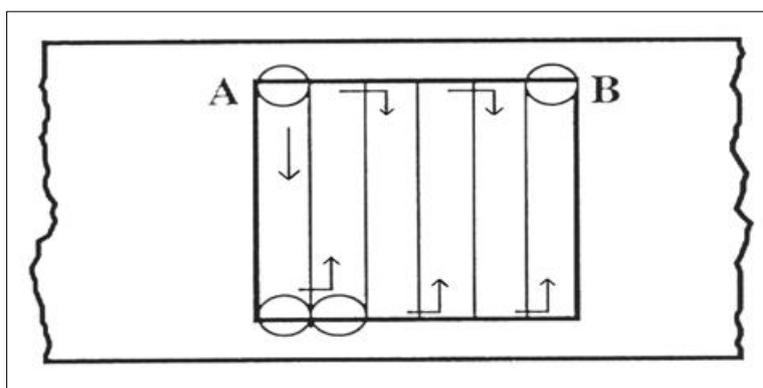


Figura 6- Procedimento correto de contagem da microfauna. [29]

Para proceder à contagem dos pequenos flagelados, fundamentais para o cálculo do IBL, é necessária uma câmara de Fuchs-Rosenthal, de 3,2 μL . Nesta, numa ampliação de 200x contabilizam-se os pequenos flagelados presentes dentro ou sobre as 16 quadrículas pertencentes às duas diagonais da câmara, representada na figura 7.

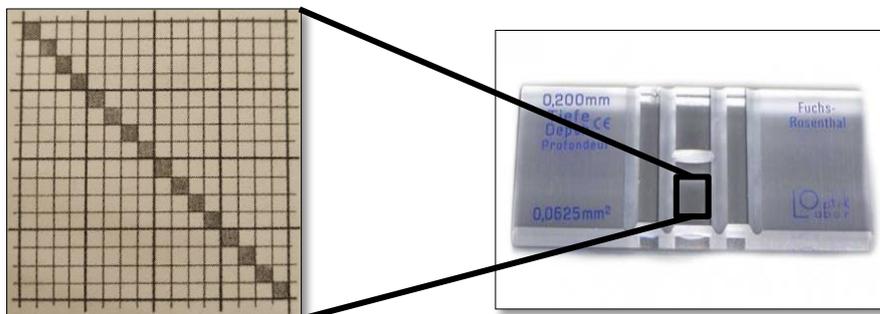


Figura 7- Imagem representativa de uma câmara de Fuchs-Rosenthal, assim como do esquema reticulado que se encontra na câmara, com as quadrículas utilizadas para a contagem destacadas.

No final, procede-se à determinação da dominância, também necessária para o cálculo do IBL, tendo em consideração dos grupos funcionais pré-definidos: amebas com teca, pequenos flagelados, ciliados nadadores, ciliados móveis de fundo e ciliados sésseis. [29]

3.2.1.2. Determinação do Índice Biótico de Lamas (IBL)

O IBL, proposto em 1994 por Madoni, assenta na diversidade específica e abundância da microfauna, bem como na sua reação aos vários fatores físico-químicos presentes no sistema de tratamento. Este método, porém, avalia unicamente o funcionamento do tratamento no tanque de arejamento. [29]

Este índice é definido a partir de uma tabela de duas entradas, tal como a apresentada na tabela 2. Na horizontal é tido em conta a riqueza específica da amostra (S) e o número de pequenos flagelados presentes na diagonal da câmara de Fuchs-Rosenthal (F). Na vertical estão presentes duas colunas de avaliação, uma para o grupo dominante na amostra e outra para a densidade total da microfauna. No caso da coluna do grupo dominante, se mais do que um dos grupos descritos na tabela dominar, em conjunto, a amostra, seleciona-se o grupo que traduza um valor de IBL mais baixo. [29]

Tabela 2- Tabela de duas entradas para o cálculo do IBL (S: número de espécies; F: número de pequenos flagelados). [29]

Grupo dominante	Densidade (ind/L)	S > 10		8 ≤ S ≤ 10		5 ≤ S ≤ 7		S < 5	
		F < 10	10 < F < 100	F < 10	10 < F < 100	F < 10	10 < F < 100	F < 100	10 < F < 100
Ciliados Móveis de Fundo + Sésseis* e/ou Amibas com teca	≥ 10 ⁶	10	8	9	7	8	6	7	5
	< 10 ⁶	9	7	8	6	7	5	6	4
Ciliados Sésseis* > 80 %	≥ 10 ⁶	9	7	8	6	7	5	6	4
	< 10 ⁶	8	6	7	5	6	4	5	3
<i>Opercularia</i> spp. > 50 %	≥ 10 ⁶	7	5	6	4	5	3	4	2
	< 10 ⁶	6	4	5	3	4	2	3	1
<i>Vorticella microstoma</i> > 50 %	≥ 10 ⁶	6	4	5	3	4	2	3	1
	< 10 ⁶	5	3	4	2	3	1	2	0
Ciliados nadadores > 50 %	≥ 10 ⁶	5	3	4	2	3	1	2	0
	< 10 ⁶	5	2	6	1	2	0	1	0
Pequenos Flagelados (> 100 na diagonal da Câmara de Fuchs-Rosenthal)	≥ 10 ⁶		4		3		2		1
	< 10 ⁶		3		2		1		0

* Organismos como a *Opercularia* spp. e *Vorticella microstoma* não dominantes.

A determinação do valor do IBL é feita através da interseção da linha e da coluna selecionada, resultando num valor entre 1 e 10. À medida que se desce nas colunas e se avança na linha o IBL vai diminuindo. Estes valores estão associados a quatro classes de qualidade biológica de lamas, expostas na tabela 3, que permitem avaliar a eficiência do sistema de tratamento. [29]

Tabela 3- Conversão do valor de IBL em classes de qualidade de lamas ativadas. [29]

Valor de IBL	Classe	Avaliação
8-10	I	Lamas bem colonizadas e estáveis, atividade biológica ótima e com elevada eficiência depuradora.
6-7	II	Lamas bem colonizadas e estáveis, atividade sub-ótima e eficiência depuradora suficiente.
4-5	III	Atividade biológica insuficiente e eficiência depuradora medíocre.
0-3	IV	Atividade biológica muito baixa e eficiência depuradora baixa.

3.2.2. Procedimento para análise à comunidade de bactérias filamentosas

Para o processo de identificação das bactérias filamentosas existentes no licor misto das amostras do reator biológico foram utilizados métodos clássicos, como técnicas de coloração (Gram e Neisser) e análise de características morfológicas, através de observação microscópica.

3.2.2.1. Coloração Gram

Para se proceder à técnica de coloração Gram são necessárias três soluções (Gram I, Gram II e Gram III) que têm de ser previamente preparadas. A solução Gram I é composta pela junção de duas soluções, a primeira, que junta 2,0 g de Violeta de Cristal com 20 mL de Etanol a 95% e a segunda, que junta 0,8 g de Oxalato de amónia com 80 mL de água destilada. A solução Gram II é preparada através da junção de 300 mL de água destilada, 1,0 g de Iodo e 2,0 g de Iodeto de potássio, com uma posterior agitação para dissolver os compostos. Já a solução Gram III junta 10 mL de Safranina (2,5% em etanol 95%) a 100 mL de água destilada. [29]

Na coloração da amostra, esta é colocada numa lâmina até secar. De seguida, cobre-se esta com a solução Gram I, deixando agir durante 1 minuto e enxaguar, procedendo-se da mesma forma para a coloração Gram II. Depois, com a lâmina inclinada, faz-se a descoloração desta, utilizando etanol 95% (gota a gota não ultrapassando os 25 segundos de operação), enxagua-se bem e, com papel absorvente, seca-se a lâmina. Por fim, passa-se à solução Gram III, com a qual se cobre a lâmina, deixando agir durante 1 minuto e enxaguando muito bem. [29]

3.2.2.2. Coloração Neisser

Na técnica de coloração Neisser é necessário, primeiramente, a preparação de duas soluções (Neisser I e Neisser II). A solução de Neisser I é constituída pela junção de duas partes de uma primeira solução com uma parte de uma segunda solução. A primeira junta 0,1 g ou 9,7 mL de Azul-de-metileno a 100 mL de água destilada, com posterior acréscimo de 5 mL de Etanol a 95% e 5 mL de Ácido acético glacial, a segunda junta 3,3 mL de Violeta cristal (10% p/v em etanol 95%) a 100 mL de água destilada, com acréscimo seguinte de 6,7 mL de Etanol a 95%. A solução Neisser II é preparada,

em primeiro lugar, a partir da junção de 1 g de Castanho Bismark a 100 mL de água destilada e, em segundo lugar, acrescentando 66,7 mL de água destilada a 33,3 mL da solução concentrada antes, com posterior agitação. [29]

Para colorar a amostra, coloca-se esta, no começo, numa lâmina a secar. Logo após, cobre-se a lâmina com a solução Neisser I, deixando agir durante 30 segundos para depois enxaguar. Posteriormente, repete-se o processo com a solução Neisser II, mas deixando agir durante 1 minuto. No final secar a lâmina bem com papel absorvente. [29]

3.2.2.3. Observação microscópica

Na análise microscópica das bactérias filamentosas, preliminarmente, faz-se uma observação, num microscópio de contraste de fase, do aspeto geral dos flocos, numa ampliação de 100x, e, a partir daí, efetua-se a observação das bactérias filamentosas, averiguando características morfológicas, como o tipo de ramificações, a sua mobilidade, a forma do filamento, a localização do filamento, a dimensão do filamento, o crescimento de bactérias sésseis na sua superfície, a existência de bainha, a forma das células, a presença de septo celular e de endentação no septo e a existência de inclusões. Estas observações devem ser feitas numa ampliação de 1000x, com o auxílio de óleo de imersão. [29]

Após estas análises a fresco, as bactérias filamentosas podem ser sujeitas às colorações referidas anteriormente, que possibilitam a diferenciação entre espécies. Aqui os filamentos sujeitos a uma coloração Gram, se ficarem corados com azul violeta são considerados Gram Positivos, enquanto os corados de vermelho são considerados Gram Negativos. Já os sujeitos à coloração Neisser, se ficarem corados (célula inteira ou apenas grânulos intracelulares) de azul violeta são considerados Neisser Positivos, enquanto os corados de castanho amarelado são considerados Neisser Negativos. Usando esta técnica de coloração, as características principais a serem verificadas para a identificação são a posição, o comprimento do filamento, a existência de crescimento sésseil e a presença de inclusões. [29]

Após a observação e identificação das diversas espécies presentes nas amostras recolhidas, realiza-se uma avaliação da abundância relativa das mesmas, usando a classificação proposta por Jenkins, em 1986, exemplificada na tabela 4.

Tabela 4- Categorias de abundância dos organismos filamentosos em lamas ativadas. [29]

Classe	Abundância	Observação
0	Nenhum	Completa ausência de filamentos.
1	Poucos	Filamentos presentes, mas só observados ocasionalmente nos flocos.
2	Alguns	Filamentos presentes, mas só em alguns flocos.
3	Moderado	Filamentos observados em todos os flocos, mas em baixa densidade (1 a 5 filamentos por floco).
4	Frequente	Filamentos observados em todos os flocos, com densidade média (5 a 20 filamentos por floco).
5	Abundante	Filamentos observados me todos os flocos, com alta densidade (maior que 20 filamentos por floco).
6	Excessivo	Filamentos observados em todos os flocos (existem mais filamentos que flocos e/ou crescem em abundância em solução).

3.3. Análises físico-químicas

3.3.1. Determinação analítica dos Sólidos (SST e SSV)

Para proceder à determinação analítica dos SST e dos SSV, em primeiro lugar, é necessário preparar os filtros de fibra de vidro usados para fazer as filtragens às amostras. Para isso, estes filtros são colocados no dispositivo de filtração (superfície rugosa para cima), filtrando-se 3 porções de 20 mL de água destilada. Após a filtragem, cada um dos filtros são colocados em placas de alumínio e dispostos numa estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, ao longo de 2 horas. Passado esse tempo, estes filtros passam para uma mufla, sujeitos $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ por mais 10 minutos. De seguida, são transferidos para um exsiccador onde arrefecem para, mais tarde, serem pesados (P1) numa balança analítica. [30]

Para a análise aos sólidos, cada amostra tem de ser filtrada nestes filtros. Para tal, estas são, antes de tudo, homogeneizadas, sendo filtrado um determinado volume (V), que irá variar de amostra para amostra, dependendo do local de recolha. Após este passo, decorrerá um processo muito similar à preparação dos filtros, só que com uma pesagem entre a colocação na estufa e a colocação na mufla. Posto isto, depois de arrefecerem vindos da estufa, os filtros são novamente pesados (P2) para se proceder à determinação dos SST, mediante a equação 1. A seguir à pesagem são transferidos para mufla e, depois de retirados e arrefecidos no exsiccador, sofrem a terceira pesagem (P3) para a determinação dos SSV, através da equação 2. [30]

$$\text{Equação 1: } SST \text{ (mg/L)} = \frac{(P2-P1) \times 1000}{V} \times 1000$$

$$\text{Equação 2: } SSV \text{ (mg/L)} = \frac{(P2-P3) \times 1000}{V} \times 1000$$

3.3.2. Determinação analítica dos compostos azotados

3.3.2.1. Azoto Total (N_{total})

Para a determinação do azoto total, no laboratório da ETAR de Serzedo, utilizam-se dois tipos de *kits*, LCK 238, que compreende uma gama dos 5 aos 40 mg/L, e LCK 338, com uma gama que varia entre os 20 e os 100 mg/L. Usando o *kit* LCK 238, a princípio, transfere-se 0,5 mL de amostra, com uma micropipeta, para um tubo de vidro, seguida da adição de 2,0 mL do reagente A e de uma pastilha do reagente B. Logo de seguida, este tubo é inserido num termo reator durante 15 minutos, no programa “HT” de alta temperatura, que acelera o processo de digestão. No final do tempo, e após arrefecer, agita-se bem o tubo, transfere-se 0,5 mL desta solução para uma cuvete de teste do *kit* e adiciona-se 0,2 mL do reagente D nessa mesma cuvete. Por fim, agita-se a cuvete e espera-se 15 minutos para proceder à leitura, num espectrofotómetro, da concentração de azoto total. O uso deste *kit* está mais associado a amostras do efluente final, devido às suas menores concentrações. Já o uso do *kit* LCK 338, mais comumente empregue em amostras do afluente bruto, possui um procedimento muito similar ao anterior, apenas com uma mudança no volume da amostra, que passa a ser de 0,2 mL, e no volume do reagente A, que passa a ser de 2,3 mL. É importante salientar que, para além das cuvetes, todos os reagentes referidos fazem parte dos *kits* utilizados. [31]

3.3.2.2. Amónia ($N-NH_4^+$)

Na determinação analítica da amónia podem ser utilizados três *kits* diferentes, LCK 304, que cobre uma gama dos 0,015 aos 2,0 mg/L, LCK 303, que possui uma variação de gama entre os 2 e os 47 mg/L, e, finalmente, LCK 302, que vai dos 47 aos 130 mg/L. Começando pelo *kit* de gama mais baixa, insere-se numa cuvete de teste do

kit 5 mL de amostra, fecha-se esta virando a sua tampa ao contrário, após retirar a etiqueta, que contém um reagente nessa face, agita-se bem e espera-se 15 minutos para repousar. De seguida, procede-se à leitura no espectrofotómetro. Na utilização dos outros *kits* de gamas mais altas, o procedimento é muito idêntico, alterando unicamente o volume de amostra que, em ambos os casos, passa para 0,2 mL. [32]

3.3.2.3. Nitratos (N-NO_3^-)

Para a obtenção da concentração de nitratos, no laboratório da ETAR de Serzedo, é usado o *kit* LCK 339, abrangendo uma gama dos 0,23 aos 13,5 mg/L. O procedimento inicia-se com a colocação de 1,0 mL de amostra numa cuvete de teste do *kit*, bem como de 0,2 mL do reagente A (reagente constituinte do *kit*). Após isso, agita-se bem e deixa-se repousar por 15 minutos, procedendo-se, na sequência, à leitura no espectrofotómetro. [33]

3.3.3. Determinação analítica da Carência Química de Oxigénio (CQO)

De forma a determinar o CQO das várias amostras recolhidas foram utilizados dois *kits*, um de gama mais reduzida (LCK 314), abrangendo os 15 a 150 mg/L, empregue maioritariamente no efluente final, e um de gama mais elevada (LCK1014), que varia entre os 100 e os 2000 mg/L, usado, por norma, em amostras do afluente bruto. O procedimento é igual para ambos, iniciando-se com uma forte agitação de uma cuvete de teste do *kit* num *vórtex*, de maneira a homogeneizar o conteúdo. Subsequentemente, adiciona-se 2,0 mL da amostra nessa mesma cuvete, com o auxílio de uma micropipeta, e coloca-se num termo reator por 15 minutos, no programa “HT”, já referido anteriormente. Após esse tempo, agita-se bem a cuvete e deixa-se arrefecer para posterior leitura no espectrofotómetro. [34]

3.3.4. Determinação analítica da Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO_5)

Na determinação do CBO_5 utilizou-se o sistema de medição *BODTrak*, utilizando para isso garrafas de vidro âmbar *BODTrak II*, com um agitador magnético no seu

interior. O primeiro passo a executar é a seleção da gama de CBO_5 (CBO_5 esperada \approx 80 % CQO), de forma a saber qual o volume de amostra a colocar na garrafa *BODTrak II*, com o auxílio da tabela 5. [35]

Tabela 5- Volumes de amostra para o método standard da Hach. [35]

Gama CBO_5 (mg/L)	Volume da amostra (mL)	Volume Final (mL)	n.º gotas de anti nitrificante	Fator de diluição
0 – 35	370	420	8	1.14
0 – 70	305	355	7	1.16
0 – 350	110	160	2	1.45
0 – 700	45	95	2	2.11

Após a adição do volume da amostra, são acrescentados 50 mL de *BOD nutriente Buffer* previamente diluído em 3 L de água de diluição (1:3L). De seguida, mediante a tabela 5, seleciona-se o número de gotas de anti nitrificante a serem adicionadas e coloca-se um dedo de borracha na garrafa, para se inserir duas pastilhas de hidróxido de potássio. Posteriormente, coloca-se a garrafa num aparelho *BODTrak II*, localizado num local de incubação, durante 5 dias, a uma temperatura controlada de 20°C e selecionando a gama de medição determinada. No fim desse tempo, faz-se o cálculo do CBO_5 , através da multiplicação do valor presente no aparelho pelo fator de diluição respetivo (tabela 5). [35]

3.4. Tratamento de dados

O procedimento final deste trabalho, prévio à análise interpretativa dos resultados obtidos, é o tratamento estatístico de todos os dados, relativos aos parâmetros físico-químicos, à comunidade de protozoários e metazoários, e à comunidade de bactérias filamentosas. Deste modo, este tratamento de dados foi realizado com recurso ao *software* Microsoft Excel, permitindo assim a análise, não só aos parâmetros biológicos, como aos parâmetros analíticos e processuais.

4. Resultados e discussão

4.1. Caracterização da comunidade de protozoários e metazoários

Ao longo deste trabalho, decorrido de janeiro a abril de 2022, foram recolhidas e, posteriormente, analisadas 26 amostras oriundas do reator biológico da ETAR de Serzedo. A partir destas foi possível identificar 27 microrganismos diferentes, referentes aos vários grupos de protozoários, bem como alguns metazoários, verificando-se uma variação, para cada amostra, das 15 às 23 espécies de microrganismos.

No gráfico apresentado a seguir, na figura 8, é exibida a abundância (%) dos vários grupos funcionais de protozoários, assim como a dos metazoários, relativa a cada uma das amostras recolhidas do reator biológico ao longo do tempo de monitorização.

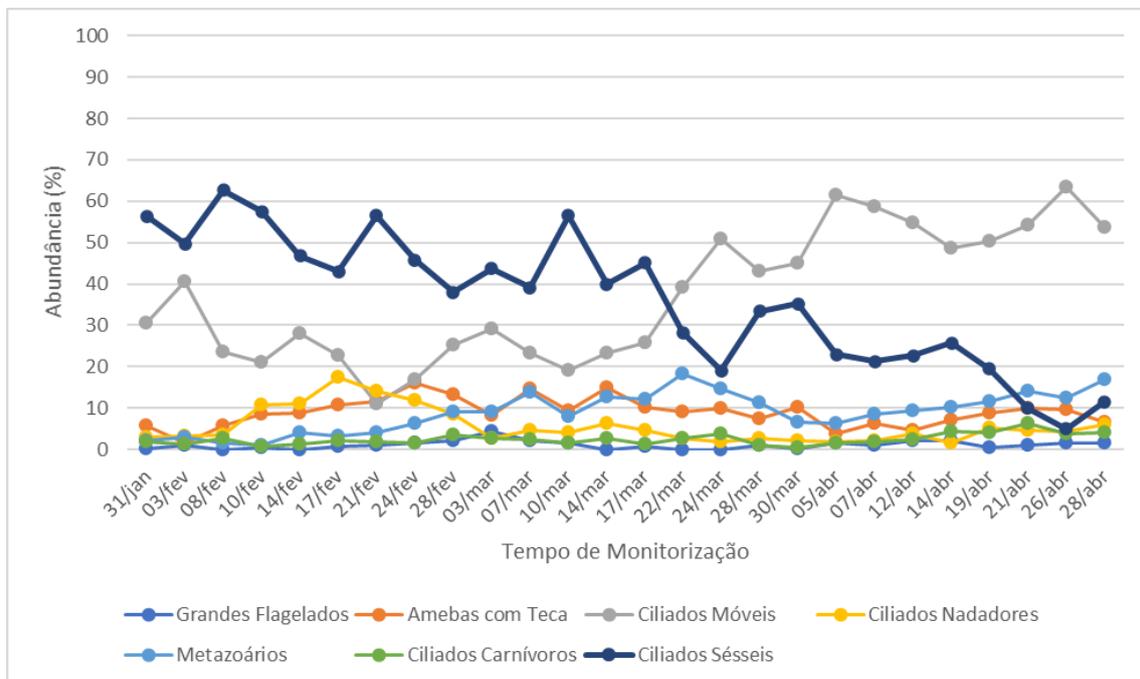


Figura 8– Abundância (%) dos vários grupos de microrganismos presentes no reator biológico da ETAR de Serzedo, ao longo do tempo de monitorização.

Analisando este gráfico, constata-se que houve dois grupos de microrganismos a destacar-se ao longo do tempo de monitorização, os ciliados sésseis (35,97%, em média) e os ciliados móveis de fundo (37,07%, em média). A codominância destes dois grupos deve-se ao facto de estes não competirem entre si na microfauna, pois ocupam diferentes nichos ecológicos [36]. Os restantes grupos apresentaram valores muito similares entre si e constantes ao longo do período de análise (abaixo dos 10%, em média).

Na primeira metade do tempo de monitorização, mais concretamente até ao dia 17 de março, houve um predomínio dos ciliados sésseis (valores entre os 38-63%), em relação aos ciliados móveis de fundo (valores entre os 14-40%). Estes valores estão sobretudo associados à elevada presença de compostos tóxicos provenientes dos afluentes industriais que desembocam na ETAR de Serzedo, uma vez que, nesta fase, os valores de ciliados sésseis são sobretudo referentes à espécie *Opercularia sp.*, que está associada a locais de tratamento de afluentes industriais. [13]

A partir do dia 22 de março, houve uma troca entre os ciliados sésseis e os ciliados móveis de fundo, passando estes últimos a ter uma incidência superior (valores entre os 39-64%) aos ciliados sésseis (valores entre os 5-36%). Nesta fase, estes números de abundância (%) estão associados a uma queda quase total da quantidade de *Opercularia sp.*, organismo em maior incidência anteriormente e ligado à presença de afluentes industriais. Esta diminuição deverá estar relacionada com o forte aumento da pluviosidade que ocorreu a partir dessa metade do mês de março (6º mês de março com mais chuva desde 2000), uma vez que nos primeiros meses do ano a pluviosidade foi quase nula (3º mês de fevereiro mais seco desde 1931), como é possível verificar pela figura 9. [37][38][39]

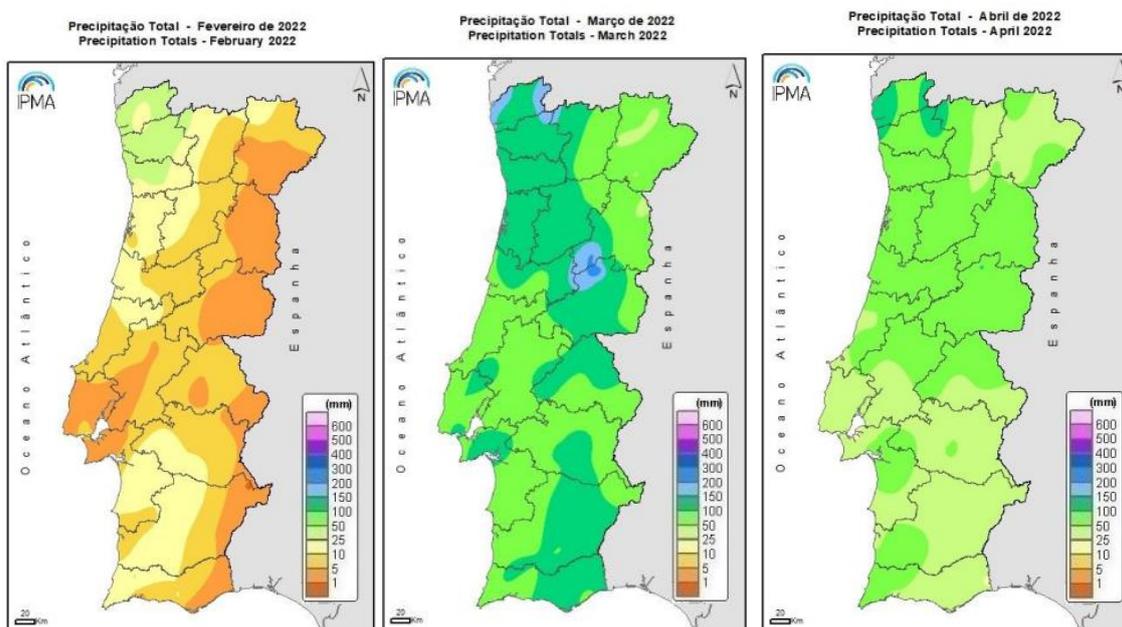


Figura 9- Precipitação total (mm) em Portugal Continental, nos meses de fevereiro, março e abril de 2022. [37][38][39]

Visto que ocorreu um grande aumento de pluviosidade nesta fase, os compostos industriais presentes no afluente acabaram por ser bastante diluídos, com a inserção da água da chuva, e não ter tanto impacto após receção na ETAR. Para além disto, as duas espécies de *Vorticella sp.* tiveram um aumento relevante logo nos primeiros dias a seguir a esta mudança, como é visível no gráfico da figura 10. Este aumento deveu-

se ao facto de estas espécies de *Vorticella sp.*, mesmo sendo ciliados sésseis, serem pouco duradouras aquando da presença de compostos tóxicos. [13]

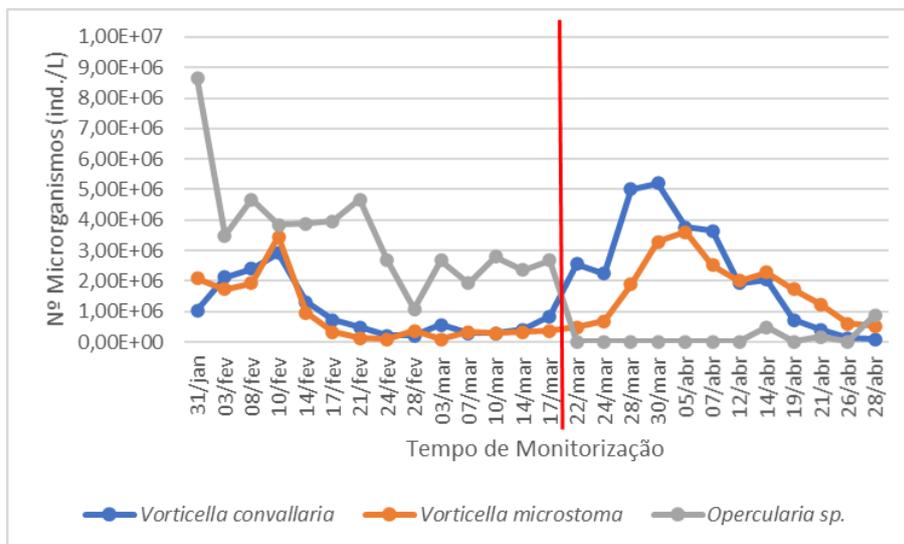


Figura 10– Número de microrganismos (ind./L) presentes no licor misto, pertencentes às espécies *Vorticella convallaria*, *Vorticella microstoma* e *Opercularia sp.*, ao longo do tempo de monitorização.

No que diz respeito aos ciliados móveis de fundo, para além do aumento generalizado do grupo em virtude do que já foi referido atrás, tiveram também um forte crescimento das espécies de *Aspidisca sp.* e de *Euplotes sp.*, ao contrário da *Acineria uncinata* que sofreu uma diminuição, como se pode conferir no gráfico da figura 11.

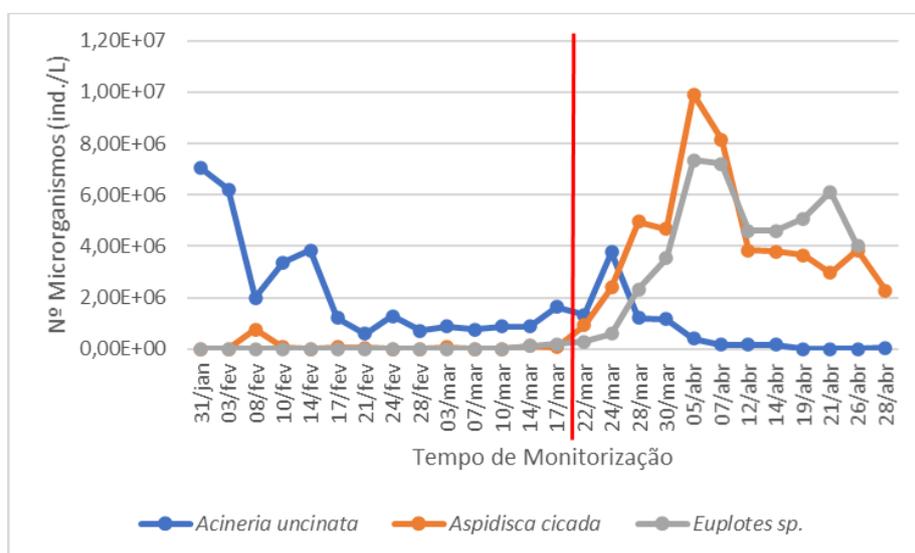


Figura 11- Número de microrganismos (ind./L) presentes no licor misto, pertencentes às espécies *Acineria uncinata*, *Aspidisca cicada* e *Euplotes sp.*, ao longo do tempo de Monitorização.

Esta mudança dentro dos ciliados móveis de fundo, que também os ajudou a aumentar a sua abundância (%) em relação aos outros grupos, teve como principal fator a diminuição da carga orgânica no afluente, também relacionada ao aumento da pluviosidade, nomeadamente na primeira quinzena de abril, onde os valores baixaram

de 1, ou seja, passou de alta carga para média carga [13], como se pode constatar na figura 12.

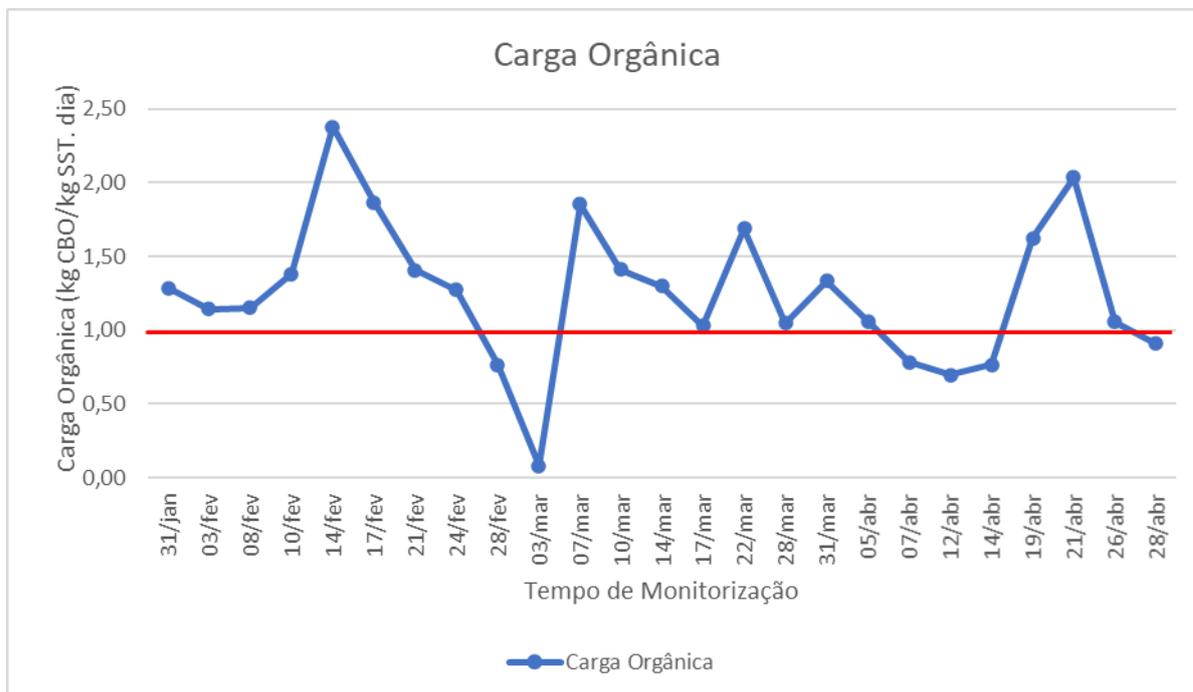


Figura 12– Carga Orgânica (kg CBOs/kg SST.dia) do afluente bruto, ao longo do tempo de monitorização.

Em geral, as espécies de *Aspidisca sp.* e de *Euplotes sp.* são mais frequentes em sistemas de média-baixa carga, ao contrário da *Acineria uncinata* que está mais presente em sistemas de alta carga [13][14], o que está de acordo com os valores apresentados nos dois últimos gráficos, em particular na primeira quinzena de abril.

Esta redução dos compostos tóxicos no afluente pode, ainda, ser comprovado através da razão CBO_5/CQO , que normalmente apresenta valores entre 0,3 e 0,8, sendo que quanto mais alto for esse valor menor deverão ser os compostos tóxicos presentes e, pelo contrário, quanto menor for este valor mais certas haverá de que existe uma elevada quantidade de compostos tóxicos [24]. Averiguando a figura 13, verifica-se que até ao dia 17 de março os valores desta razão estavam, na sua maioria, mais próximos de 0,3, havendo inclusive um dia abaixo desse valor, e que a partir daí os valores foram, em média, ligeiramente superiores, ultrapassando até os 0,8 em três dos dias.

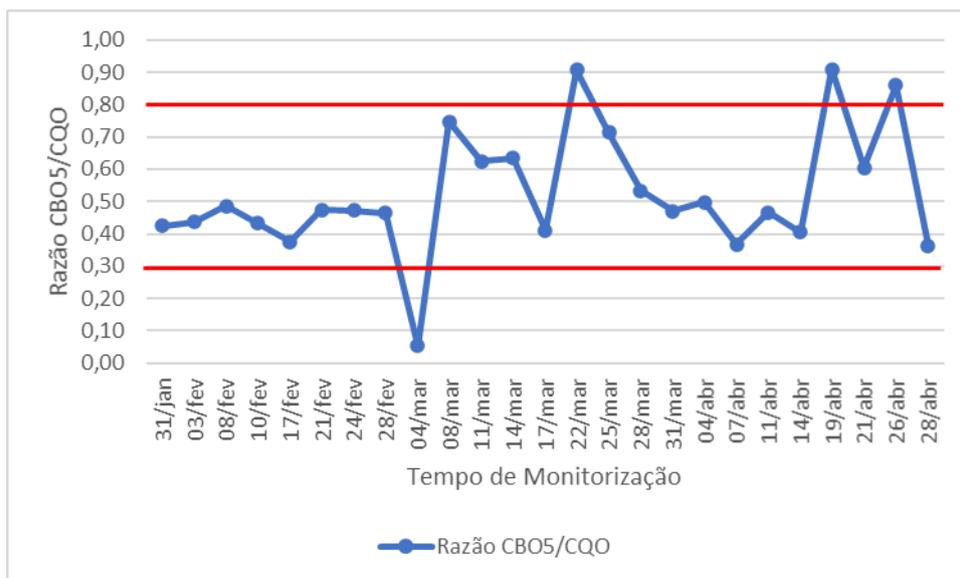


Figura 13– Razão CBO5/CQO do afluente bruto, ao longo do tempo de monitorização.

Comparando estes valores da ETAR de Serzedo com outras duas ETAR, a de Ponte da Baia e a do Sousa, que recebem apenas afluentes de origem doméstica, é também possível constatar este menor impacto dos compostos industriais. De seguida, nas figuras 14 e 15, estão representados os gráficos da abundância (%) da microfauna presente nos reatores biológicos das ETAR mencionadas.

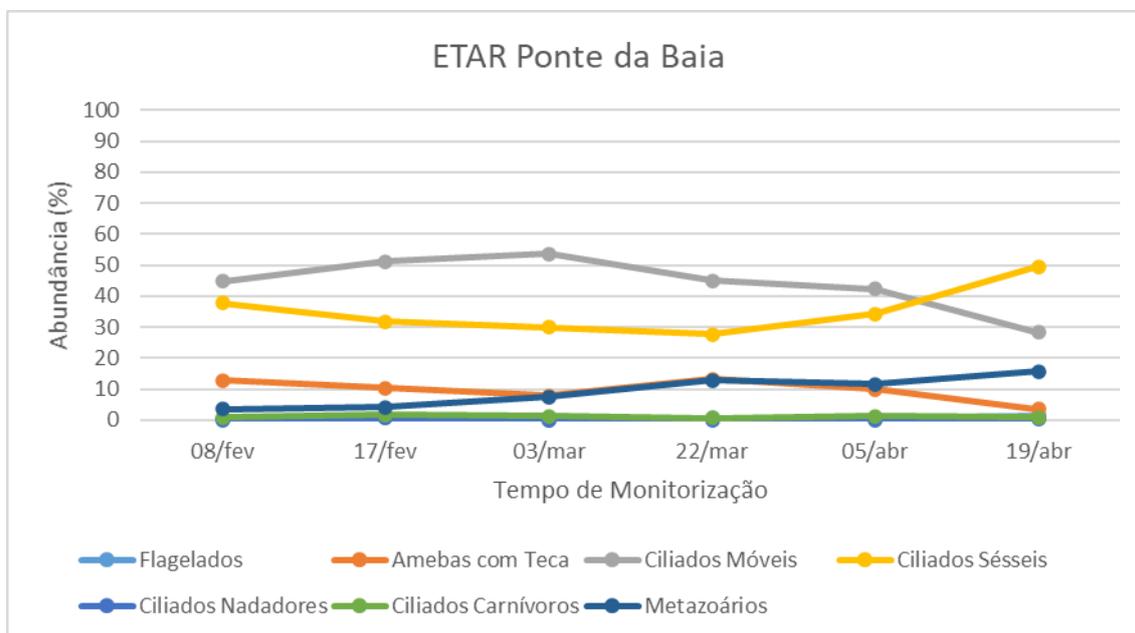


Figura 14– Abundância (%) dos vários grupos de microrganismos presentes no reator biológico da ETAR de Ponte da Baia, ao longo do tempo de monitorização.

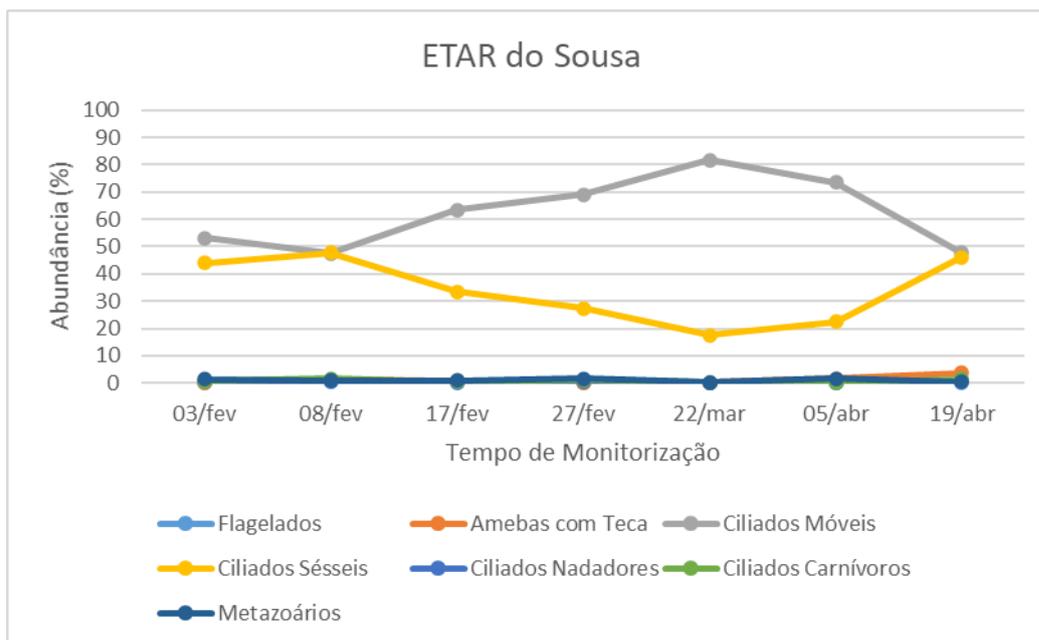


Figura 15– Abundância (%) dos vários grupos de microrganismos presentes no reator biológico da ETAR do Sousa, ao longo do tempo de monitorização.

Comparando uma ETAR que recebe afluentes industriais, com duas ETAR que recebem apenas afluentes de origem doméstica, existem dois pontos a assinalar. Primeiro, tal como na ETAR de Serzedo, mesmo antes do dia 17 de março, os dois grupos em maior destaque são os ciliados móveis de fundo e os ciliados sésseis, sendo que os restantes grupos surgem em quantidades muito reduzidas, como na ETAR de Ponte da Baia, ou praticamente nulas, como na ETAR do Sousa. Em segundo, em ambas as ETAR, os ciliados móveis de fundo apresentam valores superiores aos ciliados sésseis, por vezes mais próximos um do outro, por vezes mais afastados, algo que corresponde ao que se sucede na ETAR de Serzedo a partir do dia 22 de março. Inclusivamente, nas duas ETAR, a *Aspidisca sp.* e a *Vorticella sp.* são as espécies mais abundantes dos seus respetivos grupos, sendo que a *Opercularia sp.* também surge em quantidades muito baixas.

De seguida, na tabela 6, está apresentada a abundância média (%) e a frequência (%) de cada um dos microrganismos identificados nas análises às diversas amostras recolhidas na ETAR de Serzedo.

Tabela 6– Abundância média (%) e frequência (%) dos diversos protozoários e metazoários identificados no reator biológico da ETAR de Serzedo.

Microfauna	Total (ind./L)	Abundância Média (%)	Frequência (%)
<i>Peranema</i>	4240000	0,976796476	80,76923077
<i>Euglypha</i>	4040000	0,930721171	100
<i>Arcella</i>	24072000	5,545623767	100
<i>Centropyxis</i>	7200000	1,658710997	88,46153846
<i>Colpidium</i>	680000	0,156656039	26,92307692
<i>Paramecium</i>	160000	0,036860244	11,53846154
<i>Spirostomum</i>	8320000	1,916732708	100
<i>Dexiotricha</i>	12880000	2,967249673	73,07692308
<i>Gastronauta membranaceus</i>	8080000	1,861442341	92,30769231
<i>Acineria</i>	39640000	9,132125546	88,46153846
<i>Aspidisca cicada</i>	52640000	12,1270204	73,07692308
<i>Aspidisca lynceus</i>	4840000	1,115022393	69,23076923
<i>Euplotes</i>	49040000	11,2976649	53,84615385
<i>Drepanomonas</i>	6280000	1,446764592	76,92307692
<i>Ciliado 1¹</i>	15040000	3,464862972	100
<i>Vorticella convallaria</i>	41440000	9,546803295	100
<i>Vorticella Microstoma</i>	33160000	7,639285648	100
<i>Epistylis</i>	23360000	5,38159568	57,69230769
<i>Opercularia</i>	50880000	11,72155771	65,38461538
<i>Vorticella aquadulcis</i>	2320000	0,534473544	73,07692308
<i>Prorodon</i>	3240000	0,746419949	76,92307692
<i>Acineta</i>	3640000	0,83857056	65,38461538
<i>Podophrya</i>	520000	0,119795794	30,76923077
<i>Tokophrya</i>	3000000	0,691129582	88,46153846
<i>Rotíferos</i>	33400000	7,694576015	100
<i>Nemátodes</i>	1960000	0,451537994	73,07692308

¹ Impossibilidade de identificar este microrganismo a um nível taxonómico mais específico.

Da observação desta tabela dá para perceber que as espécies com maior abundância média (%) foram *Aspidisca cicada* (12.13%), *Opercularia sp.* (11.72%), *Euplotes sp.* (11.30%), *Vorticella convallaria* (9.55%) e *Acinertia uncinata* (9.13%). Estes valores estão de acordo com os resultados de dominância dos ciliados sésseis e móveis de fundo anteriormente retratados, visto que as abundâncias médias (%) de *Opercularia sp.* (ciliado sésil) e de *Acinertia uncinata* (ciliado móvel de fundo) advêm maioritariamente da primeira metade do estudo, enquanto que as de *Aspidisca cicada* (ciliado móvel de fundo), a de *Euplotes sp.* (ciliado móvel de fundo) e de *Vorticella convallaria* (ciliado sésil) advêm particularmente da segunda metade. Se por um lado, os valores destas espécies em destaque de ciliados móveis de fundo e de *Vorticella convallaria* são um sinal muito positivo de qualidade do efluente final e de uma boa eficiência de depuração [13][14], por outro os de *Opercularia sp.* não são tão bons, pois esta está associada a uma qualidade do efluente final medíocre [13]. Ainda assim, nenhum destes valores em isolado são suficientes para determinar a qualidade final do efluente, dado as percentagens tão baixas, como se averiguará mais à frente na análise do Índice Bióticos das Lamas (IBL).

No que diz respeito à frequência (%), os microrganismos mais comuns, surgindo na totalidade das amostras, foram *Euglypha sp.* e *Arcella sp.*, ambos amebas com teca, *Spirostomum sp.*, um ciliado nadador, Ciliado Móvel de Fundo 1 (impossibilidade de identificar este organismo a um nível taxonómico mais específico), *Vorticella convallaria* e *Vorticella microstoma*, ambos ciliados sésseis e, por fim, *Rotaria sp.*, um metazoário. Relativamente às duas espécies de amebas com teca, *Euglypha sp.* indica uma boa qualidade do efluente final, bem como baixas concentrações de sólidos [13][14], como é possível comprovar na figura 17, onde os SST apresentam-se em praticamente todos os dias abaixo do limite dos 5000 mg/L. Nesta figura 17, importante reparar ainda que nos poucos dias em que os sólidos ultrapassaram o limite, ocorreram “picos” mais altos no número dos microrganismos. Já *Arcella sp.* está associado a locais que recebem afluentes industriais, sendo um indicador de bons níveis de nitrificação [13][14], corroborado pela figura 16, onde todos os compostos apresentam, em média, valores abaixo do limite estipulado de 15 mg/L. No que concerne ao ciliado nadador, *Spirostomum sp.* é um bom indicador de uma baixa concentração de sólidos [13][14], tal como a *Euglypha sp.*, e no caso de *Rotaria sp.* é um indicador de uma elevada qualidade do efluente final e de uma idade de lamas alta [13][14], visível na figura 18, onde a idade das lamas é sempre superior a 15 dias, que corresponde a uma idade elevada [25].

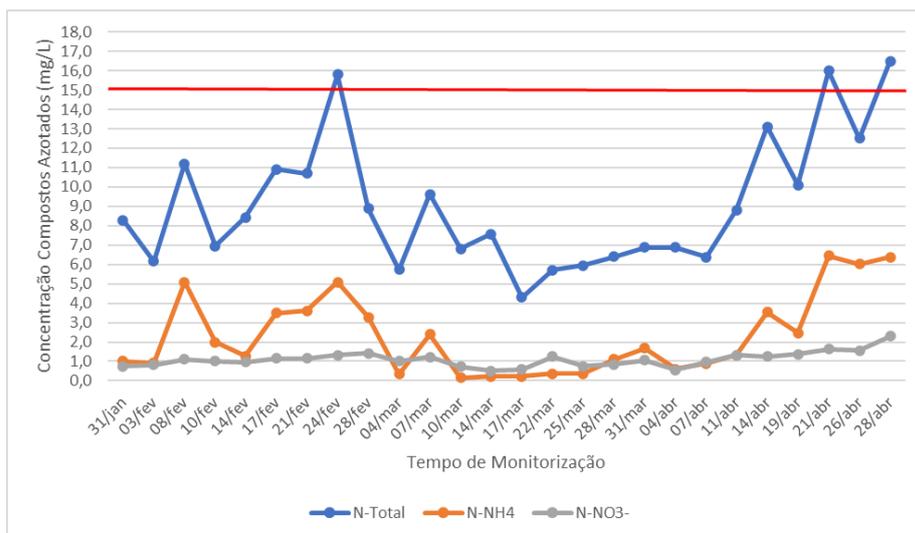


Figura 16– Concentração dos compostos azotados (mg/L), analisados na ETAR de Serzedo, no efluente final, ao longo do tempo de monitorização.

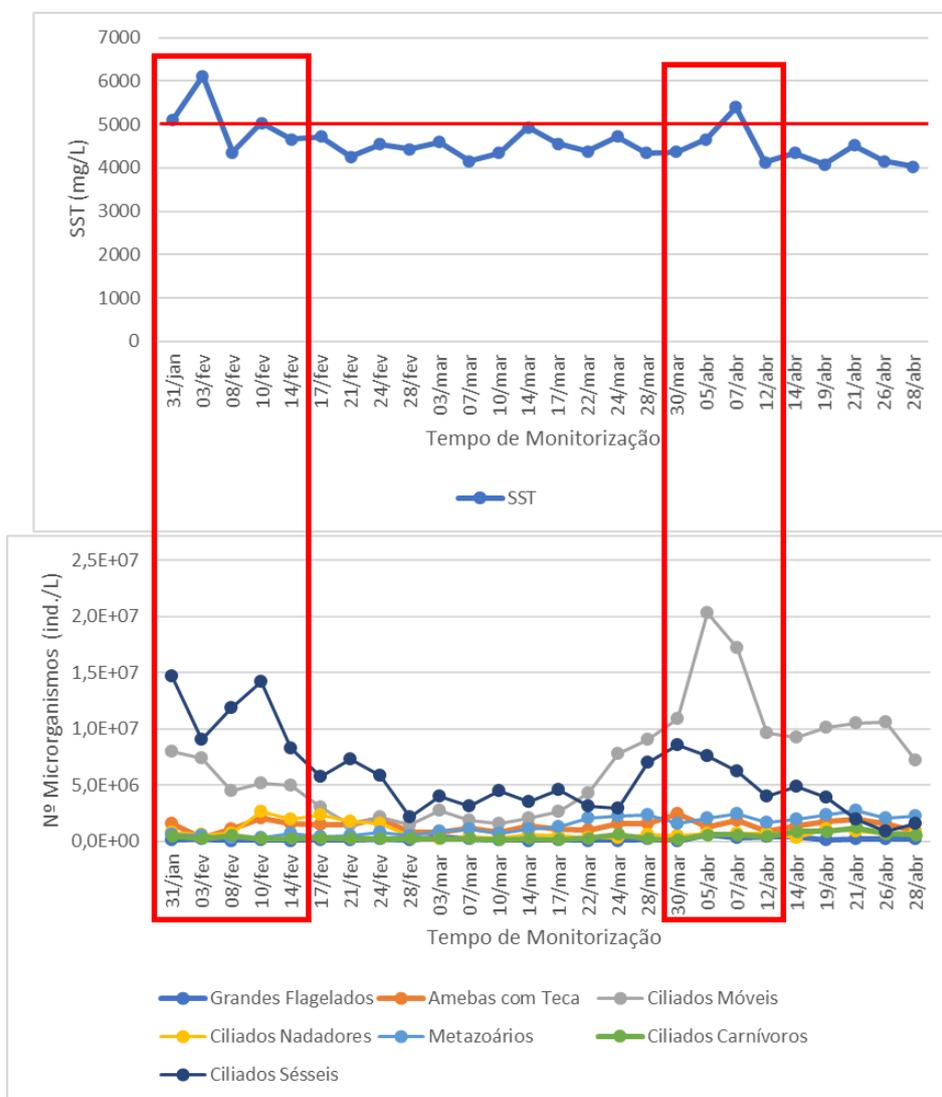


Figura 17– Comparação entre o número de microrganismos (ind./L) e SST (mg/L), presentes no reator biológico, ao longo do tempo de monitorização.

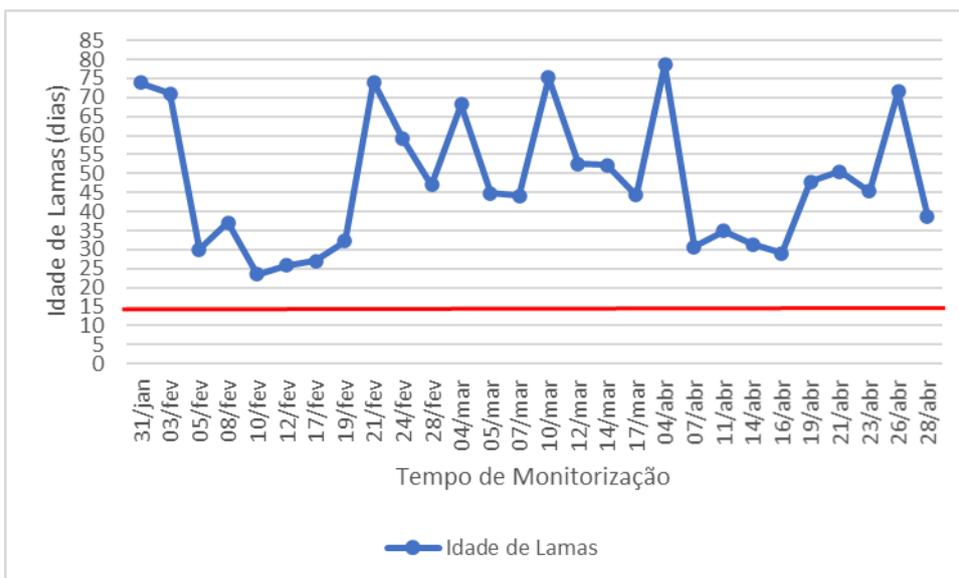


Figura 18– Idade das lamas (dias) presentes no sistema de tratamento da ETAR de Serzedo, ao longo do tempo de monitorização.

Nas imagens seguintes encontram-se exemplos dos principais protozoários e metazoários identificados nas diversas amostras analisadas.



Aspidisca cicada (400x)



Opercularia sp. (400x)



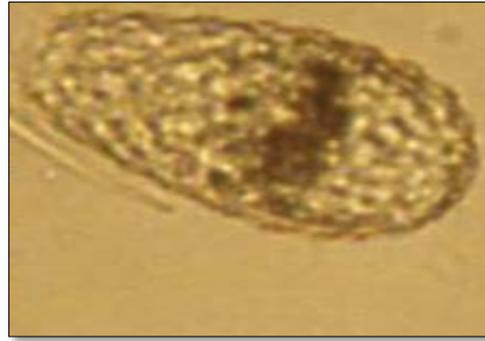
Euplotes sp. (100x)



Vorticella convallaria (600x)



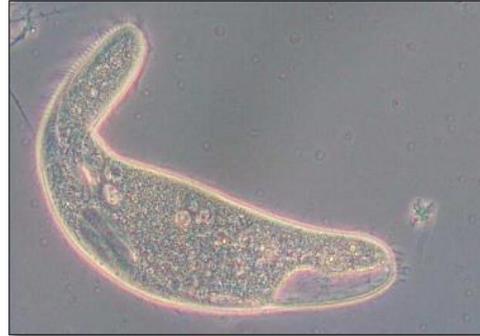
Acineria uncinata (1000x)



Euglypha sp. (400x)



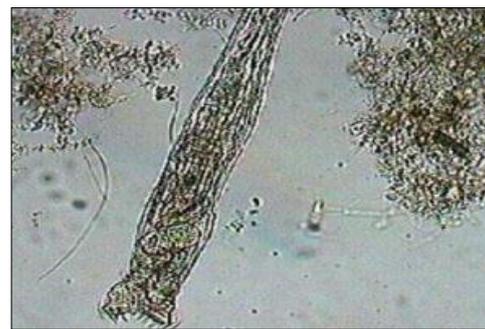
Arcella sp. (200x)



Spirostomum sp. (200x)



Vorticella microstoma (400x)



Rotaria sp. (100x)

Figura 19– Imagens de algumas das espécies de protozoários e metazoários identificadas nesta análise.

Na tabela 7, estão expostos os valores do Índice Biótico de Lamas (IBL) durante o tempo de monitorização.

Tabela 7– Valores do Índice Biótico de Lamas (IBL), ao longo do tempo de monitorização.

Data	Pequenos Flagelados (Diagonal)	IBL
31/jan	3	10
03/fev	4	10
08/fev	3	10

10/fev	3	10
14/fev	4	10
17/fev	4	10
21/fev	6	10
24/fev	9	10
28/fev	14	8
03/mar	11	8
07/mar	14	8
10/mar	10	8
14/mar	2	10
17/mar	6	10
22/mar	5	10
24/mar	9	10
28/mar	5	10
30/mar	4	10
05/abr	3	10
07/abr	3	10
12/abr	3	10
14/abr	4	10
19/abr	6	10
21/abr	15	8
26/abr	5	10
28/abr	16	8

Analisando a tabela 7, os valores do IBL, ao longo do tempo de monitorização, variaram entre 8 e 10. Estes valores são referentes à classe I da qualidade biológica de lamas ativadas, que se traduz em lamas bem colonizadas e estáveis, atividade biológica ótima e uma elevada eficiência depuradora [40]. Estes excelentes valores estão associados a um reduzido número de pequenos flagelados, a um elevado número de espécies identificadas em cada análise feita, a uma densidade do grupo dominante também muito elevada e, o mais importante, ao grupo ou conjunto de grupos que dominaram a microfauna nas várias amostras analisadas. Ora recorrendo à tabela de duas entradas para o cálculo do IBL (tabela 2), verifica-se que os Ciliados móveis + sésseis e/ou amebas com teca foram o conjunto de grupos que dominaram todas as amostras recolhidas. Isto deve-se ao facto de, numa primeira fase, quando os ciliados sésseis estavam em maior abundância nunca terem atingido números próximos dos

80% (máximo de 62,58%), algo que baixaria o IBL, pois, para esses valores percentuais, os ciliados sésseis estão associados a fenómenos transitórios que provocam depurações insuficientes [36]. Outro fator a ter em atenção no cálculo do IBL nestas amostras era a *Opercularia sp.*, visto que era o microrganismo em maior incidência durante o período em que os ciliados sésseis estavam mais elevados. Ainda assim, também não chegou próximo do valor limite situado nos 50% (máximo de 36,33%), como é evidente no gráfico da figura 20.

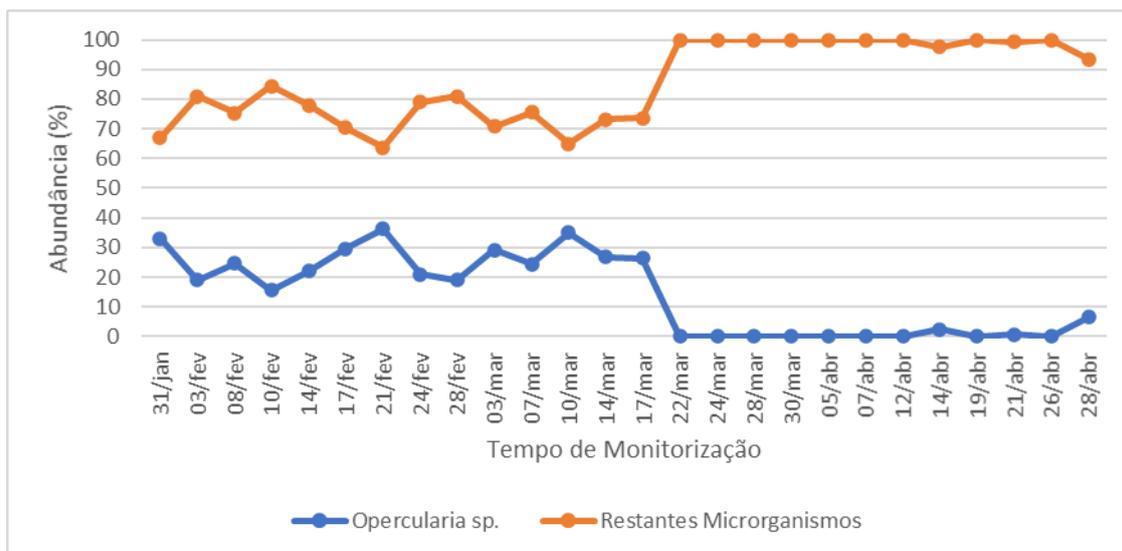


Figura 20– Abundância (%) de *Opercularia sp.* no reator biológico, em comparação com a totalidade dos restantes microrganismos, ao longo do tempo de monitorização.

4.2. Caracterização da comunidade de bactérias filamentosas

De fevereiro a abril de 2022, foram recolhidas 11 amostras do reator biológico da ETAR de Serzedo para o estudo da comunidade de bactérias filamentosas. A análise dessas amostras traduziu-se na identificação de 15 espécies diferentes, variando entre as 10 e as 14 espécies identificadas por amostra.

De seguida, está apresentada uma tabela com as bactérias filamentosas identificadas e as respetivas classes de abundância ao longo do tempo de monitorização (tabela 8), e um gráfico com a média das classes de abundância para cada uma das espécies (figura 21).

Tabela 8– Classes de abundância das bactérias filamentosas presentes no reator biológico, ao longo do tempo de monitorização.

Microfauna	10/fev	14/fev	21/fev	24/fev	07/mar	14/mar	24/mar	28/mar	07/abr	12/abr	21/abr
Tipo 021N	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Tipo 0675/0041	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4
Tipo 0092	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2
Tipo 0914	3	4	2	3	3	3	3	4	3	3	3
Tipo 1863	1	2	1	0	0	0	1	2	1	1	1
Tipo 1851	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3
Tipo 0581	1	2	1	1	0	2	0	0	0	2	0
<i>Thiothrix I</i>	2	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Thiothrix II</i>	1	2	2	1	1	2	1	2	3	3	2
<i>Sphaerotilus natans</i>	2	1	1	1	2	1	1	0	3	1	1
<i>Microthrix parvicella</i>	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1
<i>Nalo (nocardioformes)</i>	0	0	0	1	1	2	1	1	3	1	1
<i>Nostocoida limicola II</i>	2	1	0	1	1	1	1	1	2	2	2
<i>Nostocoida limicola III</i>	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	0
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

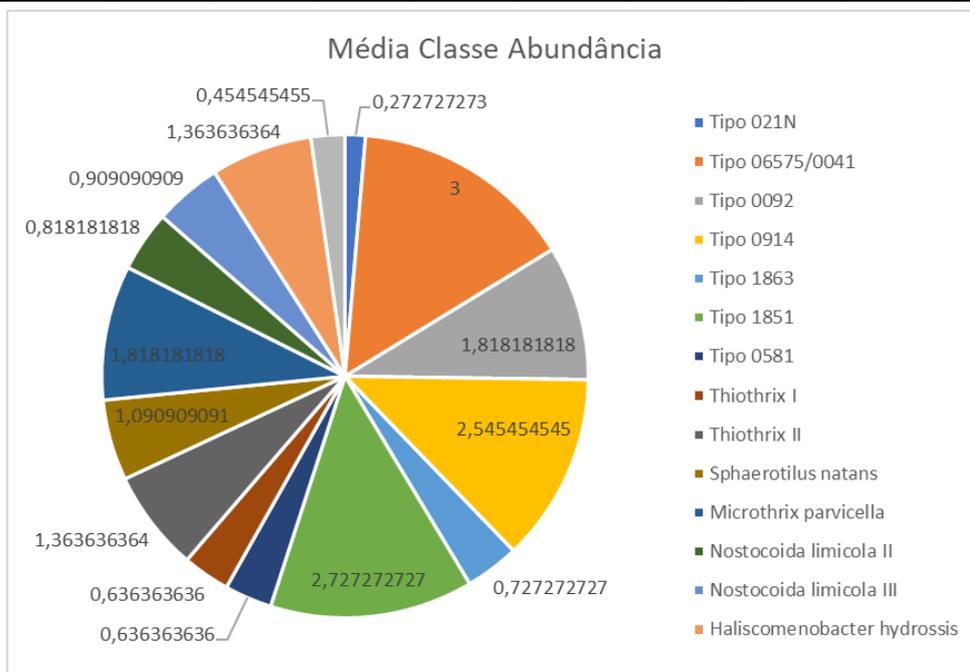


Figura 21– Média da classe de abundância das espécies de bactérias filamentosas identificadas nas amostras analisadas.

Observando a tabela 8 e o gráfico da figura 21 constata-se que a bactéria filamentosa com maior abundância foi o Tipo 0675/0041, organismo pouco comum em afluentes domésticos, mas frequente em industriais, estando associado a uma baixa razão F/M e uma alta idade de lamas [12][15][18]. Logo a seguir surge o Tipo 1851, bactéria regular em ambos os tipos de afluentes e associada a uma baixa razão F/M e elevada idade de lamas [12][15][18]. Depois aparece o Tipo 0914, presente de forma igual em afluentes domésticos e industriais, estando também relacionado a uma baixa razão F/M [12][15][18]. Estas características comprovam o domínio destas espécies pois, efetivamente, o afluente que chega à ETAR de Serzedo tem um impacto industrial relevante, este apresenta uma idade de lamas elevada, como constatado anteriormente na figura 18, e uma razão F/M baixa, encontrando-se inclusive sempre abaixo de 0,3 mg CBO₅/mg SST [25], como é visível na figura 22.

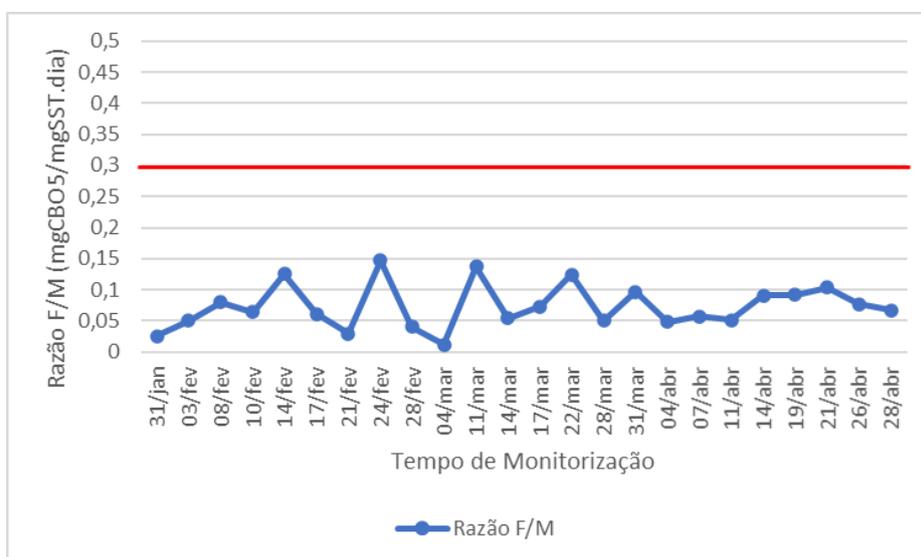


Figura 22– Razão F/M (mg CBO₅/mg SST. dia) no sistema de tratamento, ao longo do tempo de monitorização.

Pode-se verificar ainda que todas estas espécies não sofreram grandes mudanças de abundância ao longo do tempo, apesar da redução dos compostos tóxicos em meados de março. No caso das espécies do Tipo 1851 e Tipo 0914 está justificado por ocorrerem comumente em ambos os tipos de afluente, já o tipo 0675/0041, apesar disso, beneficiou dos valores da razão F/M se manterem baixos para que esta espécie não sofresse uma grande diminuição, baixando apenas um valor de classe de abundância nesses dias.

Para além destas espécies, dominantes no sistema, houve mais três espécies que estiveram presentes em todas as amostras analisadas, possuindo características que justificam essa constância. O Tipo 0092, que apresenta um surgimento ocasional em afluentes industriais, estando associado a uma idade de lamas elevada e baixa

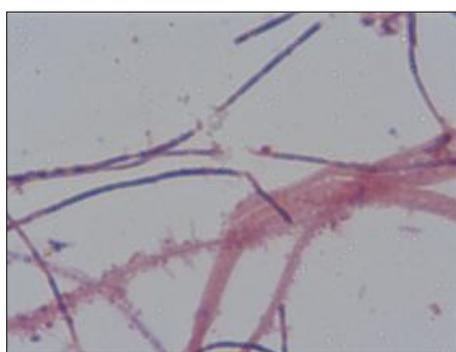
razão F/M [12][15][18]. A espécie *Thiothrix II*, regular em afluentes industriais, relacionada a uma carência de nutrientes [12][15]. E a espécie *Microthrix parvicella*, mais rara em afluentes industriais, mas bastante associada a uma elevada idade de lamas e baixa razão F/M [12][15][18].

Um outro aspeto muito importante foi o facto de, mesmo entre as espécies dominantes, nenhuma ocorrer em abundância extremamente elevadas, que pudessem causar qualquer tipo de disfunção no sistema de tratamento, nomeadamente *bulking* filamentoso, característico das três espécies dominantes já referidas. Efetivamente, as classes de abundância destas espécies variaram entre 3, com filamentos observados em todos os flocos com baixa densidade (1 a 5 filamentos por floco), e 4, com filamentos observados em todos os flocos com média densidade (5 a 20 filamentos por floco). Para a ocorrência de *bulking* filamentoso é necessário, pelo menos, classe 5 de abundância, que apresenta filamentos observados em todos os flocos com alta densidade (superior a 20 filamentos por floco), ou então classe 6, onde existem mais filamentos que flocos, que invadem quase completamente o espaço entre esses flocos.

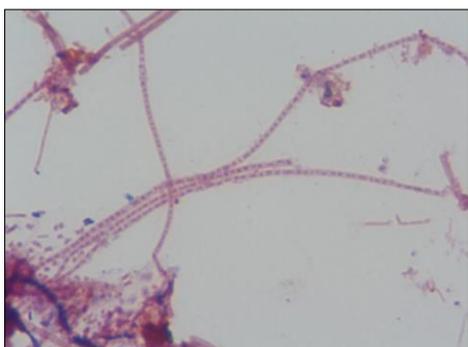
Nas imagens abaixo estão presentes algumas das bactérias filamentosas identificadas nas amostras analisadas, bem como um exemplo da diferença de abundância de filamentos entre a ocorrência de *bulking* filamento e a não ocorrência.



Tipo 0675/0041 (Coloração Gram)



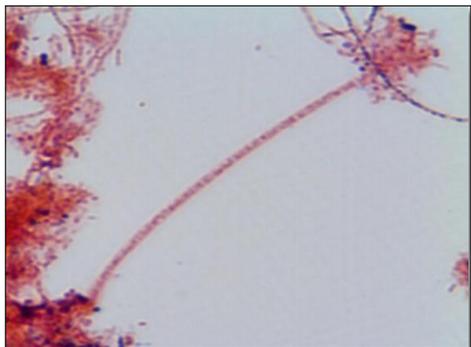
Tipo 1851 (Coloração Gram)



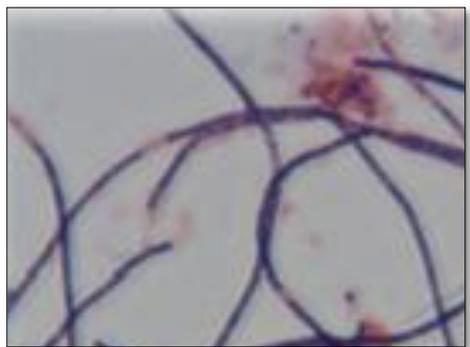
Tipo 0914 (Coloração Gram)



Tipo 0092 (Coloração Neisser)



Thiothrix II (Coloração Gram)

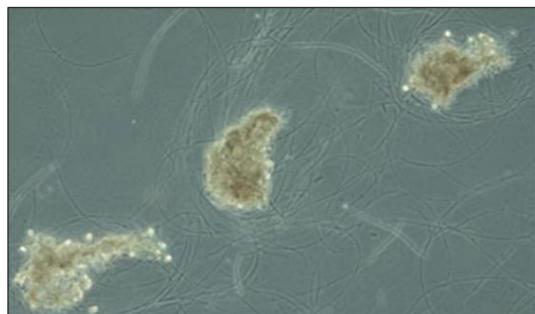


Microthrix parvicella (Coloração Gram)

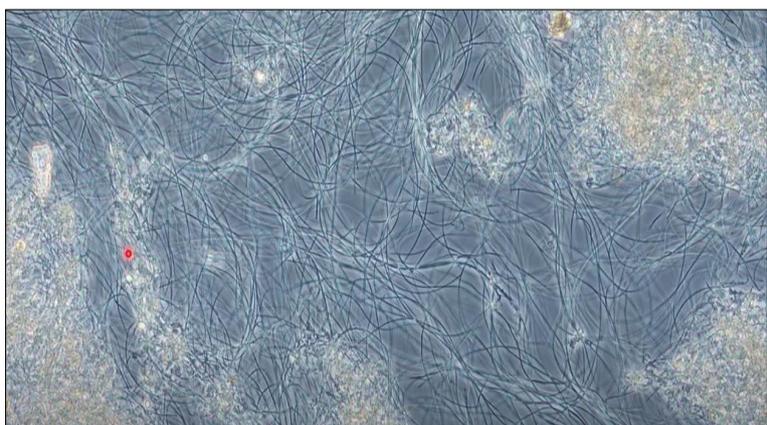
Figura 23– Imagens de algumas das espécies de bactérias filamentosas identificadas nesta análise, numa amplitude de 1000x.



Classe 3



Classe 4



Classe 5/6 - *Bulking* Filamentoso

Figura 24– Comparação entre a abundância de filamentos num sistema onde ocorre *bulking* filamentoso e noutro onde não ocorre.

5. Conclusão

Após a execução deste trabalho, e a partir dos resultados obtidos, já é possível retirar diversas conclusões destas análises feitas ao licor misto do reator biológico da ETAR de Serzedo e, desse modo, verificar se os objetivos foram cumpridos.

De acordo com as análises físico-químicas, é importante assinalar que todos os parâmetros se encontraram dentro ou nas proximidades dos valores limite permitidos por lei, nomeadamente os SST, que raríssimas vezes ultrapassou os 5000 mg/L no reator biológico, e os compostos azotados, que também estiveram sempre abaixo ou nas imediações dos 15 mg/L, no efluente final. Estes cumprimentos dos limites da legislação foram muito importantes para a justificação dos resultados apresentados nas análises microbiológicas, e assim ter certeza quanto ao grau de eficiência do sistema de tratamento.

Relativamente às análises microbiológicas do licor misto, foram encontradas e identificadas 27 unidades taxonómicas dentro da comunidade de protozoários e metazoários. Os grupos dominantes nestas amostras foram os ciliados sésseis, que tiveram uma maior incidência na primeira metade do período de amostragem, e os ciliados móveis de fundo, que tiveram maior incidência na segunda metade do período de amostragem. Os restantes grupos mantiveram uma constância ao longo de todo o tempo de monitorização, apresentando sempre valores mais reduzidos. Esta codominância é um fator muito positivo da eficácia do sistema de tratamento implementado na ETAR de Serzedo, e que é corroborado com os valores do IBL apurados.

As espécies mais abundantes no sistema comprovam a dominância dos dois grupos anteriormente referidos. A espécie mais abundante foi a *Aspidisca cicada* (12.13%), seguida de *Opercularia sp.* (11.72%), *Euplotes sp.* (11.30%), *Vorticella convallaria* (9.55%) e *Acinertia uncinata* (9.13%). Estas espécies expõem um sistema com valores elevados de remoção de nutrientes, uma boa eficácia de depuração e uma boa qualidade do efluente final. A *Opercularia sp.* é a única a apresentar indicações menos positivas, podendo transmitir uma qualidade do efluente final mais fraca, embora que, para estes valores, e na presença de todas as outras espécies descritas, tal conclusão não possa ser feita.

Para além de algumas destas espécies retratadas, houve mais cinco espécies que, embora em abundância mais reduzida, surgiram em todas as amostras analisadas. Duas amebas com teca, *Euglypha sp.* e *Arcella sp.*, que traduzem, respetivamente,

baixas concentrações de sólidos e bons níveis de nitrificação. Um ciliado nadador, *Spirostomum sp.*, que também retrata uma baixa concentração de sólidos. Um metazoário, *Rotaria sp.*, que expõe uma idade de lamas alta. E ainda um ciliado móvel de fundo, sobre o qual não se conseguiu fazer uma identificação mais específica a nível taxonómico. Todas estas características foram comprovadas pelas várias análises físicas-químicas realizadas. Ademais de cada um destes excelentes impactos, todas estas espécies estão associadas a uma alta qualidade do efluente final.

As análises ao Índice Biótico das Lamas (IBL) também trouxeram importantes indicações, que acabaram por corroborar com outras conclusões. Fruto da codominância dos ciliados sésseis e dos ciliados móveis de fundo, em conjunto com um vasto número de espécies encontradas e um baixo número de pequenos flagelados, os valores do IBL mantiveram-se sempre altos, variando entre 8 e 10, representando a melhor classe de avaliação. Assim sendo, foi viável, mais uma vez, aferir que a qualidade biológica estava ótima e que a eficiência depuradora era elevada, para além das lamas estarem bem colonizadas e estáveis.

No que se refere à comunidade bactérias filamentosas, foram identificadas 15 espécies diferentes. Os organismos em maior abundância foram o Tipo 0675/0041, Tipo 1851 e o Tipo 0914. Todos estes estão associados a uma elevada idade de lamas, reduzida razão F/M e uma presença constante tanto em afluentes domésticos como industriais, à exceção do Tipo 0675/0041, que é mais raro em afluentes domésticos. Para além destas houve mais três espécies presentes em todas as amostras analisadas, embora ostentando abundância claramente menores. Foram o Tipo 0092, *Thiothrix II* e *Microthrix parvicella*. Tal como as espécies dominantes, estas também se relacionam com idades de lamas altas e razão F/M reduzida.

Relativamente às bactérias filamentosas dominantes, nenhuma apresentou abundâncias excessivamente altas, pelo que nunca esteve em causa a ocorrência de qualquer tipo de disfunção no sistema que pudesse prejudicar o tratamento. Os valores mais altos foram de classe 4, ou seja, filamentos presentes em todos os flocos, mas de média densidade. No surgimento de diversas disfunções, particularmente o *bulking* filamentoso, os filamentos ocorrem em densidades bastante altas, podendo ocupar quase o espaço todo entre os flocos.

Posto isto, conclui-se que o sistema de tratamento por lamas ativadas da ETAR de Serzedo está em bom funcionamento, com uma eficiência bastante alta e assente, não só no cumprimento dos vários parâmetros analíticos e processuais, mas também

no tipo de microrganismos que foram dominando as comunidades de protozoários, metazoários e bactérias filamentosas, tal como a sua vasta diversidade no meio.

É importante salientar ainda a possibilidade de melhorias neste trabalho, nomeadamente de uma análise ao índice Volumétrico de Lamas (IVL), que iria permitir uma avaliação às características de sedimentação das lamas ativadas e, desta forma, ter uma leitura mais acertada no controlo de possíveis disfunções no sistema. Outro aspeto seria a execução de cálculos de correlações entre os organismos e respetivo teste de significância, o que permitiria aferir com maior precisão as indicações transmitidas pelos microrganismos.

Referências bibliográficas

- [1] Águas do Norte, S.A.. *Quem Somos*. Acedido em: 8 de julho de 2022, em: <http://www.adnorte.pt/>.
- [2] Sonune, A., & Ghate, R. (2004). Developments in wastewater treatment methods. *Desalination*, 167, 55-63.
- [3] Henze, M., & Comeau, Y. (2008). Wastewater characterization. *Biological wastewater treatment: Principles modelling and design*, 33-52.
- [4] Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. D. (2003). Wastewater engineering: treatment and reuse. *American Water Works Association. Journal*, 95(5), 201.
- [5] Bitton, G. (2011). *Wastewater Microbiology* (Vol. 4th edition). New Jersey: John Wiley & Sons.
- [6] Brix, H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands?. *Water science and technology*, 35(5), 11-17.
- [7] Gray, N. F. (2000). An introduction for environmental scientists and engineers. *Water Technology p*.
- [8] Barreto, M. P. (2013). Tratamento de águas Residuais Urbanas Por sistemas de Membranas - Caso de Estudo da Águas do Mondego. Coimbra.
- [9] EPA, U. (1999). Wastewater technology fact sheet—sequencing batch reactors. *UEP Agency, Editor*.
- [10] Cervantes, F. J., Pavlostathis, S. G., & van Haandel, A. (Eds.). (2006). *Advanced biological treatment processes for industrial wastewaters*. IWA publishing.
- [11] Stoddard, A., Harcum, J. B., Bastian, R. K., Simpson, J. T., & Pagenkopf, J. R. (2003). *Municipal wastewater treatment: evaluating improvements in national water quality*. John Wiley & Sons.
- [12] Eikelboom, D. H. (2000). *Process control of activated sludge plants by microscopic investigation*. IWA publishing.
- [13] Canler, J. P., Perret, J. M., Duchène, P., & Cotteux, E. (2011). *Aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées*. Editions Quae.

- [14] Madoni, P. (2004). Applicazione dell'indice biotico del fango (SBI) nel processo di depurazione a fanghi attivi. *Università degli Studi di Parma, Parma*.
- [15] Jenkins, D., Richard, M. G., & Daigger, G. T. (2003). *Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming, and other solids separation problems*. Crc Press.
- [16] Mara, D. D. (2004). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries* (London: Earth scan).
- [17] Okafor, N. (2011). *Environmental microbiology of aquatic and waste systems*. Springer Science & Business Media.
- [18] Genética GROUP Tecnologias Ambientais. *Álbum de bactérias filamentosas*. Acedido em: 3 de fevereiro de 2022, em: <https://www.geneticagroup.com/>.
- [19] Sezgin, M., Jenkins, D., & Parker, D. S. (1978). A unified theory of filamentous activated sludge bulking. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 362-381.
- [20] Nicolau, A., Martins, M. J., Mota, M., & Lima, N. (2002). Importância da identificação das espécies responsáveis pelo crescimento filamentosos nas ETARS.
- [21] Silva, S. C. D. (2011). Tratamento químico e biológico de efluentes da indústria têxtil como forma de redução do impacto ambiental aos recursos hídricos: estudo de caso: Mar Indústria Têxtil e Tinturaria Ltda.
- [22] Cerdeira, L. A. B. M. (2008). Acompanhamento do Arranque/Exploração de uma ETAR.
- [23] Sousa, J. F. P. D. O. (2011). Caracterização da decantabilidade das lamas activadas da Etar de Sobreiras, Porto, via determinação fisiológica global através da monitorização de Sour.
- [24] Hill, M. (2003). Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering. *Treatment and Reuse, 4th ed.,, New York (USA)*.
- [25] Martins, A. G. (2008). Estudo da tratabilidade de águas residuais sintéticas pelo processo de lamas activadas.
- [26] Pereira, D. S. D. S. (2010). Avaliação da eco-eficiência de quatro estações de tratamento de águas residuais da Águas do Minho e Lima, SA.
- [27] Assunção, P. C. C. (2013). *Controlo analítico da ETAR de Serzedo e avaliação do desempenho da instalação* (Doctoral dissertation).

[28] Monte & Monte, S.A., & EFACEC Ambiente, S.A., *Memória descritiva do processo de tratamento e modo de funcionamento da ETAR.*

[29] Águas do Norte, S.A. (2018), *Instrução de Trabalho – Determinação do IBL, identificação da microfauna e de bactérias filamentosas.*

[30] Águas do Norte, S.A. (2018), *Instrução de Trabalho – Determinação de SST, SSV, ST, SV, SF, MS e MV.*

[31] Águas do Norte, S.A. (2018), *Instrução de Trabalho – Determinação do Azoto Total (N).*

[32] Águas do Norte, S.A. (2018), *Instrução de Trabalho – Determinação da Amónia.*

[33] Águas do Norte, S.A. (2018), *Instrução de Trabalho – Determinação de Nitratos (NO₃-).*

[34] Águas do Norte, S.A. (2018), *Instrução de Trabalho – Determinação da Carência Química de Oxigénio.*

[35] Águas do Norte, S.A. (2018), *Instrução de Trabalho – Determinação da Carência Bioquímica de Oxigénio 5 dias (CBO5).*

[36] Madoni, P., Davoli, C., Davoli, D., Guglielmi, L., Pergetti, M., & Stefanini, C. (2005). *Depurazione biologica nei fanghi attivi. Università degli Studi di Parma.*

[37] Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P. (2022). *Boletim climatológico de fevereiro de 2022.*

[38] Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P. (2022). *Boletim climatológico de março de 2022.*

[39] Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P. (2022). *Boletim climatológico de abril de 2022.*

[40] Madoni, P. (1994). A sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Water Research*, 28(1), 67-75.

Anexos

Anexo 1- Instruções de trabalho dos procedimentos laboratoriais decorrentes nas Águas do Norte, S.A.

Neste subcapítulo são expostos os protocolos laboratoriais utilizados na execução deste trabalho, aplicáveis a todos os laboratórios de Processo das Águas do Norte, S.A., entre os quais o da ETAR de Serzedo.

Determinação do IBL, identificação da microfauna e de bactérias filamentosas



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Código ITR68

Data 26/12/2018

Assunto Determinação do IBL, identificação da microfauna e de bactérias filamentosas

1. Objetivo

O presente documento tem como objetivo definir o procedimento para a determinação do Índice Biótico de Lamas e para a identificação da microfauna e de bactérias filamentosas através de colorações nos laboratórios de processo das Águas do Norte S.A.

2. Âmbito

Aplicável a todos os laboratórios de Processo das Águas do Norte S.A.

3. Definições/ Abreviaturas

IT - Instrução de trabalho
 DEX - Direção de exploração
 IBL - Índice Biótico de Lamas
 FDS - Fichas de dados de segurança

4. Modo de proceder

4.1. Responsável

As tarefas constantes nesta IT podem ser efetuadas por técnicos superiores e técnicos de laboratório de processo da DEX.

O cumprimento, revisão e aprovação deste procedimento é da responsabilidade da Direção de Exploração.

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR68 continuação

4.2. Princípio do Método

4.2.1. Microfauna e IBL

A análise de rotina da microfauna, como indicadora da performance das instalações de lamas ativadas, tem-se tornado cada vez mais comum pois fornece informações bastante úteis sobre a atividade biológica das lamas baseada na estrutura da comunidade microbiana presente.

Proposto por Madoni, em 1994 o Índice Biótico de Lamas (SBI- "Sludge Biotic Index"), baseia-se na abundância e na diversidade específica da comunidade e nas diferentes sensibilidades reveladas por alguns grupos da microfauna aos fatores físico-químicos prevalentes no sistema.

4.2.2. Filamentosas

Os microrganismos filamentosos devem ser considerados como componentes normais da comunidade microbiana das lamas ativadas, apesar de, na maior parte dos casos, não se saber como ou quando entram nos sistemas de tratamento. Desempenham um papel importante na formação e manutenção dos flocos com boas propriedades de sedimentabilidade. O problema surge quando estes organismos proliferam exageradamente, criando problemas no processo de tratamento de lamas ativadas.

4.3. Interferências

O IBL avalia apenas a estação de tratamento ao nível do funcionamento do tanque de arejamento, não permitindo inferir sobre a qualidade do tratamento ao nível do tanque de sedimentação secundária.

No caso da determinação das filamentosas as colorações e óleo de imersão têm que estar dentro da data de validade.

Águas do Norte, SA

2/8

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR68 continuação

4.4. Modo de Proceder

4.4.1. Preservação da Amostra

Caso não seja analisada logo após a recolha. Será necessário manter a amostra em arejamento contínuo, nunca por mais de 12 horas.

4.4.2. Reagentes

- Álcool ou solução de descoloração;
- Violeta Cristal;
- Etanol 95% a 97%;
- Oxalato de amónia;
- Iodo;
- Iodeto de potássio;
- Safranina;
- Azul-de-metileno;
- Ácido acético glacial;
- Castanho Bismark;
- Óleo de imersão.

NOTA: As soluções de coloração podem ser adquiridas já preparadas do Fornecedor ou fabricante.

4.4.3. Equipamentos

- Microscópio (contraste de fases)
- Câmara de fuchs-rosenthal de 32 µl

4.4.4. Materiais

- Lâminas e Lamelas;
- Material de uso corrente do laboratório;
- Arejadores portáteis;
- Tinas de coloração;
- Papel absorvente;
- Pipetas de Pasteur.

Águas do Norte, SA

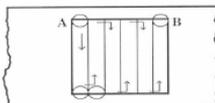
3/8

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR68 continuação

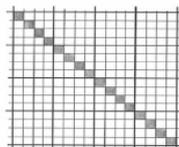
4.4.5. Descrição Geral do Método Analítico

4.4.5.1. Identificação da Microfauna e determinação do IBL

- Homogeneizar a amostra;
- Numa lâmina colocar 25 µl de amostra (caso não seja possível visualizar os microrganismos, aconselha-se a diluir a amostra);
- Fazer a montagem com a lamela sem produzir bolhas de ar;
- Proceder à identificação e quantificação das espécies existentes, utilizando uma ampliação de 100x. Caso seja necessário utilizar ampliações maiores;
- Partindo da posição A, inspeciona-se toda a lâmina seguindo o percurso indicado até à posição B.



- Microrganismos a contabilizar:
 - a) Grandes flagelados
 - b) Cilados
 - c) Amibas com teca e amibas nuas
 - d) Rotíferos
 - e) Nematodos
 - f) Gastrotríquos
 - g) Etc
- Contabilizar os pequenos flagelados, utilizando a câmara de Fuchs-rosenthal de 32 µl.
- Colocar uma gota de amostra sob cada reticulada da câmara e na ampliação de 200x proceder à contagem destes microrganismos que se encontram dentro ou sob as 16 quadrículas que formam cada uma das diagonais.



INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR68 continuação

Tabela 1 – Tabela de duas entradas para o cálculo do IBL (S= n.º de espécies da microfauna, excluindo os pequenos flagelados; F=n.º de pequenos flagelados na diagonal da câmara de Fuchs-Rosenthal)

Grupo Dominante	Densidade (ind./µl)	S > 10		8 ≤ S ≤ 10		5 ≤ S ≤ 7		S < 5	
		F < 10	10 ≤ F < 100	F < 10	10 ≤ F < 100	F < 10	10 ≤ F < 100	F < 10	10 ≤ F < 100
Cilados móveis + sésseis e/ou amebas com teca	≥ 106	10	8	9	7	8	6	7	5
	< 106	9	7	8	6	7	5	6	4
Cilados sésseis B0	≥ 106	9	7	8	6	7	5	6	4
	< 106	8	6	7	5	6	4	5	3
Opercularia spp	≥ 106	7	5	6	4	5	3	4	2
	< 106	6	4	5	3	4	2	3	1
Vorticella microstoma	≥ 106	6	4	5	3	4	2	3	1
	< 106	5	3	4	2	3	1	2	0
Cilados nadadores	≥ 106	5	3	4	2	3	1	2	0
	< 106	4	2	3	1	2	0	1	0
Pequenos flagelados (>100)	≥ 106	4		3		2		1	
	< 106	3		2		1		0	

Tabela 2 – Conversão do valor do IBL em classes de qualidade biológica de lamas ativadas

Valor SBI	Classe	Avaliação
8 a 10	I	Lamas bem colonizadas e estáveis; atividade biológica ótima; elevada eficiência depuradora
6 a 7	II	Lamas bem colonizadas e estáveis; atividade sub-ótima; eficiência depuradora suficiente
4 a 5	III	Atividade biológica insuficiente; eficiência depuradora mediana
0 a 3	IV	Atividade biológica muito baixa; eficiência depuradora baixa

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR68 continuação

4.4.5.2. Determinação de filamentosas

Preparação das Soluções de Coloração

GRAM I

- Preparar duas soluções separadamente:
- Solução 1: Juntar 2.0 g de Violeta cristal com 20 mL de Etanol a 95%;
- Solução 2: Juntar 0.8 g de Oxalato de amónia com 80 mL de água destilada.
- Juntar as duas soluções na tina de coloração.

GRAM II

- Juntar a 300 ml de água destilada 1.0 g de lodo e 2.0 g de lodeto de potássio;
- Agitar até dissolver, colocar na tina de coloração.

GRAM III

- Juntar 10 ml de Safranina (2.5 % em etanol 95%) a 100 mL de água destilada;
- Colocar na tina de coloração.

NEISSER I

- Preparar duas soluções separadamente:
- Solução 1:
 - Juntar a 100 mL de água destilada (0.1 g ou 9.7mL) de Azul-de-metileno.
 - Acrescentar 5 mL de Etanol a 95% e 5 mL de Ácido acético glacial.
- Solução 2:
 - Juntar a 100 mL de água destilada 3.3 mL de Violeta cristal (10% p/v em etanol 95%), 6.7 mL de Etanol a 95%.
- Antes do uso, juntar duas partes da solução 1 com uma parte da solução 2, na tina de coloração.

NEISSER II

- Juntar 1 g de Castanho Bismark em 100 mL de água destilada;
- Retirar da solução concentrada 33.3 mL e acrescentar 66.7 mL de água destilada e agitar;
- Colocar na tina de coloração.

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR68 continuação

Coloração GRAM

- Colocar a amostra numa lâmina e deixar secar;
- Colocar as lâminas na tina de coloração I, deixar agir 1 minuto e enxaguar;
- Cobrir o mesmo com a solução II, deixar agir 1 minuto e enxaguar bem;
- Com a lâmina inclinada, descolorar deitando gota a gota de etanol 95% (a operação não deve superar 25 segundos) e enxaguar bem e secar com papel absorvente;
- Cobrir com a solução III, deixar agir 1 minuto e enxaguar muito bem;
- Examinar o preparado a 100 X com óleo de imersão e luz direta.

Nota: Os filamentos que ficam corados de azul violeta são Gram + e os que ficam corados de vermelho são Gram -.

Coloração NEISSER

- Colocar a mostra numa lâmina e deixar secar;
- Cobrir a amostra seca com a solução I, deixar agir 30 segundos e enxaguar;
- Cobrir o preparado com a solução II, deixar agir 1 minuto e enxaguar bem;
- Secar com papel absorvente;
- Examinar o preparado a 100x com óleo de imersão e luz direta.

Nota: Os filamentos que ficam corados de azul violeta são Neisser + (a célula inteira ou os grânulos intracelulares), os filamentos castanhos amarelados são Neisser -.

Tabela 3 - Categorias de abundância dos organismos filamentosos em lamas ativadas (Jenkins et al. 1986)

Classe	Abundância	Observação
0	Nenhum	Ausência completa de filamentos
1	Focos	Filamentos observados ocasionalmente só em alguns focos
2	Alguns	Filamentos presentes mas não em todos os focos
3	Moderado	Filamentos observados em todos os focos, mas com baixa densidade (1 a 5 filamentos por foco)
4	Frequente	Filamentos observados em todos os focos, com média densidade (5 a 20 filamentos por foco)
5	Abundante	Filamentos observados em todos os focos, com alta densidade (no mínimo 20 filamentos por foco)
6	Excessivo	Filamentos presentes em todos os focos, existem mais filamentos que focos, os filamentos invadem quase completamente o espaço entre focos.

NOTA: A apresentação de resultados devem ser expressos mediante os equipamentos e a prática dos responsáveis pela execução desta IT.

Determinação de SST e SSV



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Código ITR70 Data 21/12/2018

Assunto Determinação de SST, SSV, ST, SV, SF, MS e MV

1. Objetivo

O presente documento tem como objetivo definir o procedimento para determinação de Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Sólidos totais (ST), Sólidos voláteis (SV), Sólidos fixos (SF), Matéria seca (MS) e Matéria volátil (MV).

2. Âmbito

Aplica-se a todas as análises de controlo operacional dos SAA, SAR e Laboratórios de Processo da Águas do Norte, SA.

3. Definições/ Abreviaturas

AdN – Águas do Norte, SA
 DEX – Direção de Exploração
 LP – Laboratório de Processo
 MS – Matéria seca
 MV – Matéria volátil
 SAA – Subsistema de Abastecimento de Água
 SAR – Subsistema de Águas Residuais
 SMEWW – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th Edition.
 SST- Sólidos Suspensos Totais
 SSV- Sólidos Suspensos Voláteis
 ST – Sólidos totais
 SV – Sólidos voláteis
 SF – Sólidos fixos

Águas do Norte, SA

1/11

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR70 continuação

4. Modo de proceder

4.1. Responsável

As tarefas constantes neste procedimento podem ser efetuadas por técnicos operativos, técnicos superiores e técnicos de laboratório de processo da DEX.

O cumprimento, revisão e aprovação deste procedimento é da responsabilidade da Direção de Exploração.

4.2. Princípio do Método

Existem dois métodos usados nos laboratórios de processo das Águas do Norte SA: o método gravimétrico e o método MASO.

O método mais usado é o gravimétrico (utilizando-se balança analítica ou de precisão) e têm como base o procedimento de determinação de sólidos do SMEWW.

Consiste nas operações de secagem e calcinação que definem as diversas frações de sólidos presentes na água residual.

O método MASO na balança Eletrónica de Humidade da Sartorius, para a medição de Sólidos Totais e Matéria seca.

4.3. Interferências

O tipo de suporte de filtro, o tamanho do poro, porosidade, área, espessura e do filtro e a natureza física, tamanho de partícula e a quantidade de material depositado no filtro são a principal fatores que afetam a separação da suspensão.

Em amostras com baixa concentração de sólidos voláteis e sólidos fixos elevados, pode ocorrer erro negativo durante o processo de secagem, provocado pela volatilização dos compostos de carbonato de amónio e orgânicos voláteis.

4.4. Modo de Proceder

4.4.1. Preservação da Amostra

As amostras poderão ser colhidas em frascos de vidro ou plástico, desde que os sólidos em suspensão não adiram às paredes do recipiente. As análises deverão ser efetuadas logo que possível, não existindo forma de preservação.

No período que vai da colheita até a análise a amostra deverá ser refrigerada a 4°C não devendo este período exceder as 24 horas.

As amostras deverão encontrar-se à temperatura ambiente quando estiver a ser analisada.

Águas do Norte, SA

2/11

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR70 continuação

4.5. Reagentes

Não aplicável

4.6. Equipamentos

- Rampa de filtração com vácuo;
- Estufa de secagem (105°C±5°C);
- Mufla (550°C±50°C);
- Balança analítica ou de precisão;
- Exsiccador;
- Balança Eletrónica de Humidade MA50, Sartorius.

4.7. Materiais

- Filtrros de fibra de vidro, com porosidade igual ou inferior a 2,0 µm;
- Cadinhos;
- Pratos de alumínio;
- Material de uso corrente do laboratório.

4.8. Descrição Geral do Método Analítico

4.8.1. Determinação de sólidos suspensos totais

Preparação dos filtros de fibra de vidro

- Colar os filtros no dispositivo de filtração com a superfície mais rugosa voltada para cima;
- Lavar os filtros, com 3 porções de 20 mL de água destilada;
- Remover o filtro do dispositivo de filtração e transferi-lo para um disco (placa) de alumínio ou um (cadinho);
- Colocar o conjunto (placa de alumínio ou cadinho + filtro) na estufa a 105°C ± 5°C, durante 1 hora;
- Retirar os filtros da estufa e levá-los à mufla cerca de 30 minutos;
- Retirar da estufa o conjunto e deixar arrefecer no exsiccador até que se atinga a temperatura ambiente e pesar;
- Repetir este ciclo (secar, arrefecer e pesar) até que o peso seja constante, ou até que a diferença entre as pesagens seja inferior a 4% ou 0,5 mg;
- Pesar e registar o valor (designado P1).

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR70 continuação

Análise da amostra

- Homogeneizar a amostra;
- Filtrar a amostra a analisar. A escolha do volume da amostra deve ter como critério a produção de um resíduo seco entre 2,5 mg a 200 mg. Se o volume filtrado não cumprir o requisito mínimo, aumentar o volume da amostra a filtrar até 1 L (Volume máximo);
- Colocar os filtros na respetiva placa de alumínio ou cadinho e secá-los a 105 °C ± 5°C na estufa, durante no mínimo 1 hora;
- Retirar da estufa o conjunto e deixar arrefecer num exsiccador;
- Repetir este ciclo (secar, arrefecer e pesar) até que o peso seja constante, ou até que a diferença entre as pesagens seja inferior a 4% ou 0,5 mg;
- Pesar (P2) e determinar SST (Equação 1).

4.8.2. Determinação de Sólidos suspensos Voláteis

- Incinerar o resíduo obtido, (Placa de alumínio + filtro) numa mufla a 550 °C ± 50 °C, durante 30 minutos;
- Retirar da mufla e deixar arrefecer num exsiccador, para equilibrar a temperatura até pesos constante;
- Pesar (P3) e determinar SSV (Equação 2).

Os valores de SST, SSV e SSF são obtidos através das seguintes equações:

$SST (mg/L) = \frac{((P2 - P1) \times 1000)}{V} \times 1000$ <p style="text-align: right;"><i>(Equação 1)</i></p>
$SSV (mg/L) = \frac{((P2 - P3) \times 1000)}{V} \times 1000$ <p style="text-align: right;"><i>(Equação 2)</i></p>
<p><i>P1 - Peso do filtro (g)</i> <i>P2 - Peso do filtro + resíduo seco (g)</i> <i>P3 - Peso do filtro após ignição (g)</i> <i>V - Volume de amostra (mL)</i></p>

Determinação do Azoto Total (N)



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Código ITR67 Data 21/12/2018

Assunto Determinação do Azoto Total (N)

1. Objetivo

O presente documento tem como objetivo definir o procedimento para a determinação do Azoto Total (N) nos Laboratórios de Processo da Águas do Norte, S.A.

2. Âmbito

Aplica-se a todas as análises de controlo operacional nos Laboratórios de Processo da Águas do Norte, S.A.

3. Definições/ Abreviaturas

AdN – Águas do Norte
 DEX – Direção de Exploração
 N – Azoto total
 FDS – Fichas de dados de segurança

4. Modo de proceder

4.1. Responsável

A responsabilidade pelo cumprimento desta IT é dos técnicos dos Laboratórios de Processo da Águas do Norte, S.A.

4.2. Princípio do Método

O azoto de composição orgânica e inorgânica é oxidado na presença de peroxodissulfato e é assim transformado em nitrato. Os iões nitrato reagem numa solução de ácidos sulfúrico e fosfórico com dimetilfenol-2,6 para formar nitrofenol, que pode ser determinado por espectrofotometria.

Águas do Norte, S.A.

1/4

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR67 continuação

4.3. Interferências

As descritas nas fichas técnicas dos testes em cuvete fornecidas pelo fabricante.

4.4. Modo de Proceder

4.4.1. Reagentes

Teste em Cuvete LCK 138 (1-16 mg/L)
 Teste em Cuvete LCK 238 (5-40 mg/L)
 Teste em Cuvete LCK 338 (20-100 mg/L)

4.4.2. Equipamentos

Termorreator
 Espectrofotómetro
 Cronómetro

4.4.3. Materiais

Tubos de ensaio de reação
 Micropipeta 0,2-1mL
 Micropipeta 1-5mL
 Pontas de micropipeta
 Suporte para tubos de ensaio

4.4.4. Determinação do Azoto total - N

A determinação deste parâmetro é efetuada com recurso ao método fotométrico, sendo utilizados testes em cuvete.
 O procedimento a adotar obedece às instruções do fabricante, que vêm apenas ao respetivo teste.

Águas do Norte, S.A.

2/4

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR67 continuação

4.4.4.1. LCK 138 (1 – 16 mg/L) N

- Dosear, sequencialmente, num tubo de ensaio de reação seco:
1,3 mL de amostra + 1,3 mL de solução A (LCK 138 A) + 1 pastilha B (LCK 138 B)
- Fechar imediatamente o tubo e, sem misturar, colocar no termo reator:
 - a) HT 200 S: 15 min com programa HT padrão
 - b) Termostato: 60 min a 100 ° C
- Após o tempo de digestão, deixar arrefecer totalmente e agitar;
- Pipetar lentamente 0,5mL da amostra para a cuvete de teste;
- Pipetar lentamente 0,2 mL de solução D (LCK 138 D);
- Fechar a cuvete e misturar o conteúdo girando várias vezes
- Aguardar 15 minutos, limpar a parte externa da cuvete e fazer a medição no espectrofotómetro.

4.4.4.2. LCK 238 (5 – 40 mg/L) N

- Dosear, sequencialmente, num tubo de ensaio de reação seco:
0,5 mL de amostra + 2,0 mL de solução A (LCK 238 A) + 1 pastilha B (LCK 238 B)
- Fechar imediatamente o tubo e, sem misturar, colocar no termo reator:
 - a) HT 200 S: 15 min com programa HT padrão
 - b) Termostato: 60 min a 100 ° C
- Após o tempo de digestão, deixar arrefecer totalmente e agitar.
- Pipetar lentamente 0,5mL da amostra para a cuvete de teste.
- Pipetar lentamente 0,2 mL de solução D (LCK 238D).
- Fechar a cuvete e misturar o conteúdo girando várias vezes
- Aguardar 15 minutos, limpar a parte externa da cuvete e fazer a medição no espectrofotómetro.

4.4.4.3. LCK 338 (20 – 100 mg/L) N

- Dosear, sequencialmente, num tubo de ensaio de reação seco:
0,2 mL de amostra + 2,3 mL de solução A (LCK 338 A) + 1 pastilha B (LCK 338 B)
- Fechar imediatamente o tubo e, sem misturar, colocar no termo reator:
 - a) HT 200 S: 15 min com programa HT padrão
 - b) Termostato: 60 min a 100 ° C

Águas do Norte, S.A.

3/4

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR67 continuação

- Após o tempo de digestão, deixar arrefecer totalmente e agitar.
- Pipetar lentamente 0,5mL da amostra para a cuvete de teste.
- Pipetar lentamente 0,2 mL de solução D (LCK 338 D).
- Fechar a cuvete e misturar o conteúdo girando várias vezes
- Aguardar 15 minutos, limpar a parte externa da cuvete e fazer a medição no espectrofotómetro.

5. Referências

Fichas técnicas dos testes em cuvete fornecidas pelo fabricante

6. Documentos associados

Planos de Controlo Operacional
Plano de Verificação de equipamentos
Software de Gestão Operacional

7. Segurança e Ambiente

Consultar as Fichas de Dados de Segurança disponíveis no Nosso AdN.
Além da consulta das FDS, o técnico deve garantir a leitura das regras de segurança constantes na embalagem/bula dos produtos utilizados.

Determinação da Amónia



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Código ITR63 Data 21/12/2018

Assunto Determinação da Amónia

1. Objetivo

Estabelecer as regras para a determinação da Amónia nos Laboratórios de Processo e SAA da Águas do Norte, S.A.

2. Âmbito

Aplicável a todos os SAA e Laboratórios de Processo da Águas do Norte, S.A.

3. Definições/ Abreviaturas

AdN – Águas do Norte
 DEX – Direção de Exploração
 SAA – Sistema de Abastecimento de Água
 NH₄ – Amónia
 FDS – Fichas de dados de segurança

4. Modo de proceder

4.1. Responsável

As tarefas constantes nesta IT podem ser efetuadas por técnicos de laboratório de processo da DEX e a responsabilidade do seu cumprimento é do Laboratório.
 O cumprimento, revisão e aprovação deste procedimento é da responsabilidade da Direção de Exploração.

4.2. Princípio do Método

Determinação do Azoto amoniacal presente em amostras águas, através de testes em cuvette por fotometria.

Águas do Norte, S.A.

1/5

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR63 continuação

4.3. Interferências

Intervalo de tempo entre a colheita e análise;
 Temperatura de conservação e ambiente;
 Tipo de amostra (pontual ou composta).

4.4. Modo de Proceder

4.4.1. Amostragem e transporte

As amostras devem ser colhidas em frascos de polietileno ou vidro.
 O período entre a amostragem e o transporte para a análise deve ser o mais curto possível.

4.4.2. Preservação da Amostra

Devem-se analisar prontamente as amostras, preferencialmente nas 2 horas após a colheita.
 Caso não seja possível, estas devem ser refrigeradas a 4°C, por um período máximo de 7 dias.

4.4.3. Reagentes

- LCK 302/ LCK 303/ LCK 304 - Disponibilizados pelo fabricante dos testes nos respetivos teste em cuvette;
- Método Salicilato - Ammonia Cyanurate Reagent Powder Pillows 26531-99, Ammonia Salicylate Reagent Powder Pillows 26532-99.

4.4.4. Equipamentos

Espectrofotómetro.

4.4.5. Materiais

- Micropipetas e pontas;
- Papel absorvente;
- Material de uso corrente do laboratório.

Águas do Norte, S.A.

2/5

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR63 continuação

4.4.6. Descrição Geral do Método Analítico

A determinação deste parâmetro é efetuada com recurso ao método fotométrico. Para o efeito são utilizados testes em cuvette.

Para medição do azoto amoniacal em águas residuais estão disponíveis três testes em cuvette que apenas diferem na gama de resultados que vamos obter:

- LCK302 Teste em cuvette de azoto amoniacal para amostras em que a concentração de amónia se encontra entre 0,015 e 2 mg/L NH4-N;
- LCK303 Teste em cuvette de azoto amoniacal para amostras em que a concentração de amónia se encontra entre 2 e 47 mg/L NH4-N;
- LCK304 Teste em cuvette de azoto amoniacal para amostras em que a concentração de amónia se encontra entre 47 e 130 mg/L NH4-N.
- Para a medição do azoto amoniacal em águas para consumo utiliza-se o método Salicilato.

4.4.6.1. Teste em cuvette LCK 302

O procedimento a adotar deve obedecer às instruções dos fabricantes, todos os passos a cumprir estão identificados na embalagem do teste.

- Retirar da embalagem uma cuvette e identificá-la;
- Retirar a etiqueta metálica que se encontra na tampa da cuvette;
- De seguida retirar a tampa, com cuidado, pois na parte superior encontra-se um reagente em pó;
- Homogeneizar a amostra a analisar, agitando o frasco e depois pipetar 0,2mL de amostra para a cuvette;
- Colocar a tampa com o reagente em pó voltado para baixo e agitar até que o pó esteja totalmente dissolvido;
- Deixar em repouso durante 15 minutos cronometrados (tempo de reação);
- Limpar a cuvette com papel absorvente;
- Colocar a cuvette no espectrofotómetro e ler o resultado.

4.4.6.2. Teste em cuvette LCK 303

O procedimento a adotar deve obedecer às instruções dos fabricantes, todos os passos a cumprir estão identificados na embalagem do teste.

- Retirar da embalagem uma cuvette e identificá-la;
- Retirar a etiqueta metálica que se encontra na tampa da cuvette;
- De seguida retirar a tampa, com cuidado, pois na parte superior encontra-se um reagente em pó;
- Homogeneizar a amostra a analisar, agitando o frasco e depois pipetar 0,2mL de amostra para a cuvette;
- Colocar a tampa com o reagente em pó voltado para baixo e agitar até que o pó esteja totalmente dissolvido;

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR63 continuação

- Deixar em repouso durante 15 minutos cronometrados (tempo de reação);
- Limpar a cuvette com papel absorvente;
- Colocar a cuvette no espectrofotómetro e ler o resultado.

4.4.6.3. Teste em cuvette LCK 304

O procedimento a adotar deve obedecer às instruções dos fabricantes, todos os passos a cumprir estão identificados na embalagem do teste.

- Retirar da embalagem uma cuvette e identificá-la;
- Retirar a etiqueta metálica que se encontra na tampa da cuvette;
- De seguida retirar a tampa, com cuidado, pois na parte superior encontra-se um reagente em pó;
- Homogeneizar a amostra a analisar, agitando o frasco e depois pipetar 5mL de amostra para a cuvette;
- Colocar a tampa com o reagente em pó voltado para baixo e agitar até que o pó esteja totalmente dissolvido;
- Deixar em repouso durante 15 minutos cronometrados (tempo de reação);
- Limpar a cuvette com papel absorvente;
- Colocar a cuvette no espectrofotómetro e ler o resultado.

4.4.6.4. Método Salicilato

- Introduzir no equipamento, o número do programa correspondente à análise ao Azoto Amoniacal (NH3-N), método Salicilato;
- Rodar o indicador do comprimento de onda até aparecer no ecrã o comprimento de onda solicitado (nm);
- Inserir o suporte da célula de 10 ml no interior do compartimento;
- Colocar 10 ml de água desionizada numa cuvette de 10 ml (branco);
- Colocar 10 ml de amostra numa segunda cuvette de 10 ml (amostra);
- Adicionar o conteúdo de uma das saquetas de reagente de Amónia Salicilato a cada uma das cuvetes. Tapar. Agitar para dissolver;
- Pressionar: SHIFT TIMER. Vai iniciar-se um período de reação de 3 minutos;
- Quando o temporizador emitir um sinal sonoro, adicionar o conteúdo de uma das saquetas de reagente de Amónia Cyanurato a cada uma das cuvetes. Tapar. Agitar para dissolver. NOTA: Se o azoto amoniacal estiver presente, irá desenvolver-se uma cor verde;
- Pressionar: SHIFT TIMER. Vai iniciar-se um período de reação de 15 minutos;
- Quando for emitido o sinal sonoro, colocar a cuvette "branco" no compartimento da célula. Fechar a tampa;
- Pressionar: ZERO;
- Colocar a cuvette "amostra" no compartimento da célula. Fechar a tampa;
- Pressionar: READ;
- O resultado do Azoto Amoniacal (NH3-N) surgirá em mg/l.

Determinação de Nitratos (NO₃-)



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Código ITR66

Data 21/12/2018

Assunto Determinação de Nitratos (NO₃-)

1. Objetivo

O presente documento tem como objetivo definir o procedimento para a determinação de Nitratos (NO₃-) nos Laboratórios de Processo da Águas do Norte, S.A.

2. Âmbito

Aplica-se a todas as análises de controlo operacional nos Laboratórios de Processo da Águas do Norte, S.A.

3. Definições/ Abreviaturas

AdN – Águas do Norte
DEX – Direção de Exploração
NO₃ – Nitratos
FDS – Fichas de dados de segurança

4. Modo de proceder

4.1. Responsável

A responsabilidade pelo cumprimento desta IT é dos técnicos dos Laboratórios de Processo da Águas do Norte, S.A.

4.2. Princípio do Método

Numa solução ácida (de ácido sulfúrico e fosfórico) os nitratos reagem com 2,6 dimetilfenol para formar o composto 4-nitro-2,6dimetilfenol que é determinado por espectrofotometria.

A intensidade da cor é proporcional à concentração de nitratos.

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR66 continuação

4.3. Interferências

As descritas nas fichas técnicas dos testes em cuvete fornecidas pelo fabricante, nomeadamente altas concentrações de substâncias orgânicas oxidáveis (CQO) que fazem com que o reagente mude de cor, obtendo-se assim resultados elevados. Por esta razão, o teste só pode ser usado na análise de águas residuais em que a CQO seja inferior a 200 mg/l (no caso do teste LCK 339) ou 500 mg/L (no caso do teste LCK 340).

Se necessário deve proceder-se à diluição da amostra.

4.4. Modo de Proceder

4.4.1. Reagentes

Teste em Cuvete LCK 339 (0,23-13,5 mg/L)

Teste em Cuvete LCK 340 (5-35 mg/L)

4.4.2. Equipamentos

Cronómetro

Espectrofotómetro

4.4.3. Materiais

Micropipeta 0,2-1 mL

Pontas de micropipeta

Suporte para tubos de ensaio

4.4.4. Determinação dos Nitratos (NO₃)

A determinação deste parâmetro é efetuada com recurso ao método fotométrico, sendo utilizados testes em cuvete.

O procedimento a adotar obedece às instruções do fabricante, que vêm apenas ao respetivo teste.

Nota: Se necessário, a amostra deve ser filtrada antes de iniciar a determinação.

Águas do Norte, S.A.

2/3

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR66 continuação

4.4.4.1. LCK 339 (0,23-13,5 mg/L) NO₃-N

- Pipetar lentamente 1,0 mL de amostra para a cuvete;
- Adicionar lentamente 0,2 mL da solução LCK 339 A;
- Fechar a cuvete e inverter várias vezes até dissolução completa;
- Após 15 minutos, limpar bem o exterior da cuvete e efetuar a medição no espectrofotómetro.

4.4.4.2. LCK 340 (5-35 mg/L) NO₃-N

- Pipetar lentamente 0,2 mL de amostra para a cuvete;
- Adicionar lentamente 1,0 mL da solução LCK 339 A;
- Fechar a cuvete e inverter várias vezes até dissolução completa;
- Após 15 minutos, limpar bem o exterior da cuvete e efetuar a medição no espectrofotómetro.

5. Referências

Fichas técnicas dos testes em cuvete fornecidas pelo fabricante

6. Documentos associados

Planos de Controlo Operacional
Plano de Verificação de Equipamentos
Software de Gestão Operacional

7. Segurança e Ambiente

Consultar as Fichas de Dados de Segurança disponíveis no Nosso AdN.

Além da consulta das FDS, o técnico deve garantir a leitura das regras de segurança constantes na embalagem/bula dos produtos utilizados.

Águas do Norte, S.A.

3/3

Determinação da Carência Química de Oxigénio



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Código ITR62 Data 21/12/2018

Assunto Determinação da Carência Química de Oxigénio

1. Objetivo

O presente documento tem como objetivo definir o procedimento para a determinação da Carência Química de Oxigénio (CQO).

2. Âmbito

Aplica-se a todas as análises de controlo operacional dos SAR e Laboratórios de Processo da Águas do Norte S.A.

3. Definições/ Abreviaturas

IT - Instrução de trabalho
 FDS - Fichas de dados de segurança
 DEX - Direção de exploração
 LP - laboratório de processo
 AdN - Águas do Norte
 SAR - Subsistema de Águas residuais
 CARÊNCIA QUÍMICA DE OXIGÉNIO mede o oxigénio equivalente à matéria orgânica que é oxidada por um oxidante forte, como o dicromato de potássio. Esta oxidação é catalisada pelo sulfato de mercúrio (II). Como a quantidade de matéria orgânica oxidável é proporcional ao dicromato de potássio consumido, ela pode ser facilmente estimada.
 SMEWW – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
 LCK - teste em cuvete

Águas do Norte, S.A.

1/4

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR62 continuação

4. Modo de proceder

4.1. Responsável

As tarefas constantes nesta IT podem ser efetuadas por técnicos superiores e técnicos de laboratório de processo da DEX.

O cumprimento, revisão e aprovação deste procedimento é da responsabilidade da Direção de Exploração.

4.2. Interferências

As descritas nas fichas técnicas dos testes em cuvete fornecidas pelo fabricante.

Método colorimétrico em refluxo fechado:

- Existência de compostos alifáticos de cadeia linear;
- Amostras contendo ião cloro superior a 2000 mg/L
- Nítritos em valores elevados

O método pode ser usado para amostras (ou amostras diluídas) com concentrações de cloro de até 1500 mg / l. Em casos excecionais, algumas águas residuais podem conter substâncias em que a capacidade de oxidação deste teste não é suficiente. Um grande excesso de CQO pode levar a resultados dentro da faixa de medição. É recomendado realizar uma verificação de plausibilidade fazendo diluições.

4.3. Modo de Proceder

4.3.1. Reagentes

Testes em cuvete:

- LCK 314 (15-150 mg/L)
- LCK 514 (100-2000 mg/L)
- LCK 614 (50-300 mg/L)
- LCK 1014 (100-2000 mg/L)
- LCK 1414 (5-60 mg/L)

4.3.2. Equipamentos

- Termo reator
- Espectrofotómetro
- Micro pipeta

Águas do Norte, S.A.

2/4

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR62 continuação

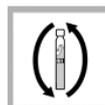
4.3.3. Materiais

- Água destilada
- Material de uso corrente
- Papel absorvente

4.3.4. Determinação do CQO

NOTA: Qualquer que seja a gama dos testes em cuvete (LCK) as operações são as mesmas.

Inverter a cuvete delicadamente para que o sedimento fique em suspensão;



Cuidadosamente pipetar 2.0 mL de amostra.



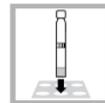
Feche e limpe a cuvete no exterior.



Com a cuvete bem fechada inverter;
Atenção: a cuvete vai ficar quente.



Colocar no termo reator. Pode-se optar:
- Programa clássico: por 2 horas a 148°C.
- Programa em Alta Temperatura: HT por 15 minutos.



Águas do Norte, S.A.

3/4

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR62 continuação

Remova a cuvete do termo reator, inverta cuidadosamente duas vezes;



Deixe arrefecer até à temperatura ambiente;



Limpe a cuvete e avalie; (Atenção: o sedimento deverá estar completamente dissolvido)



Inserir a cuvete no espectrofotómetro e faça a respetiva leitura.



5. Referências

Fichas técnicas dos testes em cuvete fornecidas pelo fabricante

6. Documentos associados

- Planos de Controlo Operacional
- Plano de Verificação de Equipamentos
- Software de Gestão Operacional

7. Segurança e Ambiente

Consultar as Fichas de Dados de Segurança disponíveis no Nosso AdN.
Além da consulta das FDS, o técnico deve garantir a leitura das regras de segurança constantes na embalagem/bula dos produtos utilizados.

Águas do Norte, S.A.

4/4

Determinação da Carência Bioquímica de Oxigénio 5 dias (CBO5)



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Código ITR64

Data 26/12/2018

Assunto Determinação da Carência Bioquímica de Oxigénio 5 dias (CBO5)

1. Objetivo

O presente documento tem como objetivo definir o procedimento para a determinação analítica de Carência Bioquímica de Oxigénio pelos métodos Oxitop e Bodtrak.

2. Âmbito

Aplica-se a todas as análises de controlo operacional dos SAA, SAR e Laboratórios de Processo da Águas do Norte, SA.

3. Definições/ Abreviaturas

AdN – Águas do Norte, SA

CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias. Medição da quantidade de oxigénio utilizado pela amostra, durante um período de incubação de 5 dias. O oxigénio consumido é utilizado para a degradação bioquímica da matéria orgânica mas também para a oxidação de compostos orgânicos (ex: azoto) e inorgânicos (ex sulfuretos e ferro (II)), a não ser, que estes processos sejam impedidos pela adição de substâncias químicas inibidoras. A oxidação de algumas formas de azoto (amónia e óxidos de azoto) constitui uma forte interferência na determinação da CBO₅. Numerosos fatores como a existência de sólidos em suspensão ou a falta de agitação podem afetar a precisão e exatidão da determinação de CBO₅.

CQO – Carência Química de Oxigénio

DEX – Direção de Exploração

LP – Laboratório de Processo

SAA – Subsistema de Abastecimento de Água

SAR - Subsistema de Águas Residuais

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR64 continuação

4. Modo de proceder

4.1. Responsável

As tarefas constantes nesta IT podem ser efetuadas por técnicos de Laboratório de Processo da DEX.

O cumprimento, revisão e aprovação deste procedimento é da responsabilidade da Direção de Exploração.

4.2. Princípio do Método

A carência bioquímica de oxigénio é definida como a quantidade de oxigénio utilizada pelos microrganismos na degradação bioquímica da matéria orgânica, assim sendo o método consiste na colocação de um volume específico de amostra numa garrafa estanque à entrada de ar, incubada a uma temperatura de 20°C durante cinco dias.

4.3. Interferências

- Intervalo de tempo entre a colheita e análise;
- Temperatura de conservação, ambiente e incubação;
- Tipo de amostra (pontual ou composta);
- Validade do inibidor de nitrificação;
- Agitação constante da amostra.

4.4. Modo de Proceder

4.4.1. Preservação da Amostra

De forma a minimizar uma redução da CBO devem-se analisar prontamente as amostras, preferencialmente nas 2 horas após a colheita.

Caso não seja possível, estas devem ser refrigeradas a 4°C. Após refrigeração das amostras, estas devem ser colocadas à temperatura ambiente (20±3°C) antes da análise. Juntamente com os resultados deve-se referenciar se foi necessária a refrigeração, a temperatura e intervalo de tempo em que decorreu e os motivos, por exemplo, a distância entre a instalação e o laboratório.

Uma vez que as amostras são recolhidas para este efeito, deve-se fazer um esforço para que as mesmas sejam entregues no laboratório de forma a garantir que a análise seja realizada, no máximo, 6 horas após a colheita.

No caso das amostras compostas, deve ser garantida a refrigeração a 4°C durante a recolha automática /manual. O período da amostra composta deve ser limitado a 24 horas.

Águas do Norte, S.A.

2/7

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR64 continuação

4.4.2. Reagentes

- Pastilhas de hidróxido de sódio (NaOH) – Método Oxitop;
- Pastilhas de hidróxido de potássio (KOH) – Método Bodtrak;
- Inibidor de Nitrificação (C4H8N2S);
- Solução de KOH – BOD Direct Plus;
- BOD nutriente Buffer Pillows.

4.4.2.1. Preparação de inibidor de nitrificação – Método Oxitop

Pesar aproximadamente 0,25g de N-allylthiureia (C4H8N2S) e dissolver em água destilada até completar o volume de 50 mL.

Guardar no frigorífico.

4.4.2.2. Preparação de solução BOD Nutrient – Método BODTrack

Dissolver uma almofada de nutriente em 3 Litros de água destilada.

Guardar no frigorífico.

4.4.3. Equipamentos

- Incubadora (regulável a 20 ± 1°C);
- Placa de determinação de CBOs BODTRAK II, quando aplicável;
- Oxitop, quando aplicável;
- Placa CBOs BOD Direct Plus, quando aplicável.

4.4.4. Materiais

- Garrafas de vidro âmbar para Oxitop/BODTRAK;
- Góndes de borracha;
- Magnetos;
- Balões volumétricos tarados;
- Material de uso corrente de laboratório.

4.4.5. Descrição Geral do Método Analítico

4.4.5.1. Método Manométrico

- Lavar as garrafas com detergente, enxaguar bem passar por água destilada e secar antes de usar;
- Identificar as garrafas para cada amostra;
- Homogeneizar muito bem a amostra;

Águas do Norte, S.A.

3/7

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR64 continuação

- Passar o frasco pela respetiva amostra;
- O volume de amostra que se deve utilizar é retirado da tabela I. A estimativa para o valor do CBO₅ faz-se baseada no valor de CQO. Pode-se considerar que CBO₅ ~ 80% CQO. Medir para o frasco de vidro âmbar o volume exato de amostra correspondente à CBO₅ esperada.
- Colocar o inibidor de nitrificação, o número de gotas a utilizar pode ser consultado na tabela I.

Tabela I - Gama de CBO₅

Intervalo de CBO ₅ mg/l	Volume de amostra (ml)	Gotas de Inibidor (Nalxythurea)
0 - 40	428	10
0 - 80	360	10
0 - 200	244	5
0 - 400	157	5
0 - 800	94	3
0 - 2000	36	3
0 - 4000	21,7	1

- Colocar um agitador magnético no frasco;
- Colocar o godé de borracha;
- Colocar uma a duas pastilhas de Hidróxido de Sódio na cápsula com a ajuda de uma pinça (ATENÇÃO: as pastilhas de NaOH não podem entrar em contacto com a amostra);
- Enrosçar a cabeça de leitura diretamente no frasco;
- Colocar as garrafas estanques na placa de agitação acoplada com a placa de leitura, que se encontra dentro da incubadora a 20°C;
- Pressionar a tecla "START";
- Selecionar o volume escolhido no Display com as teclas "+", " - ";
- Pressionar a tecla "ENTER";
- Quando aparecer, no display, "D00E", o aparelho está pronto para começar a contagem;
- Ao fim de cinco dias de incubação premir a tecla "READ", seguida da tecla "ENTER" e fazer a leitura dia a dia da CBO₅;
- Registrar os resultados.

4.4.5.2. Método Oxitops

A estimativa para o valor do CBO₅ faz-se baseada no valor de CQO. Pode-se considerar que CBO₅ ~ 80% CQO.

Com base neste resultado podemos selecionar a gama de medida, mediante as possibilidades apresentadas na tabela II. Caso a gama de medida prevista seja superior a 2000 mg/l é necessário efetuar a diluição da amostra.

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR64 continuação

Tabela 2 - Gama de CBO₅

Gama de medida (mg/L)	Volume de amostra (ml)	Gotas de Nalxythurea	Fator
0 - 40	432	9	1
0 - 80	365	7	2
0 - 200	250	5	5
0 - 400	164	4	10
0 - 800	97	2	20
0 - 2000	43,5	1	50
0 - 4000	22,7	0,5	100

- Lavar as garrafas com detergente, enxaguar bem e secar antes de usar;
- Identificar as garrafas para cada amostra;
- Ajustar o pH na gama de 6,5 a 7,5 com as soluções diluídas de HCl ou NaOH conforme o caso;
- Homogeneizar muito bem a amostra; passar o frasco pela respetiva amostra;
- Medir o volume de amostra, selecionado com base na gama de medida prevista;
- Introduzir o magneto no frasco;
- Adicionar o inibidor de nitrificação, de acordo com o volume estabelecido na tabela II (aproximadamente 1 gota por cada 50 ml);
- Inserir o godé de borracha com duas pastilhas de NaOH (ATENÇÃO: As pastilhas de NaOH não podem entrar em contacto com a amostra);
- Apertar a cabeça do OxiTop de modo estanque;
- Pressionar simultaneamente os botões S e M, localizados na cabeça do OxiTop, até aparecer no display 00; colocar o conjunto garrafa e OxiTop na incubadora a 20°C, durante 5 dias;
- Para visualizar as leituras diárias pressionar M.
- Ao fim de 5 dias, registar as leituras, que aparecerem no display após premir a tecla S; converter o valor do display em valor de CBO₅, segundo a equação:
 - CBO₅ = Valor do display no 5º dia x fator (Tabela I)
 - No caso de ser necessário diluir a amostra:
 - CBO₅ = Valor do display no 5º dia x fator (Tabela I) x fator de diluição
- Registrar o valor de CBO₅.

4.4.5.3. Método BODTRAK

- Lavar as garrafas com detergente, enxaguar bem e secar antes de usar;
- Identificar as garrafas para cada amostra e inserir um agitador magnético por garrafa;
- A estimativa para o valor do CBO₅ faz-se baseada no valor de CQO. Pode-se considerar que CBO₅ ~ 80% CQO. Com base neste resultado podemos selecionar a gama de medida, mediante as possibilidades apresentadas na tabela 3.

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR64 continuação

Tabela 3 - Volumes de amostra para o método standard da Hach

Gama de medida (mg/L)	Volume de amostra (mL)	Volume Final (mL)	Gotas de antinitrificante	Fator
0 - 35	370	420	8	1.14
0 - 70	305	355	7	1.16
0 - 350	110	160	2	1.45
0 - 700	45	95	2	2.11

- Medir, para o frasco BODTrak II, o volume da amostra correspondente à CBO₅ esperada (ver tabela anterior);
- Adicionar 50 mL de BOD nutriente Buffer diluído (1:3L);
- Por cada 50 mL de volume final, adicionar 1 gota de anti nitrificante (tabela III);
- Colocar o dedo de borracha e com o auxílio de uma pinça inserir 2 pastilhas de hidróxido de potássio (KOH);
- Colocar a garrafa no aparelho BODTrak II, que se encontra na incubadora, e conectar o cabo correspondente à posição selecionada (1 a 6);
- Certificar que o agitador está em rotação;
- Através das teclas de seleção de canais, pressionar a localização da garrafa;
- Pressionar o botão OFF seguido do botão ON e com as teclas < ou > selecionar a gama de BOD (mg/L) previamente determinada;
- Manter pressionado o botão ON para iniciar a reação de modo a que apareça no Display o gráfico da evolução da CBO₅. Ao lado do número do canal selecionado deve aparecer a inscrição DELAY.
- Após 5 dias, no canto superior esquerdo aparece a inscrição END. Registrar o valor da concentração (mg/L) que está no canto inferior direito do ecrã e multiplicar pelo fator de diluição correspondente à gama determinada.
- Registrar o valor de CBO₅.

4.4.5.4. CBO₅ BOD Direct Plus

- Lavar as garrafas com detergente, enxaguar bem e secar antes de usar;
- Identificar as garrafas para cada amostra e inserir um agitador magnético por garrafa;
- A estimativa para o valor do CBO₅ faz-se baseada no valor de CQO. Pode-se considerar que CBO₅ ~ 80% CQO. Com base neste resultado podemos selecionar a gama de medida, mediante as possibilidades apresentadas na tabela 4.

Tabela 4 – Gama de CBO₅

Intervalo de CBO ₅ (mg/L)	Volume de amostra (ml)	Gotas de Inibidor (Nalidixicas)
0 - 40	428	10
0 - 80	360	10
0 - 200	244	5
0 - 400	157	5
0 - 800	94	3
0 - 2000	56	3
0 - 4000	21.7	1

Águas do Norte, SA

6/7

INSTRUÇÃO DE TRABALHO ITR64 continuação

- Se necessário, pré-tratar a amostra por exemplo para ajustar o valor do pH;
- Medir o volume da amostra com precisão com o balão volumétrico e deitar na garrafa;
- Adicionar o inibidor de nitrificação usando a dose indicada na tabela;
- Colocar a barra de agitação magnética na garrafa BOD;
- Encher a tampa de vedação com 3 gotas de solução de KOH e coloque-a no frasco de teste;
- Colocar os sensores BOD nos frascos de teste e pôr no suporte de garrafas;
- Iniciar o teste conforme instruções;
- Incubar a amostra de acordo com as especificações (BOD5 a 20 ° C);
- Registrar o valor de CBO₅.

5. Referências

Incubação e método do eletrodo com membrana.
Manual dos Oxitop's – Sistema de medição de CBO manométrico
Manual dos BODTRAK

6. Documentos associados

Planos de Controlo Operacional
Plano de Verificação de Equipamentos Portáteis
Software de Gestão Operacional

7. Segurança e Ambiente

Consultar as Fichas de Dados de Segurança disponíveis no Nosso AdN.
Além da consulta das FDS, o técnico deve garantir a leitura das regras de segurança constantes na embalagem/bula dos produtos utilizados.

Anexo 2- Folha de registo para a análise da microfauna



ETAR do Serzedo
Análise de Microfauna

2022

ETAR:		Data																							
Mês:	Espécies	Qtd.	Obs.																						
	Flagelados																								
	Pequenos Flagelados																								
	Grandes Flagelados																								
	Ciliados Nadadores																								
	Colpidium																								
	Paramecium caudatum																								
	Tetrahymena																								
	Spirostomum																								
	Uronema																								
	Ciliados Móveis de Fundo																								
	Chilodonea																								
	Acineta																								
	Aspidisca																								
	Euplates																								
	Drepanomonas																								
	Ciliados Sésseis																								
	Vorticella convallaria																								
	Vaginicola																								
	Cardesium																								
	Vorticella microstoma																								
	Epistylis																								
	Opercularia																								
	Zoothamnium																								
	Vorticella aquadulcis																								
	Amibas com Teca																								
	Arcella																								
	Ciliados Carnívoros																								
	Coleps hirtus																								
	Litonotus																								
	Suctorias																								
	Acineta																								
	Podophrya																								
	Takophrya																								
	Discophrya																								
	Metazoários																								
	Ratíferos																								
	Nematóides																								

P - Poucos [0-10]

A - Alguns [11-30]

M - Muitos >30

Anexo 3- Folhas de registo para as análises físico-químicas



Descrição		Registo de Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Suspensos Voláteis - ETAR de Serzedo											
Código		Período 0						Dia					
Águas residualizadas	Diá												
	vol. de amostra (mL)												
	P1 (g)												
	P2 (g)												
	P2-P1 (g)												
Valado Oxidação	SST (m.g/L)												
	P2 (g)												
	P2 (g)												
	P2-P2 (g)												
	SSV (m.g/L)												
Lamas residualizadas	Linha	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	ml. de amostra (mL)												
	P1 (g)												
	P2 (g)												
	P2-P1 (g)												
	SST (m.g/L)												
	P2 (g)												
	P2 (g)												
	P2-P2 (g)												
	SSV (m.g/L)												
Efluente final	Linha	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	ml. de amostra (mL)												
	P1 (g)												
	P2 (g)												
	P2-P1 (g)												
SST (m.g/L)													
P2 (g)													
P2 (g)													
P2-P2 (g)													
SSV (m.g/L)													

Obs



IMPRESSO

Designação **Registo mensal - ETAR de Serzedo**

Código Revisão 0 Data

Data	Água Residual Bruta					Efluente Final						
	Desig. da Amostra	CQO (mg/L)	P.Total (mg/L)	N-Total (mg/L)	N-NH4+ (mg/L)	N-NO3- (mg/L)	Desig. da Amostra	CQO (mg/L)	P.Total (mg/L)	N-Total (mg/L)	N-NH4+ (mg/L)	N-NO3- (mg/L)

OBS:



IMPRESSO

Designação **Registo de CBO₅ - ETAR de Serzedo**

Código Revisão 0 Data

Data	Água Residual Bruta			Efluente Final		
	Desig. da Amostra	Vol. Amostra (mL)	Diluições CBO ₅	Desig. da Amostra	Vol. Amostra (mL)	Diluições CBO ₅

Obs: