



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Arranque e Exploração de ETAR

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Território e Gestão do Ambiente

Autor

Vanessa Raquel Ferreira Ascensão

Orientadores

Pedro Manuel Pinheiro Veloso Lopes Tavares

António Manuel Abreu Freire Diogo

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correcções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada.

Colaboração Institucional



Coimbra, Julho, 2014

AGRADECIMENTOS

Dedico estas breves linhas a todos aqueles que acreditaram em mim e me apoiaram ao longo deste percurso académico, em especial nesta fase derradeira.

Em primeiro lugar, e de maior relevância, aos meus orientadores: Professor Pedro Tavares pela disponibilidade que desde logo demonstrou em orientar este estudo, pelo apoio, incentivo, conselhos e esclarecimentos essenciais a que estes meses de trabalho fossem conduzidos da melhor forma possível, e ao Professor António Diogo pelos sábios conselhos e dicas que permitiram aperfeiçoar o meu trabalho.

Ao Centro Tecnológico de Gestão Ambiental (CTGA), muito em especial ao Dr. Ezequiel China, por permitir o estudo e acompanhamento de uma situação real e pela disponibilidade que demonstrou. Aos colaboradores do CTGA que prontamente me auxiliaram, especialmente à Eng^a Cristina Costa, ao Tiago Esteves, ao Márcio Esteves e aos operadores da ETAR de Liceia pelo à-vontade com que me receberam no seu local de trabalho e pelos ajudas/esclarecimentos prestados.

À minha família que depositou em mim a confiança necessária a que nunca desistisse dos objectivos a que me propus, incentivando-me a lutar pelos meus sonhos.

Aos meus amigos e colegas pelas palavras de incentivo, por me terem apoiado sempre e por proporcionarem um ambiente descontraído essencial a que as condições emocionais neste árduo período fossem as melhores.

Finalmente mas não menos importante, ao João, pelo carinho e segurança que me transmitiu, ajudando-me a desmistificar situações difíceis e a superar os desafios que foram surgindo.

Porque nada disto seria possível sem o vosso apoio, o mais sincero Obrigado!

RESUMO

A preservação da qualidade do meio ambiente leva a que os sistemas de tratamento de águas residuais tenham um papel cada vez mais determinante nas sociedades contemporâneas. O objectivo fundamental a alcançar nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) é o de tratar as águas residuais comunitárias a níveis tais que cumpram as normas de descarga aplicáveis a cada meio receptor final ou que permitam a sua reutilização para múltiplos fins, com utilizações que sejam compatíveis com o grau de tratamento efectuado.

A exploração e operação de uma ETAR envolvem um importante enquadramento legal e requerem um conjunto de procedimentos de controlo operacional e uma gestão necessariamente adequada dos vários processos envolvidos. A fase de arranque assume uma especial importância no contexto da exploração, na medida em que se torna indispensável verificar a eficiência de cada equipamento e outras características da obra, sendo por vezes necessário reavaliar algumas opções tomadas em fases anteriores do projecto, face a especificidades ou particularidades locais encontradas.

Tendo por base um estudo de caso, o presente trabalho tem por objectivo efectuar uma análise ao processo de tratamento de uma ETAR, apresentar uma apreciação do funcionamento dos diferentes órgãos e um estudo dos procedimentos correntes de operação e manutenção. A ETAR objecto do estudo, pertencente ao município de Montemor-o-Velho, opera com tratamento por lamas activadas, na variante de reactores biológicos descontínuos sequenciais, conhecidos como SBR (Sequencing Batch Reactor). Os problemas operacionais são identificados e definem-se as acções a desenvolver para os evitar ou eliminar.

Este estudo permitiu concluir que o SBR é um tipo de tratamento com inúmeras vantagens e grande potencial para obtenção de boas eficiências.

Palavras-chave: ETAR, SBR, fase de arranque, problemas operacionais.

ABSTRACT

Preserving the quality of the environment results in wastewater treatment systems having an increasingly important role in contemporary societies. The fundamental objective of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) is to treat community wastewater in a way that meets the discharge standards applicable to the receiving environment, enabling it to be reused for multiple purposes, compatible with the degree of treatment carried out.

The exploration and operation of a wastewater treatment plant involves an important legal framework and requires a set of operational control procedures and proper management of the various processes involved. The start-up is of particular importance in the context of exploitation, to the extent that it becomes essential to check the efficiency of each piece of equipment and other characteristics of the work. It is sometimes necessary to reevaluate some choices made in earlier phases of the project, given the specificities or local particularities found.

Based on a case study, this paper aims to conduct a review of the treatment of a WWTP process, submit an assessment of the functioning of different organs and a study of current operating procedures and maintenance. The plant surveyed, belonging to the municipality of Montemor-o-Velho, operates with activated sludge treatment, type Sequencing Batch Reactors, known as SBR. Operational problems are identified and actions to prevent or eliminate them are suggested/outlined.

This study concluded that the SBR is a type of treatment with many advantages and great potential for achieving good efficiencies.

Keywords: WWTP, SBR, start-up, operating problems

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objectivos	2
1.3	Estrutura da Dissertação	2
2	FUNDAMENTOS DOS SISTEMAS DE LAMAS ACTIVADAS	4
2.1	Tratamento de Águas Residuais Municipais	4
2.2	Sistemas de Lamas Activadas	5
2.3	Sistemas de Fluxo Contínuo	8
2.4	Sistemas de Fluxo Descontínuo	11
3	CARACTERIZAÇÃO DOS SBR	13
3.1	Considerações Gerais.....	13
3.2	Descrição do Processo SBR.....	15
3.3	Tipos de Sistemas SBR.....	17
3.4	Vantagens e Desvantagens dos SBR	18
4	CARACTERIZAÇÃO DA ETAR DE LICEIA	20
4.1	Considerações Gerais.....	20
4.2	Descrição do Processo de Tratamento	23
4.2.1	Tratamento da fase líquida	23
4.2.2	Tratamento da Fase Sólida	29
4.3	Operação e Manutenção.....	32
5	PRÉ-ARRANQUE, ARRANQUE E EXPLORAÇÃO DA ETAR DE LICEIA	38
5.1	Etapas do Acompanhamento da ETAR	38
5.2	Ocorrências e Medidas Correctivas	39
5.3	Controlo Analítico	44
5.4	Controlo Processual e Operacional.....	51
6	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	59
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
	ANEXO A – Planta de Implantação Geral da ETAR de Liceia.....	65
	ANEXO B – Diagrama de Funcionamento Processual da ETAR de Liceia.....	66
	ANEXO C – Folha de Obra da ETAR de Liceia.....	67
	ANEXO D – Registo de ocorrências	74
	ANEXO E – OD e Redox medidos no SBR.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Esquema representativo de um sistema de lamas activadas.....	6
Figura 2.2 – Esquema representativo de um sistema em cascata.	9
Figura 2.3 – Esquema representativo de um sistema de valas de oxidação	10
Figura 2.4 – Esquema representativo do reactor ICEAS TM	12
Figura 2.5 – Esquema representativo do reactor CASS TM	12
Figura 3.1 – Representação do ciclo de funcionamento de um SBR.	16
Figura 4.1 – Local de implantação da ETAR de Liceia	20
Figura 4.2 – Esquema simplificado do processo de tratamento da ETAR de Liceia.	22
Figura 4.3 – Tamisador rotativo e canal by-pass.....	23
Figura 4.4 – Vista exterior da unidade combinada de desarenamento e desengorduramento..	23
Figura 4.5 – Vista exterior do tanque de equalização.....	24
Figura 4.6 – SBR em operação com (a) e sem (b) arejamento activo.	25
Figura 4.7 – Equipamentos de microfiltração (a) e desinfecção por UV (b).....	27
Figura 4.8 – Canal Parshall.	28
Figura 4.9 – Vista superior do tanque de armazenamento de efluentes provenientes de fossas sépticas e reservatório de água de serviço.	29
Figura 4.10 – Espessador gravítico.....	30
Figura 4.11 – Sala de desidratação de lamas.	31
Figura 4.12 – Silo de armazenamento de lamas.	31
Figura 4.13 – Interface do <i>software</i> de monitorização com o sinóptico da planta da ETAR de Liceia.	32
Figura 4.14 – Procedimento do ensaio de sedimentabilidade.	37
Figura 5.1 – Variação do CBO ₅ , CQO e SST no afluente ao longo dos meses em estudo.	46
Figura 5.2 – Variação do valor do pH no afluente e efluente.....	47
Figura 5.3 – Variação do valor de pH do afluente bruto, efluente tratado e SBR	49
Figura 5.4 – Variação da turvação do efluente tratado ao longo dos meses em estudo.	49
Figura 5.5 – Histórico da eficiência de remoção de CBO ₅	50
Figura 5.6 – Histórico da eficiência de remoção de CQO.....	51
Figura 5.7 – Histórico da eficiência de remoção de SST.	51
Figura 5.8 – Caudal médio afluente	52
Figura 5.9 – Histórico da relação CQO/CBO ₅	55
Figura 5.10 – Valores médios mensais de MLSS e IVL ao longo dos meses em estudo.....	56

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Percentagem de remoção de alguns parâmetros de qualidade do efluente, obtidos em 19 ETAR com reactores do tipo SBR.....	14
Quadro 4.1 – Dados relativos ao afluente à ETAR estimados em sede de Projecto	21
Quadro 4.2 – Condições de operação do SBR (situação de Projecto).....	26
Quadro 4.3 – Rotinas de operação da ETAR.....	34
Quadro 4.4 – Requisitos para a descarga do efluente tratado.....	36
Quadro 5.1 – Registo de ocorrências inerentes ao SBR 1.	39
Quadro 5.2 – Duração das fases no SBR 1.....	43
Quadro 5.3 – Parâmetros de Controlo Analítico ao longo dos meses em análise.	48
Quadro 5.4 – Parâmetros de Controlo Operacional ao longo dos meses em análise.	53
Quadro 5.5 – Parâmetros de Projecto.	54

ACRÓNIMOS E SIGLAS

ATP – Adenosina trifosfato

CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigénio (20°C, 5 dias)

CSTR – Continuous Stirred Tank Reactor

CTGA – Centro Tecnológico de Gestão Ambiental

CQO – Carência Química de Oxigénio

(US)EPA – (United States) Environmental Protection Agency

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

IVL – Índice Volumétrico de Lamas

LQ – Limite de Quantificação

MLSS – Mixed-Liquor Suspended Solids

N_t – Azoto total

NTU – Nephelometric Turbidity Unit

OD – Oxigénio dissolvido

Redox – Potencial Oxidação-Redução

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

P_t – Fósforo total

PEAASAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

PFR – Plug-flow Reactor

SBR – Sequencing Batch Reactor

SRT – Sludge Retention Time

SST – Sólidos Suspensos Totais

UFC – Unidades Formadoras de Colónias

VLE – Valor Limite de Emissão

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A Assembleia Geral das Nações Unidas reconheceu o direito humano à água e ao saneamento como essencial ao desfrute da vida e dos restantes direitos humanos. Tratando-se a água de um recurso natural vital para as necessidades básicas do ser humano e, tendo em conta o crescimento da população, com conseqüente consumo exagerado e poluição da água, o planeamento, gestão e conservação deste recurso torna-se essencial. Dada a sua importância aos níveis social, ambiental e económico, a sua sustentabilidade deve ser assegurada.

Todos os aglomerados urbanos são produtores de águas residuais, que não são mais do que águas que contêm resíduos provenientes de habitações, instituições, estabelecimentos industriais e comerciais, a que por vezes se juntam águas pluviais. A não existência de tratamento destes efluentes pode ter como conseqüência problemas ambientais, com o desenvolvimento de condições de septicidade através da decomposição da matéria orgânica, causando inconvenientes para a população em geral, em particular pelo aparecimento de maus cheiros. Por outro lado, as águas residuais não tratadas contêm microrganismos patogénicos próprios do intestino humano. Estas águas também contêm nutrientes que podem estimular o crescimento de plantas aquáticas podendo ainda conter componentes tóxicos ou outros (mutagénicos ou carcinogénicos) (Metcalf & Eddy, 2003).

Dadas estas características, é de todo importante efectuar um adequado tratamento das águas residuais. Com o objectivo de proteger a saúde pública, tendo em conta aspectos ambientais, sociais e económicos, tem sido criada legislação que foi evoluindo ao longo dos anos neste sentido. Em Portugal, o tratamento de águas residuais está regulamentado fundamentalmente pelos Decretos-Lei nº236/98, de 1 de Agosto e nº 152/97, de 19 de Junho, e a sua posterior revisão pelo Decreto-Lei nº149/2004, de 22 de Junho.

É estratégia do PEAASAR II (2007-2013) “qualificar as nossas infra-estruturas ambientais e a respectiva gestão, de forma a alcançar níveis de atendimento e padrões de serviço próprios dos países desenvolvidos, designadamente em domínios como (...) o saneamento de águas residuais”. Neste sentido pretende-se evoluir para uma situação em que praticamente toda a população nacional (90%) disponha de serviços de saneamento e que estes sejam de

qualidade. Para isso é importante o estudo dos processos de tratamento com vista à sua optimização, de forma a obter um efluente final respeitante dos normativos de qualidade ambiental ou capaz de ser reutilizado para rega de espaços verdes, para lavagens, preparação de reagentes ou como água de serviço (PEAASAR II, 2007). Neste contexto e tendo em consideração a frequente limitação de recursos disponíveis, a correcta exploração e eficiência dos processos de tratamento assume uma importância fundamental.

O trabalho realizado diz respeito ao acompanhamento do arranque de uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR) cujo processo de tratamento se desenvolve em reactores biológicos descontínuos sequenciais, frequentemente designados por SBR, Sequencing Batch Reactor na terminologia anglo-saxónica. É estudada, detalhadamente, nesta dissertação, uma ETAR do distrito de Coimbra, com esta tecnologia, estudo efectuado com a colaboração institucional do Centro Tecnológico de Gestão Ambiental (CTGA) que tem a cargo a sua exploração, manutenção e conservação. Dada a escassez de estudos relativos ao arranque e exploração de Estações de Tratamento de Águas Residuais que utilizem um tratamento de lamas activadas na variante SBR, e dada a proliferação, nos últimos anos, destas ETAR, tem toda a relevância que se proceda a um estudo deste tipo.

1.2 Objectivos

O objectivo desta dissertação é o de identificar problemas ou situações que possam ser sujeitas a melhoria, e apresentar as respectivas soluções no que diz respeito aos períodos geralmente críticos de pré-arranque e arranque de uma ETAR. Serão também analisados alguns parâmetros de qualidade ambiental por forma a avaliar a eficiência do desempenho do processo de tratamento.

Para o efeito será utilizada como estudo de caso a ETAR de Liceia, localizada no concelho de Montemor-o-Velho, que entrou recentemente em funcionamento e que serve um conjunto de pequenos aglomerados nas suas imediações, com uma população equivalente de 4090 habitantes, no horizonte de projecto.

1.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está estruturada em 6 capítulos. Após esta *Introdução* (Capítulo 1) apresenta-se, no Capítulo 2 (*Fundamentos dos Sistemas de Lamas Activadas*), um enquadramento geral relativamente aos sistemas de lamas activadas, fazendo uma revisão de conceitos importantes e do estado da arte na área científica aqui explorada. O terceiro capítulo

(*Caracterização dos SBR*) diz respeito à descrição da tecnologia SBR, aos tipos de sistemas e às particularidades desta variante de tratamento de águas residuais. No Capítulo 4 (*Caracterização da ETAR de Linceia*) é apresentada a ETAR de Linceia e é descrito o seu processo de tratamento. O quinto capítulo (*Pré-Arranque, Arranque e Exploração da ETAR de Linceia*) refere-se ao pré-arranque e arranque da ETAR em estudo, onde são avaliados todos os elementos importantes no desempenho da ETAR. No último capítulo (*Conclusões e Perspectivas Futuras*) apresentam-se as conclusões e as perspectivas futuras.

2 FUNDAMENTOS DOS SISTEMAS DE LAMAS ACTIVADAS

2.1 Tratamento de Águas Residuais Municipais

Nas últimas décadas, a implementação de normas para o controlo da poluição dos recursos hídricos tem seguido uma lógica de salvaguarda da saúde pública de modo a que se produza um efluente tratado com características próprias para a sua reutilização em diversos fins. Nesse sentido, o número de estações de tratamento de águas residuais conheceu um elevado crescimento, sendo que, em 2011, o número ETAR registado em Portugal era de 2458 (ERSAR, 2012).

A principal legislação que regula o tratamento e descarga das águas residuais em Portugal é a seguinte:

- Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de Junho, que diz respeito à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio aquático, com o objectivo de proteger as águas superficiais dos efeitos destas descargas. Este diploma define as metas temporais e os níveis de tratamento a que devem obedecer os sistemas de drenagem pública que efectuem descargas nos vários meios aquáticos. São ainda identificadas as zonas sensíveis e zonas menos sensíveis.
- Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto, que tem como objectivo a preservação e a melhoria da qualidade das águas para que o seu consumo não ponha em causa a saúde pública. Nesse sentido, este diploma define os requisitos a observar nas águas para consumo humano, para suporte da vida aquícola, águas balneares e águas de rega. São ainda definidas as normas de descarga das águas residuais no solo.
- Decreto-Lei nº 149/2004, de 22 de Junho, com o objectivo de proporcionar uma correcta orientação para a selecção do tipo de tratamento a instalar, em virtude da consciência da necessidade do combate à eutrofização e da inclusão de um tratamento mais avançado que o secundário. Inclui na lista de identificação das zonas sensíveis os critérios que, para cada zona, determinaram a respectiva identificação.

O tratamento de águas residuais processa-se segundo diferentes níveis: preliminar, primário, secundário, terciário e tratamento avançado, que se descrevem/definem sumariamente, de acordo com Metcalf & Eddy (2003):

- Tratamento Preliminar – remoção de alguns constituintes das águas residuais como grandes objectos, trapos, paus, areias e gorduras, que poderiam prejudicar os órgãos da estação de tratamento a jusante;
- Tratamento Primário – remoção de uma percentagem dos sólidos suspensos e da matéria orgânica. Pode ainda ser considerada uma fase de tratamento primário avançado em que se recorre à filtração ou adição de químicos;
- Tratamento Secundário – remoção de matéria orgânica biodegradável, em solução ou em suspensão, e de sólidos suspensos. Também pode haver lugar à remoção de nutrientes como azoto e/ou fósforo.
- Tratamento Terciário – remoção de alguns sólidos em suspensão ainda presentes após o tratamento secundário, normalmente por filtração e desinfecção;
- Tratamento Avançado – remoção de materiais dissolvidos e em suspensão quando necessária uma elevada qualidade da água residual tratada para algumas aplicações de reutilização.

O tratamento secundário processa-se por via química ou, mais frequentemente, por via biológica, aeróbia ou anaeróbia. Os sistemas biológicos aeróbios podem ser baseados em processos de biomassa suspensa (lamas activadas e lagoas arejadas) ou em processos de biomassa fixa (leitos percoladores e discos biológicos, por exemplo). Neste tipo de sistemas ocorrem reacções catabólicas em que há produção de energia através da oxidação da matéria orgânica em dióxido de carbono, água e ATP (Adenosina Trifosfato) (Inocêncio, 2012).

O tratamento biológico por lamas activadas é, actualmente, um dos mais utilizados no tratamento de efluentes residuais ou industriais, contaminados por carga orgânica e produtos azotados. Em termos comparativos, trata-se de um tratamento com baixo custo de investimento e que apresenta frequentemente uma elevada eficiência (Melchior *et al.*, 2003).

2.2 Sistemas de Lamas Activadas

Os sistemas de lamas activadas surgiram em Inglaterra e nos EUA, no início do século XX, com simples experiências em que se introduzia ar em bacias que continham águas residuais, na expectativa de que o oxigénio introduzido provocasse a oxidação dos contaminantes. Estas experiências falhavam frequentemente uma vez que as bacias não tinham uma concentração adequada de organismos em suspensão (Wilderer *et al.*, 2001).

Ardern e Lockett realizaram trabalhos com garrafas contendo água residual de Manchester que foi arejada até se completar a nitrificação. Procederam à decantação do sobrenadante clarificado e adicionaram mais água residual que arejou em contacto com a biomassa depositada no processo anterior. Repetindo o processo muitas vezes aperceberam-se que com o aumento de material depositado, o tempo necessário à nitrificação diminuía (Wilderer *et al.*, 2001). Em 1914, Ardern e Lockett designaram por “lamas activadas” o material sedimentado contendo microrganismos.

No final do século XIX e início do século XX, os processos físico-químicos (sedimentação, tratamento químico, diluição) eram os mais populares, no entanto não ofereciam um efluente de elevada qualidade. O processo de lamas activadas apareceu como promissor uma vez que era capaz de produzir um efluente de alta qualidade, claro, límpido e sem odor (Mesquita, 2006). Trata-se de um processo biológico de massa suspensa em que os microrganismos se desenvolvem removendo os compostos orgânicos dissolvidos, produzindo um efluente com uma baixa concentração de sólidos suspensos e cuja concentração dos restantes parâmetros permite regularmente cumprir as normas de descarga em meio receptor (Inocêncio, 2012).

O processo de tratamento por lamas activadas é constituído por três componentes básicos: um reactor em que os microrganismos responsáveis pelo tratamento são mantidos em suspensão e onde existe arejamento, um tanque de sedimentação (decantador) em que se dá a separação sólido-líquido e um sistema de recirculação das lamas do decantador secundário de volta para o reactor. A Figura 2.1 apresenta o esquema básico de um sistema de lamas activadas.

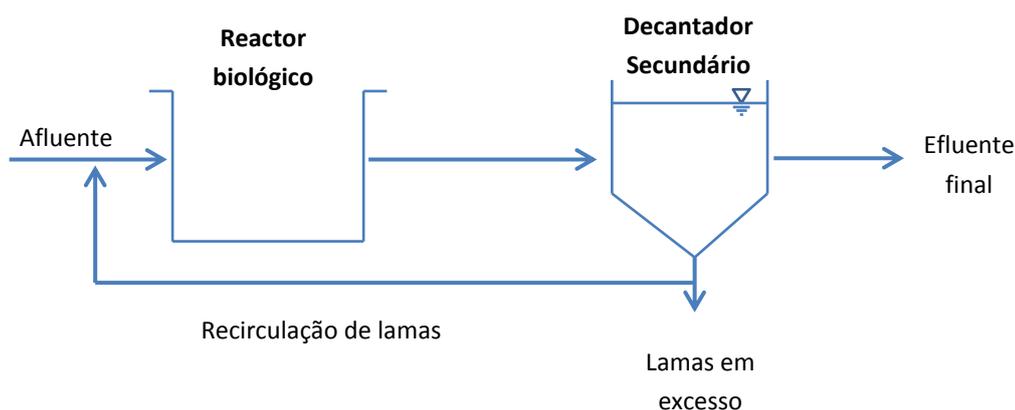


Figura 2.1 – Esquema representativo de um sistema de lamas activadas.

Um sistema de arejamento permite fornecer oxigénio aos microrganismos e, por outro lado, provocar agitação do meio líquido, o que mantém a matéria em suspensão. Desta forma é assegurado o contacto entre a matéria orgânica e a superfície dos flocos bem como a dispersão dos produtos metabólicos finais, do interior do floco (Gray, 2004 citado por Inocêncio, 2012). Nesta fase do tratamento consegue-se remover grande parte da matéria orgânica graças à oxidação biológica e ao envolvimento do material particulado nos flocos de lammas.

A sedimentação dos sólidos permite remover os flocos biológicos e produzir um efluente clarificado. Para garantir a eficiência da sedimentação deve-se dimensionar correctamente os decantadores secundários e manter condições óptimas para a formação de lammas com boas características de sedimentação (Inocêncio, 2012).

A recirculação de lammas permite que se assegure a quantidade de microrganismos necessária no reactor biológico. A razão de recirculação situa-se geralmente entre 50 e 75% do caudal médio de água residual afluente à estação (Metcalf & Eddy, 2003).

É possível definir alguns parâmetros de controlo de operação como (Grady *et al.*, 1999; Metcalf & Eddy, 2003):

- **Concentração de matéria sólida no reactor**

O MLSS (Mixed-Liquor Suspended Solids) é o principal parâmetro analítico utilizado para controlar a operação do processo de lammas activadas. Este diz respeito à concentração média de sólidos suspensos no reactor.

- **Carga mássica**

A carga mássica refere-se à quantidade de matéria orgânica aplicada às lammas diariamente e representa-se pela “relação alimento:microrganismos”. Este parâmetro pode ser relacionado com o Índice Volumétrico de Lammas (IVL), indicador da sedimentabilidade das mesmas.

- **Recirculação de lammas**

A razão de recirculação de lammas deve ser determinada com vista à minimização do consumo de energia eléctrica na estação elevatória responsável pela recirculação. É também importante garantir que este parâmetro não se situe abaixo de um valor mínimo aconselhável para evitar a acumulação de lammas no decantador e a sua perda pelo efluente.

- **Idade das lammas**

Este parâmetro diz respeito ao tempo médio de residência das lammas no sistema. É desejável que a idade das lammas se mantenha constante e, para isso é necessário

controlar a purga de lamas (extração de lamas em excesso). Este parâmetro afecta a performance do processo de tratamento, o volume do tanque de arejamento, a produção de lamas e as necessidades de oxigénio.

2.3 Sistemas de Fluxo Contínuo

Os sistemas de fluxo contínuo, preferidos entre as décadas de 30 e 60, utilizam frequentemente vários reactores em série. Estes sistemas permitem que se encontrem vários tipos de ambientes, podendo existir reactores aeróbios, anaeróbios ou anóxicos (Wilderer *et al.*, 2001).

Neste tipo de sistemas, geralmente não é necessário recorrer a temporizadores ou computadores para controlar as diferentes etapas. As bombagens são necessárias essencialmente para a recirculação de lamas. Esta é feita, normalmente, para reactores anóxicos ou anaeróbios de modo a permitir a remoção biológica de fósforo e/ou a desnitrificação (China, 2003).

A sua capacidade de suportar grandes variações das condições do afluente é garantida, uma vez que quando o caudal afluente aumenta, nos reactores e decantadores o tempo de retenção hidráulica diminui (China, 2003).

Os reactores de fluxo em pistão (PFR - Plug-flow Reactor) e de mistura completa (CSTR-Continuous Stirred Tank Reactor) constituem dois tipos de sistemas de fluxo contínuo. Trata-se de reactores ideais e são usados essencialmente para estudos experimentais, úteis para compreender a interferência das condições de fluxo e do volume do tanque na performance do tratamento (Grady *et al.*, 1999).

Os reactores de mistura completa são, normalmente, equipados com deflectores e são agitados o suficiente para garantir uma mistura perfeita. A mistura é homogénea e instantânea e, portanto, qualquer substância levada através do afluente para o reactor é dispersada imediatamente. Qualquer amostra retirada do reactor tem a mesma composição em todas as partes do mesmo. Note-se também que o efluente tem a mesma composição do licor misto existente no reactor (Grady *et al.*, 1999).

Um reactor de fluxo em pistão pode ser um tubo simples, um tubo acondicionado com catalisador ou com outro tipo de acondicionamento. O reactor é alimentado continuamente com o afluente enquanto o efluente é removido pelo local devido, não existindo mistura.

Pressupõe-se que cada elemento de fluido, pistão, é perfeitamente misturado na direcção radial. Assim, cada pistão move-se no reactor com a mesma ordem relativamente aos restantes elementos. Uma vez que as reacções ocorrem ao longo do comprimento do reactor, as concentrações de reagentes e produtos variam consoante a distância axial (Grady *et al.*, 1999). É estabelecido um perfil decrescente de concentração de matéria orgânica e nutrientes desde entrada até à saída do reactor tubular, e o tempo de permanência é constante qualquer que seja o elemento de fluido.

Para ilustrar este tipo de processo pode-se recorrer ao sistema de reactores em cascata. A Figura 2.2 mostra uma possibilidade de operar neste sistema, recorrendo a três reactores em série. Se todos os reactores forem arejados e não houver variação do caudal afluente, verificar-se-á um decréscimo na concentração de substrato. Neste caso, a concentração de microrganismos varia desde um valor elevado a um valor mais baixo, em consonância com a concentração de substrato e consoante a deslocação dos microrganismos, do primeiro para o terceiro reactor. A taxa de crescimento dos microrganismos aumenta, periodicamente, com a junção do caudal recirculado ao caudal afluente. A repetição deste processo faz com que a comunidade microbiana sofra condições de regime variável controlado (Wilderer *et al.*, 2001).

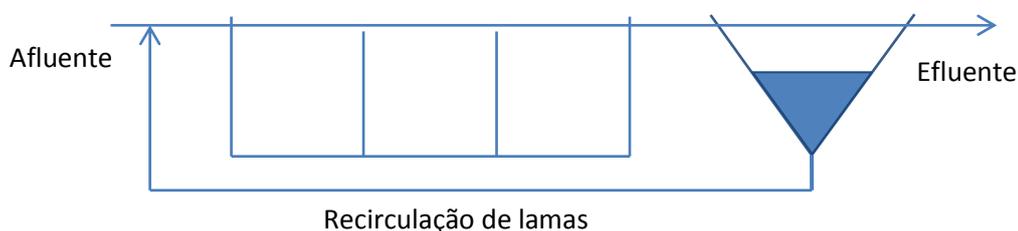


Figura 2.2 – Esquema representativo de um sistema em cascata (adaptado de Wilderer *et al.* (2001)).

Um outro exemplo destes sistemas são as valas de oxidação, representadas na Figura 2.3. Trata-se de um câmara de forma circular ou oval equipada com arejamento mecânico e dispositivos de agitação. A água residual, após tratamento preliminar, entra na câmara onde é combinada com as lamas recirculadas. A forma do tanque e os dispositivos de arejamento e agitação promovem um fluxo unidireccional que faz com que a energia utilizada no arejamento seja suficiente para promover a agitação no tanque, em sistemas com um tempo de retenção hidráulica relativamente alto. Este método de arejamento/mistura cria velocidades de 0.25-0.30 m/s, o que é suficiente para manter as lamas em suspensão. Com esta velocidade, a mistura completa uma volta ao tanque em 5-15 minutos e a magnitude do fluxo é tal que pode diluir a água residual afluente por um factor de 20-30. Quando a água residual deixa a zona de

arejamento, a concentração de OD (Oxigénio Dissolvido) baixa, podendo ocorrer a desnitrificação. A maioria destes sistemas usa um decantador secundário, sendo que, em alguns casos, o decantador existe num canal interior à câmara (Metcalf & Eddy, 2003).

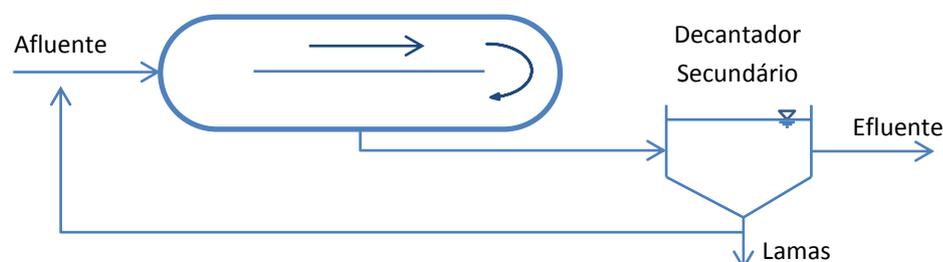


Figura 2.3 – Esquema representativo de um sistema de valas de oxidação (adaptado de Metcalf & Eddy. (2003)).

Existe uma variação deste sistema, designado por OrbalTM, em que o processo se dá numa série de canais concêntricos. A água residual entra no maior canal, o exterior, e segue em direcção ao centro da estrutura através de, pelo menos, mais dois canais com diferentes condições ambientais (Metcalf & Eddy, 2003).

É de referir que existem muitos outros sistemas de lamas activadas com fluxo contínuo. O sistema de fluxo em pistão com alta taxa de arejamento é um dos casos. Este tipo de reactor opera com baixo MLSS e elevada carga orgânica afluyente. Caracteriza-se por um baixo tempo de retenção hidráulica e uma elevada relação alimento:microrganismos. O efluente produzido é de menor qualidade, comparativamente ao obtido nos reactores ideais. Outra variação do sistema de fluxo em pistão é o reactor de contacto-estabilização, no qual existem duas zonas separadas para o tratamento da água residual e para a estabilização das lamas produzidas. Na zona de contacto, as lamas activadas são misturadas com o afluyente e ocorre uma rápida remoção de CBO (Carência Bioquímica de Oxigénio). As partículas orgânicas e coloidais são capturadas nos flocos de lamas para posterior degradação na zona de estabilização (Metcalf & Eddy, 2003).

Há a possibilidade do sistema ter duas etapas, utilizando uma alta taxa de lamas activadas para a remoção de CBO seguida de uma segunda etapa em que se dá a nitrificação, com uma idade das lamas mais elevada. Este processo permite tratar as substâncias tóxicas numa primeira fase e assim proteger as bactérias nitrificantes mais sensíveis para a segunda fase. Existe outro sistema que utiliza oxigénio de alta pureza e normalmente opera com um reactor fechado, dividido por etapas. Trata-se de 3 ou 4 fases em que o oxigénio de alta pureza é

adicionado na primeira. Este sistema traz vantagens na medida em que necessita de pouco espaço e produz pequenas quantidades de gases, útil quando é necessário controlar o odor e a emissão de compostos orgânicos voláteis (Metcalf & Eddy, 2003).

2.4 Sistemas de Fluxo Descontínuo

Num sistema em descontínuo as operações efectuam-se por fases. A composição no reactor varia ao longo do tempo mas em qualquer instante a composição no reactor é aproximadamente constante. No reactor descontínuo ideal as propriedades do sistema são independentes da posição uma vez que o grau de agitação no reactor é adequado a que a mistura no seu interior possa ser considerada uniforme.

Um reactor descontínuo, ou *batch*, é um reactor de mistura completa sem fluxo contínuo. Como alternativa introduz-se o afluente no reactor com a biomassa apropriada e deixa-se reagir completamente, enquanto os microrganismos crescem na presença dos poluentes. À medida que esse crescimento ocorre, as condições reaccionais mudam. Estes processos podem ser muito flexíveis e conseguem adaptar-se bem a condições de fluxo muito variáveis (Grady *et al.*, 1999).

O sistema de fluxo descontínuo mais comum é o Sequencing Batch Reactor (SBR). Nestes reactores existem diferentes fases em que se promovem condições ambientais distintas para que ocorram as reacções bioquímicas necessárias. Começa-se pelo enchimento passando à reacção, sedimentação, extracção e paragem. Nos SBR em que se dá a remoção biológica de fósforo, na fase de reacção existe, normalmente, uma sequência de 3 sub-fases: anóxica, anaeróbia, aeróbia. Cada conjunto destas fases resulta num ciclo de tratamento. A duração das fases é habitualmente temporizada, no entanto, pode implementar-se um controlo em tempo-real. Para isso terão de ser tidos em conta o Oxigénio Dissolvido, o potencial oxidação-redução (Redox), o pH e controladores lógicos programáveis (PLC) para permitir que cada fase demore o tempo necessário ao cumprimento da sua função (China, 2003).

Neste tipo de sistemas a relação entre a carga e o tempo de retenção determina-se através do ajuste do tempo de cada ciclo às condições do afluente. A fase de paragem pode ser utilizada para esse ajuste, evitando problemas associados à ocorrência de picos de carga (Wilderer *et al.*, 2001).

Nos SBR não é necessária a recirculação de lamas visto que o arejamento e sedimentação se dão no próprio reactor biológico. Nesta fase, após o período de reacção e em condições de

repouso, os sólidos estão prontos para se separar do líquido clarificado (Metcalf & Eddy, 2003). Esta tecnologia demonstra custos inferiores a outros sistemas de lamas activadas, desde logo por utilizar normalmente apenas um reactor, evitando os custos associados a um decantador secundário. O facto de ser identificada como uma tecnologia viável tem levado, ao longo dos anos, a muitos desenvolvimentos na vertente do tratamento biológico, mas também da microbiologia e da microelectrónica (China, 2003).

O sistema ICEASTM (Intermittent Cycle Extended Aeration System) e o CASSTM (Cyclic Activated-Sludge System), Figuras 2.4 e 2.5, respectivamente, constituem dois tipos de sistemas SBR mas, nestes casos, a água residual entra continuamente no reactor enquanto o efluente é removido descontinuamente. O primeiro, usado para tratar grandes caudais afluentes, trata-se de um tanque em que existe um deflector que o separa em duas zonas. O afluente entra para uma zona de pré-reacção, não interferindo com a mistura líquida nos períodos de sedimentação e decantação. Já o segundo utiliza três zonas numa proporção de aproximadamente 1:2:20, em que a mistura é recirculada da zona 3 para a zona 1 (ver Figura 2.5). A nitrificação ocorre pelo facto de se utilizarem idades das lamas (Sludge Retention Time - SRT) elevadas. A desnitrificação pode ocorrer perante níveis elevados de lamas activadas nas fases de sedimentação e extracção. Esta pode também ocorrer na fase de arejamento, no caso de se operar com baixas concentrações de OD (Metcalf & Eddy, 2003).

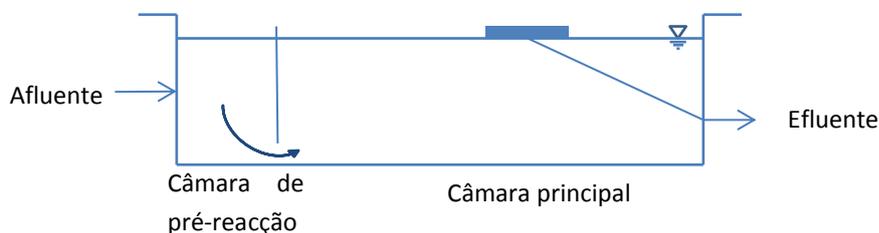


Figura 2.4 – Esquema representativo do reactor ICEASTM (adaptado de Metcalf & Eddy, (2003)).

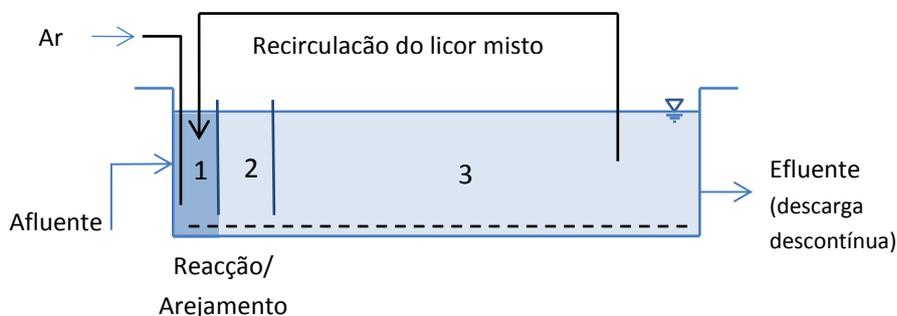


Figura 2.5 – Esquema representativo do reactor CASSTM (adaptado de Metcalf & Eddy, (2003)).

3 CARACTERIZAÇÃO DOS SBR

3.1 Considerações Gerais

Os reactores do tipo SBR constituem um tipo de tratamento de águas residuais por lamas activadas. Trata-se de reactores biológicos sequenciais descontínuos que operam de forma cíclica, por fases, em que cada uma tem associada uma duração. É um sistema de lamas activadas de volume variável, operado periodicamente, com a particularidade de que o mesmo tanque serve de reactor biológico e decantador. As operações que ocorrem em cada ciclo resumem-se a: enchimento, reacção, sedimentação, extracção e paragem (opcional), situação que faz com que o SBR pertença ao grupo de tratamentos de *fill and draw* (encher e esvaziar) (Rodrigues, 2006).

O sistema desenvolvido por Arden e Lockett referido anteriormente já seguia os princípios da tecnologia SBR. No entanto, estes sistemas de fluxo descontínuo apresentavam problemas, nomeadamente no que diz respeito ao controlo das condições operatórias, que exigia uma atenção constante do operador (Rodrigues, 2006). Esta questão, aliada ao grande consumo de energia na fase de extracção e a problemas de sedimentação das lamas nos equipamentos difusores de ar, levou a que se optasse por sistemas de fluxo contínuo, capazes de operar sem o recurso a mão-de-obra especializada. Por estas razões, defendidas por Arden em 1927, os sistemas de fluxo descontínuo foram abandonados (Wilderer *et al.*, 2001).

Durante muitos anos foram utilizados os sistemas de fluxo contínuo para o tratamento de águas residuais, tornando-se este o modo convencional. Nos anos 60, com o desenvolvimento de nova tecnologia e equipamentos, voltou a surgir o interesse pelos sistemas de fluxo descontínuo. Em 1967, quando Irvine nomeou de SBR o seu sistema de volume variável, este investigador referia-se a um sistema com afluente periódico e descarga periódica (Wilderer *et al.*, 2001). Vários outros investigadores realizaram trabalhos para o desenvolvimento da tecnologia SBR, muito por influência de incentivos à criação de tecnologias inovadoras e alternativas por parte da Agência de Protecção Ambiental dos EUA (EPA – Environmental Protection Agency). A tecnologia SBR afirmou-se definitivamente na década de 80 (Rodrigues, 2006).

As crescentes preocupações ambientais levaram a que os sistemas SBR actuassem para além da remoção de carga orgânica poluente, expressa em termos da Carência Química de Oxigénio (CQO) e da Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO), na remoção de nutrientes como o azoto e o fósforo (Rodrigues, 2006).

Lee *et al.* (2001) estudaram a remoção biológica de nutrientes e concluíram que a introdução de uma fase anóxica no SBR, no meio da fase aeróbia, promove o aumento da proporção de organismos acumuladores de fósforo desnitrificantes, de 11% para 64%. Estes organismos são capazes de acumular fósforo tanto em condições aeróbias como anóxicas. Os mesmos autores, sabendo que o sucesso da remoção biológica de fósforo depende da competição entre estes organismos e os organismos acumuladores de glicogénio, descobriram que o pH pode ser um indicador e uma ferramenta de controlo dessa interacção. Do estudo, concluíram que o aumento do pH resulta na alteração da população dominante para os primeiros, o que favorece a remoção de fósforo.

Em 1992, a análise de 19 ETAR que utilizavam reactores do tipo SBR permitiu obter uma percentagem média de remoção de vários parâmetros de qualidade bastante elevada (Quadro 3.1) (USEPA, 1992).

Quadro 3.1 – Percentagem de remoção de alguns parâmetros de qualidade do efluente, obtidos em 19 ETAR com reactores do tipo SBR (USEPA, 1992).

Parâmetro	Percentagem de Remoção
CBO₅	89-98%
SST*	85-97%
Nitrificação	91-97%
N_t (Azoto total)	> 75%
P_t (Fósforo Total)	57-69%

*Sólidos Suspensos Totais

Nas últimas décadas tem sido também estudada a possibilidade de produzir plástico biodegradável (polihidroxialcanoatos) a partir das lamas resultantes deste processo de tratamento. Queirós (2012) e Amaral (2013) provaram que é possível uma considerável produção de polihidroxialcanoatos a partir de reactores SBR com afluentes industriais. No entanto, concluem também que são ainda necessários estudos referentes às condições de operação. Surgiram também alguns estudos para o caso de águas residuais urbanas, como por exemplo Chua *et al.* (2003), que avaliaram a influência dos parâmetros pH, idade das lamas e

a concentração de acetato no afluente, e Moralejo-Garate *et al.* (2013) que estudaram o efeito da duração do ciclo SBR na produção deste plástico biodegradável.

3.2 Descrição do Processo SBR

Os reactores SBR funcionam de acordo com a temporização de diferentes fases (Figura 3.1), durante as quais são promovidas condições operatórias adequadas à ocorrência das reacções bioquímicas pretendidas. A descrição das fases é feita de seguida, de acordo com Wilderer *et al.* (2001) e Vigneswaran *et al.* (2009).

Fase de Enchimento

Nesta primeira etapa, o afluente dá entrada no reactor, por accionamento de uma bomba destinada a esse fim. O afluente entra em contacto com a biomassa remanescente do ciclo anterior. A fase de enchimento termina assim que se atinja a altura máxima do reactor ou termine o tempo reservado a esta etapa.

Fase de Reacção

Após o enchimento do reactor são promovidas as condições necessárias à ocorrência das reacções responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Pode adoptar-se uma estratégia em que exista arejamento ou agitação. Se houver agitação, na presença de nitratos é promovida a desnitrificação da água residual. Com o sistema de arejamento em funcionamento, há lugar para a ocorrência de reacções aeróbias. Esta fase termina quando, após o fim de um tempo pré-definido, da análise dos valores de oxigénio dissolvido ou potencial oxidação-redução, se considere que as reacções desejadas já ocorreram.

Fase de Sedimentação

Finda a fase de reacção promove-se a separação da biomassa do efluente tratado, numa etapa em que o reactor funciona como decantador. Não existindo agitação nem arejamento, os sólidos em suspensão sedimentam no fundo do reactor. O período de sedimentação pode variar de acordo com a estação do ano, podendo este ser ajustado sazonalmente.

Fase de Extração

Nesta fase o líquido clarificado é retirado do reactor, normalmente no fim da sedimentação. Pode também proceder-se à remoção de lamas em excesso.

Fase de Paragem

Trata-se de uma fase opcional que ocorre entre a extracção do líquido clarificado e o início de um novo ciclo. Esta etapa pode ser usada para extrair as lamas em excesso ou, em sistemas de reactores múltiplos, para ajustar os tempos das diversas fases. Quando existe um tanque de equalização de caudais em excesso ou outro método de armazenamento do caudal afluente, esta fase pode ser eliminada.

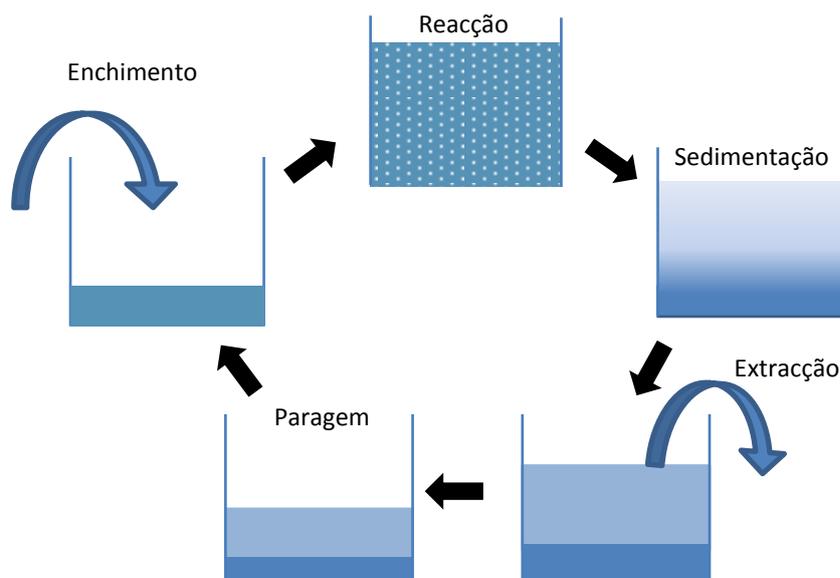


Figura 3.1 – Representação do ciclo de funcionamento de um SBR.

A operação de uma estação SBR requer um certo grau de automação. Em primeira análise são necessários simples temporizadores e sensores de nível para controlar dispositivos como bombas e válvulas. No entanto, para aproveitar todo o potencial da tecnologia SBR, é necessário recorrer a sistemas mais sofisticados de controlo e manutenção (Wilderer *et al.*, 2001). Marsili-Libelli *et al.* (2008) estudaram a aplicação da inteligência artificial na monitorização de um reactor SBR, com a utilização de um *software* com ligação à internet. Deste estudo concluiu-se que, através da detecção de mudanças de temperatura e da entrada de alimento, o *software* revela boa capacidade de monitorização. Estes *softwares* têm sido alvo de estudos para averiguar a compatibilidade com a tecnologia SBR. Outro exemplo é o estudo de Ciappelloni *et al.* (2006), acerca de um novo *software* de supervisão online e controlo de um processo SBR. Este *software*, que combina um procedimento standard de PCA (Principal Component Analysis) com um algoritmo de decisão, possibilita a detecção de problemas de carga excessiva e serve de suporte às decisões que têm de ser tomadas pelo

operador, no caso de falhas no processo de tratamento. Hoje em dia são muito utilizados sistemas de supervisão e aquisição de dados que trazem inúmeras vantagens no que diz respeito ao controlo do processo. Estes sistemas, que podem ser simples ou bastante complexos, permitem a redução dos custos de operação e um melhor controlo do processo, por ser possível programar acções que o *software* executará em tempo real, ao detectar determinados valores limite nos parâmetros de controlo.

3.3 Tipos de Sistemas SBR

De acordo com a estratégia adoptada para o funcionamento do SBR (enchimento, reacção e paragem), podem-se distinguir quatro tipos destes sistemas (Wilderer *et al.*, 2001 e Rodrigues, 2006):

Grupo A: Sistemas com afluente periódico, com fase de reacção e com fase de paragem

Neste grupo utilizam-se, normalmente, dois ou mais tanques SBR em que o afluente é desviado para outro SBR quando o tanque que está a encher atinge um nível máximo. Conseguem-se condições de abundância de alimento através do enchimento estático e a escassez de alimento obtém-se com um longo período de arejamento na fase de reacção em que não há entrada de afluente. Utiliza-se o enchimento com arejamento e agitação para promover a remoção biológica de nutrientes. Não é adicionado mais caudal nem na fase de sedimentação nem na fase de extracção.

Grupo B: Sistemas com afluente periódico, com fase de reacção e sem fase de paragem

Neste grupo o afluente entra num tanque de equalização antes de ser distribuído pelos reactores. Esta fase tem a mesma função que a fase de paragem no grupo A. A configuração do sistema permite a adopção de uma estratégia variável para a fase de enchimento: enchimento instantâneo ou progressivo. Independentemente do modo de enchimento as concentrações de substrato no reactor aumentam. Como acontece no grupo A, o arejamento e a agitação são utilizados quando se pretende a remoção de nutrientes e não há adição de mais afluente nas fases de sedimentação e extracção.

Grupo C: Sistemas com afluente interrompido, com um selector, sem fase de reacção e sem fase de paragem

Neste tipo de sistema o enchimento pode ser interrompido durante a extracção ou nas fases de sedimentação e extracção. Existe um selector, interno ou externo, com a finalidade de suavizar as variações de caudal aquando da sedimentação. Dá-se a recirculação do licor misturado para a zona do selector que opera segundo uma estratégia de arejamento e/ou

agitação que pretende evitar o aparecimento de organismos filamentosos. O enchimento pode ocorrer com ou sem arejamento, sendo que a fracção de tempo em que o sistema de arejamento está ligado é obtida através da carga poluente do afluente e pela eficiência desejada na remoção de azoto.

Grupo D: Sistemas com afluente contínuo

Neste caso o sistema pode ser constituído por um tanque ou por vários em paralelo. Os sistemas de arejamento e agitação param quando o nível da água no tanque atinge um valor máximo preestabelecido. Dá-se a sedimentação das lamas e posteriormente extrai-se o sobrenadante do reactor. Existe um deflector que divide o tanque em duas partes. Isto permite minimizar a contaminação do líquido tratado por parte do afluente e uma das partes do tanque serve como selector. Estes SBR operam com enchimento arejado, sendo que o enchimento estático acontece no final no ciclo, ao contrário do que se passa com os grupos A e B.

3.4 Vantagens e Desvantagens dos SBR

Como todos os processos de tratamento, aos SBR são apontadas vantagens e limitações. Metcalf & Eddy (2003) e USEPA (1999) referem algumas limitações como:

- Elevado nível de sofisticação necessário na concepção e operação;
- Consumo de energia elevado graças aos equipamentos de controlo e automatismos;
- Potencial entupimento dos dispositivos de arejamento;
- A qualidade do efluente depende da fiabilidade da instalação de decantação;
- Necessidade de um operador com alguma especialização;
- Necessidade de equalização do caudal afluente.

Apesar das limitações, estes e muitos outros autores (como, por exemplo, Mahvi (2008), Wilderer *et al.* (2001) e Vigneswaran *et al.* (2009)) referem inúmeras vantagens dos SBR, nomeadamente:

- Simplicidade, fiabilidade e baixa manutenção;
- Reduzida ocupação de espaço devido ao *layout* mais compacto;
- Elevada flexibilidade operacional, fácil adaptação a diferentes objectivos do tratamento através da modificação da duração das fases;
- Capacidade de adaptação a grandes picos de carga afluente (hidráulica e orgânica);
- Capacidade de selecção de uma comunidade microbiana robusta, o que permite elevadas eficiências no tratamento;

- Maior resistência ao aparecimento de bactérias filamentosas, comparativamente com sistemas de lamas activadas de fluxo contínuo;
- A realização completa das reacções de tratamento permite a produção de um efluente de elevada qualidade e de lamas estabilizadas;
- Boas condições de separação líquido-sólido;
- Reduzidos custos de construção devido à inexistência de decantador secundário e recirculação de lamas;
- Possibilidade de automatização praticamente integral, reduzindo a necessidade de intervenção do operador;
- Presença de nitrificação e desnitrificação pelo ajustamento da intensidade de arejamento e remoção de fósforo;
- Não se produzem odores.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ETAR DE LICEIA

4.1 Considerações Gerais

O presente estudo incide sobre a ETAR de Linceia, localizada no concelho de Montemor-o-Velho, distrito de Coimbra, que serve as freguesias de Linceia, Gatões e Seixo, e ainda a povoação do Amieiro, com uma área total próxima de 30 km^2 (CMMV@, 2014). Esta ETAR foi dimensionada para uma população de 4090 habitantes equivalentes no ano horizonte de projecto, 2029. Na Figura 4.1 apresenta-se o local de implantação da ETAR de Linceia. Para abranger a população das três freguesias e da povoação mencionada, a ETAR conta com uma área de implantação de 1500 m^2 , sendo que estão reservados 600 m^2 para futura ampliação.



Figura 4.1 – Local de implantação da ETAR de Linceia (fonte: Google Earth, 2014).

O Quadro 4.1 apresenta alguns dados de base relativos à ETAR, de acordo com a memória descritiva e justificativa do Projecto de Execução da ETAR de Linceia. Embora o pré-arranque da ETAR se tenha iniciado em 2013, os dados constantes do quadro apresentam como ano zero 2009. Isto acontece uma vez que o Projecto de Execução data de 2009. O horizonte de projecto é de 20 anos.

Quadro 4.1 – Dados relativos ao afluente à ETAR estimados em sede de Projecto (CTGA, 2010a).

Total afluente à ETAR		2009	2029
Caudal médio diário	m ³ /dia	400,5	542
SST	mg/L	655,4	553,3
CBO ₅	mg/L	532,6	452,8
CQO	mg/L	1069,9	909
N total	mg/L	101,9	87,1
P total	mg/L	26,2	22,3
População equivalente (base 60gCBO ₅ /hab.eq.)	hab. eq.	3555	4090

De acordo com informações facultadas pelo Município de Montemor-o-Velho, a rede de drenagem de águas residuais comunitárias servida pela ETAR tem uma extensão aproximada de 36 km e os colectores têm, predominantemente, um diâmetro de 200mm. A rede é constituída por duas partes, a rede de Liceia, construída em 2009 e a rede de Gatões e Seixo construída em 2010. Apesar de, em algumas zonas, as condições topográficas serem favoráveis ao escoamento gravítico, existem 21 estações elevatórias servindo pequenos subsistemas. O meio hídrico receptor do efluente tratado é a Vala Real, afluente ao rio do Fojo, que por sua vez é afluente do rio Mondego, que constitui uma vala de alimentação de campos agrícolas.

A ETAR objecto deste estudo pertence ao Grupo B (SBR com afluente periódico, com fase de reacção e sem fase de paragem), em que a fase de paragem é substituída pela existência de um tanque de equalização que permite que o afluente seja introduzido apenas na fase de enchimento. O processo de tratamento da ETAR de Liceia inclui períodos de agitação e de arejamento que possibilitam a remoção de nutrientes.

O processo de tratamento é composto por duas etapas (CTGA, 2010a):

Fase Líquida

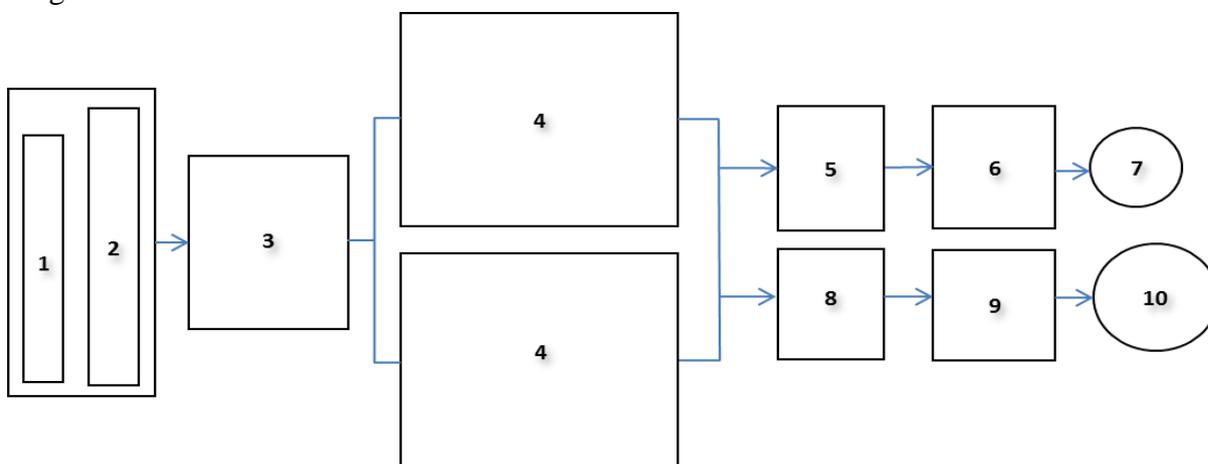
- gradagem grossa manual seguida de gradagem fina num tamisador rotativo;
- desarenamento e desengorduramento numa unidade compacta combinada;
- gradagem, recepção, equalização e elevação de efluentes de fossas sépticas;
- equalização de caudais e de cargas, com posterior elevação do efluente para os reactores de lamas activadas cíclicos descontínuos (SBR);

- estabilização da matéria orgânica, nitrificação, desnitrificação e remoção de fósforo em dois SBR;
- microfiltração e desinfecção por radiação ultravioleta da totalidade do efluente;
- armazenamento do efluente desinfectado – água de serviço;
- medição de caudal rejeitado em meio hídrico, em canal Parshall.

Fase Sólida

- elevação de lamas em excesso para o espessador de lamas a desidratar;
- espessamento gravítico das lamas biológicas;
- desidratação mecânica de lamas, por centrifugação;
- elevação de lamas desidratadas para o silo de armazenamento.

Na secção seguinte explica-se com maior detalhe as etapas do processo de tratamento adoptado para a ETAR de Liceia. A Figura 4.2 apresenta um esquema sumário dos principais órgãos de tratamento (a numeração utilizada na figura é também expressa ao longo da explicação). No Anexo A apresenta-se a planta de implantação geral da ETAR e no Anexo B a peça desenhada detalhada correspondente ao diagrama de funcionamento processual que pode servir como apoio complementar à compreensão do processo de tratamento descrito ao longo do texto.



Legenda:

- | | |
|--|--|
| 1 – Obra de entrada | 6 – Tratamento terciário: microfiltração e desinfecção |
| 2 – Unidade combinada de desarenamento e desengorduramento | 7 – Tanque de armazenamento de água de serviço |
| 3 – Tanque de equalização | 8 – Espessador gravítico |
| 4 – Reactores biológicos - SBR | 9 – Sala de desidratação de lamas |
| 5 – Tanque de armazenamento do efluente tratado | 10 – Silo de armazenamento de lamas |

Figura 4.2 – Esquema simplificado do processo de tratamento da ETAR de Liceia.

4.2 Descrição do Processo de Tratamento

4.2.1 Tratamento da fase líquida

4.2.1.1 Gradagem

O tratamento das águas residuais afluentes inicia-se na obra de entrada (1). No canal à entrada da estação estão instalados uma grade grossa de limpeza manual e um tamisador rotativo de malha fina. Paralelamente a este canal existe um outro (by-pass) no qual se encontram duas grades de limpeza manual, sendo uma fina e outra grossa (Figura 4.3). É possível isolar o tamisador através do recurso a comportas de aço inox que permitem o by-pass ao equipamento, situação útil nos períodos de manutenção ou avaria.

Os gradados removidos das grades manuais ficam a desidratar ao ar e são depois colocados num contentor apropriado, onde será depositado também directamente o material removido pelo tamisador rotativo.

4.2.1.2 Desarenamento e desengorduramento

Na continuidade do tratamento preliminar o efluente entra na unidade combinada (2) onde existe um sistema de extracção de areias e de remoção de gorduras (Figura 4.4). Existem contentores apropriados para receber as areias e as gorduras removidas. Este equipamento também pode ser isolado graças à existência de comportas de aço inox no circuito hidráulico. O passo seguinte é a entrada do efluente no tanque de equalização.



Figura 4.4 – Tamisador rotativo e canal by-pass.



Figura 4.3 – Vista exterior da unidade combinada.

4.2.1.3 Tanque de equalização

No sentido de atenuar os efeitos causados por picos de caudal e para melhorar a eficiência dos tratamentos que se seguem a esta etapa, procede-se à equalização de caudais no respectivo tanque. Este procedimento permite diminuir o tamanho dos órgãos de tratamento a jusante.

No tanque de equalização (3) (Figura 4.5), com um volume previsto de 65 m³, é armazenada uma parte ou todo o caudal que aflui à ETAR, consoante esta se encontre no período de enchimento dos reactores (quando o caudal é em excesso) ou nos restantes períodos. No entanto, também foi prevista a possibilidade do tanque possuir um volume de armazenamento adicional para fazer face a interrupções no funcionamento dos tanques SBR, por exemplo para operações de manutenção e em caso de avarias.

Existem dois grupos electrobomba submersíveis iguais, em que um funciona como reserva. O efluente é bombeado para um ou para o outro tanque SBR, de acordo com a fase do ciclo em que se encontram e mediante a abertura ou fecho de válvulas eléctricas motorizadas. Estas estão instaladas em cada um dos tanques, abertas na fase de enchimento e fechadas nas restantes fases. Através de uma válvula de limpeza pode ser projectado um jacto de água no início de cada ciclo de bombagem, possibilitando que o tanque se mantenha isento de lamas.

À saída do tanque de equalização encontra-se uma conduta elevatória em que está instalado um medidor de caudal que permite conhecer o caudal bombeado para o tratamento biológico.

À saída do tratamento preliminar é possível colocar todo o tratamento biológico em by-pass, uma vez que na câmara de visita a montante do tanque de equalização está instalada uma comporta metálica. Caso o nível da água suba além de um nível máximo estabelecido, o efluente é encaminhado a uma saída para descarga de emergência, ligada ao referido by-pass.



Figura 4.5 – Vista exterior do tanque de equalização.

4.2.1.4 Reactores Biológicos Sequenciais (SBR)

O tratamento biológico consiste em dois tanques de tratamento por lamas activadas do tipo SBR (Figura 4.6), instalados em paralelo. Nestes tanques são criadas condições anóxicas, anaeróbias e aeróbias, de forma sequencial, para que seja possível remover carbono orgânico e nutrientes presentes nas águas residuais a tratar.



Figura 4.6 – SBR em operação com (a) e sem (b) arejamento activo.

Os SBR permitem a eliminação significativa da poluição associada à matéria orgânica carbonatada, à matéria azotada e ao fósforo. Para isso contam com a existência de quatro tipos de ecossistemas bacterianos (CTGA, 2010a): anaeróbios heterotróficos, em que as bactérias acumuladoras de fósforo em excesso acumulam matéria orgânica na forma de um composto (polihidroxibutirato) que lhes permitirá a remoção de fósforo em grandes quantidades, aquando da fase aeróbia; aeróbios heterotróficos - para eliminar a poluição referente à matéria orgânica carbonatada e à presença de fósforo; aeróbios autotróficos - oxidam a poluição azotada a nitratos; anóxicos heterotróficos - eliminam os nitratos formados.

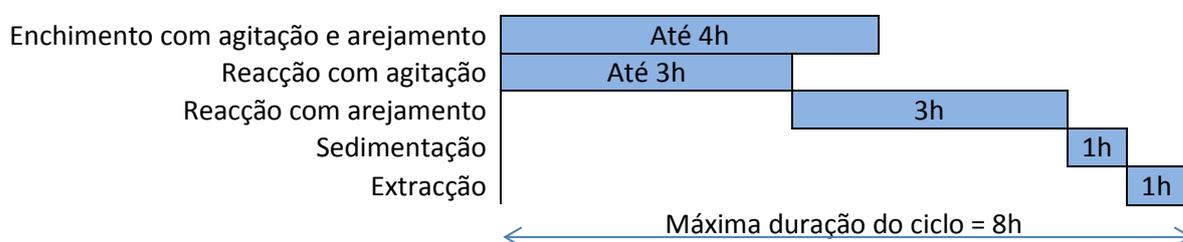
Cada ciclo SBR desenrola-se segundo as seguintes fases:

1. Enchimento e mistura
2. Mistura
3. Enchimento e arejamento
4. Arejamento
5. Sedimentação
6. Descarga
7. Remoção de lamas em excesso

Todas as fases do ciclo se processam no mesmo tanque, situação que permite a este tipo de sistema uma construção compacta. Durante as duas primeiras fases promovem-se ambientes anóxicos e anaeróbios, sequencialmente, enquanto as fases 3 e 4 acontecem em ambiente aeróbio.

O Quadro 4.2 mostra as condições de operação do SBR estabelecidas em sede de Projecto, em que cada ciclo tem uma duração máxima de 8 horas. Ao longo da fase de arranque tornou-se necessário ajustar os tempos das várias fases, de acordo com as condições reais de operação verificadas.

Quadro 4.2 – Condições de operação do SBR (situação de Projecto) (CTGA, 2010a).



Cada um dos dois tanques SBR foi dimensionado para, no ano horizonte de projecto, receber um volume máximo de $90m^3$ de águas residuais por cada ciclo. Quando o volume de água residual afluyente à ETAR excede a capacidade máxima prevista, esse excesso fica armazenado no tanque de equalização até que exista um tanque na fase de enchimento. O nível mínimo de água no tanque é de $3.82m$, sendo que o nível máximo é de $4.50m$.

Estão instalados, em cada SBR, um sistema de ar comprimido, constituído por um sobreprensor de êmbolos rotativos (exteriormente ao tanque) e um agitador submersível que garantem, respectivamente, os ambientes aeróbios necessários à degradação de poluentes e condições que favorecem ambientes anóxicos. Estes sobreprensos estão ligados a difusores de ar de bolha fina instalados no fundo dos tanques, que permitem o arejamento da massa líquida.

A fase de sedimentação segue-se aos períodos de reacção e permite a separação da biomassa do líquido tratado. O fim da sedimentação dá lugar ao período de descarga do efluente tratado, o qual é removido a uma velocidade adequada. Nos primeiros 5 minutos (CTGA, 2010a) o efluente decantado é encaminhado para o circuito de escorrências, dada a acumulação de sólidos biológicos na tubagem de descarga. O restante efluente segue para um tanque de armazenamento do efluente tratado (5), até um nível máximo de $3,83m$.

O período de purga de lamas em excesso tem lugar entre o fim do período de descarga e o início de um novo ciclo diário. As lamas são purgadas graças à existência de grupos electrobomba submersíveis, instalados nos tanques SBR, e são descarregadas no tanque de armazenamento de lamas (8). Os tanques possuem uma descarga de segurança, 30cm acima do nível máximo de líquido.

4.2.1.5 Sistema de filtração e desinfecção dos efluentes dos SBR

O efluente decantado permanece no tanque de armazenamento que tem como função a alimentação do tratamento terciário (6), no sentido de reduzir a dimensão dos órgãos de jusante. Neste tanque está instalado um sensor de nível que permite interromper o funcionamento da central de pressurização que alimenta os sistemas de tratamento terciário. Este é composto por uma unidade de microfiltração e uma outra de desinfecção por radiação ultravioleta (UV).

O efluente é pressurizado por uma central hidropneumática instalada a montante do sistema de microfiltração e que é accionada pelo sensor de nível existente no tanque de recepção do efluente dos tanques SBR. Nesta unidade, os sólidos presentes na água ficam retidos em anéis e o efluente segue sem partículas que poderiam prejudicar o tratamento de desinfecção. A lavagem do sistema de filtração processa-se automaticamente e as águas residuais daí resultantes são encaminhadas para o circuito de escorrências. Na Figura 4.7 apresenta-se a sala de tratamento terciário com os sistemas de desinfecção por UV e microfiltração.



Figura 4.7 – Equipamentos de microfiltração (a) e desinfecção por UV (b).

A radiação UV inactiva os microrganismos patogénicos presentes na água que, após a desinfecção segue para o reservatório de armazenamento de águas de serviço (7). O excesso de água nesse reservatório é descarregado graviticamente num canal Parshall (Figura 4.8), onde se mede o caudal de água residual tratada rejeitada no meio hídrico. O reservatório de água de serviço está instalado na proximidade do tanque de recepção de fossas sépticas (Figura 4.9).



Figura 4.8 – Canal Parshall.

4.2.1.6 Gradagem e elevação de efluentes de fossas sépticas

A ETAR de Liceia dispõe de uma unidade de recepção de efluentes de fossas sépticas. Um camião limpa-fossas descarrega o efluente no canal adjacente ao tanque de armazenamento, o qual segue para uma grade grossa e, posteriormente, para o referido tanque (Figura 4.9). Estão instalados dois grupos electrobomba submersíveis, com um impulsor triturador e um agitador que possibilitam a homogeneização do líquido. Este efluente segue para a obra de entrada, percorrendo depois todos as fases de tratamento da ETAR.

Uma vez que este tanque permite equalizar as descargas dos camiões limpa-fossas, há uma elevação intermitente ao longo dos dias da semana, o que reduz o impacto destes efluentes. Também neste órgão é medido o caudal de efluente bombeado até à obra de entrada.



Figura 4.9 – Vista superior do tanque de armazenamento de efluentes provenientes de fossas sépticas e reservatório de água de serviço.

4.2.2 Tratamento da Fase Sólida

4.2.2.1 Armazenamento/Espessamento de lamas

O tratamento da fase sólida tem início no tanque de armazenamento e espessamento das lamas (8) retiradas dos tanques SBR. Aqui é possível reduzir o volume de lamas, podendo-se atingir uma concentração até 3% de matéria seca. O tanque, denominado espessador gravítico (Figura 4.10), está equipado com um agitador submersível para homogeneizar as lamas e um sensor de nível para medir a sua altura.

Existem dois grupos electrobomba de cavidade progressiva na área reservada à desidratação de lamas com a função de aspirar as lamas espessadas e levá-las até ao órgão de desidratação. Um medidor de caudal permite quantificar o volume e caudal de lamas a desidratar. O sobrenadante, após sere recolhido por um descarregador superior instalado no tanque, é conduzido ao circuito de escorrências.



Figura 4.10 – Espessador gravítico.

4.2.2.2 Preparação, armazenamento e doseamento do polielectrólito

A adição de um floculante (polielectrólito) permite uma desidratação eficiente. Este composto é adicionado às lamas a desidratar depois de preparado numa unidade destinada somente a este processo (Figura 4.11a)). Esta está dividida em três compartimentos: em primeiro lugar é adicionado o pó reagente e a água, assegura-se um tempo mínimo de contacto para a preparação do produto e, posteriormente, faz-se a dosagem pelos dois grupos electrobomba.

4.2.2.3 Desidratação de lamas

A desidratação mecânica de lamas é levada a cabo por uma centrífuga (9). As lamas, juntamente com o floculante, são bombeadas do espessador através de dois grupos electrobomba de parafuso excêntrico.

Neste equipamento de desidratação (Figura 4.11b)), devido ao efeito da força centrífuga, dá-se a separação da mistura em duas fases, líquida e sólida. Os sólidos ficam junto à parede exterior da centrífuga e são removidos pela tremonha do grupo electrobomba, situada abaixo da unidade de desidratação. Já o líquido clarificado, que fica no interior da centrífuga, é conduzido a uma caixa de inspecção e entra, posteriormente, no circuito de escorrências.



a)



b)

Figura 4.11 – Sala de desidratação de lamas: a) Unidade de preparação do polielectrólito; b) Centrífuga.

4.2.2.4 Elevação e armazenamento das lamas desidratadas

Uma vez na tremonha do grupo electrobomba, as lamas são elevadas a um contentor (10) adjacente ao tanque de armazenamento dos efluentes de fossas sépticas. Está incorporada uma bomba de elevação do tipo parafuso excêntrico que permite garantir uma elevação eficiente das lamas que, nesta etapa, têm uma consistência de 18 a 22% de matéria seca. O contentor, na forma de silo, tem uma altura de 7,35m, com uma capacidade útil de 16 m³ (Figura 4.12).

Na extremidade inferior do silo está uma válvula do tipo “cunha elástica”, de accionamento motorizado, que possibilita a extracção das lamas para um camião.



Figura 4.12 – Silo de armazenamento de lamas.

4.3 Operação e Manutenção

Na ETAR de Linceia são desenvolvidas as actividades necessárias e convenientes para assegurar o bom funcionamento das instalações, bem como do processo de tratamento. Para isso são seguidas algumas regras e procedimentos definidos previamente ao início do funcionamento da ETAR.

A hierarquia de comando definida tem por base, além do controlo manual efectuado pelo operador responsável e de alguns automatismos locais, um sistema de supervisão que permite a monitorização *on-line* do estado dos equipamentos. Este sistema de supervisão e aquisição de dados (SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition) possui uma interface que mostra quadros sinópticos em que equipamentos e variáveis têm representações gráficas. Estas vão alterando de forma ou cor, consoante o estado ou valor dos correspondentes equipamentos ou variáveis. Na Figura 4.13 é possível verificar a interface do *software*, com um sinóptico geral da ETAR.

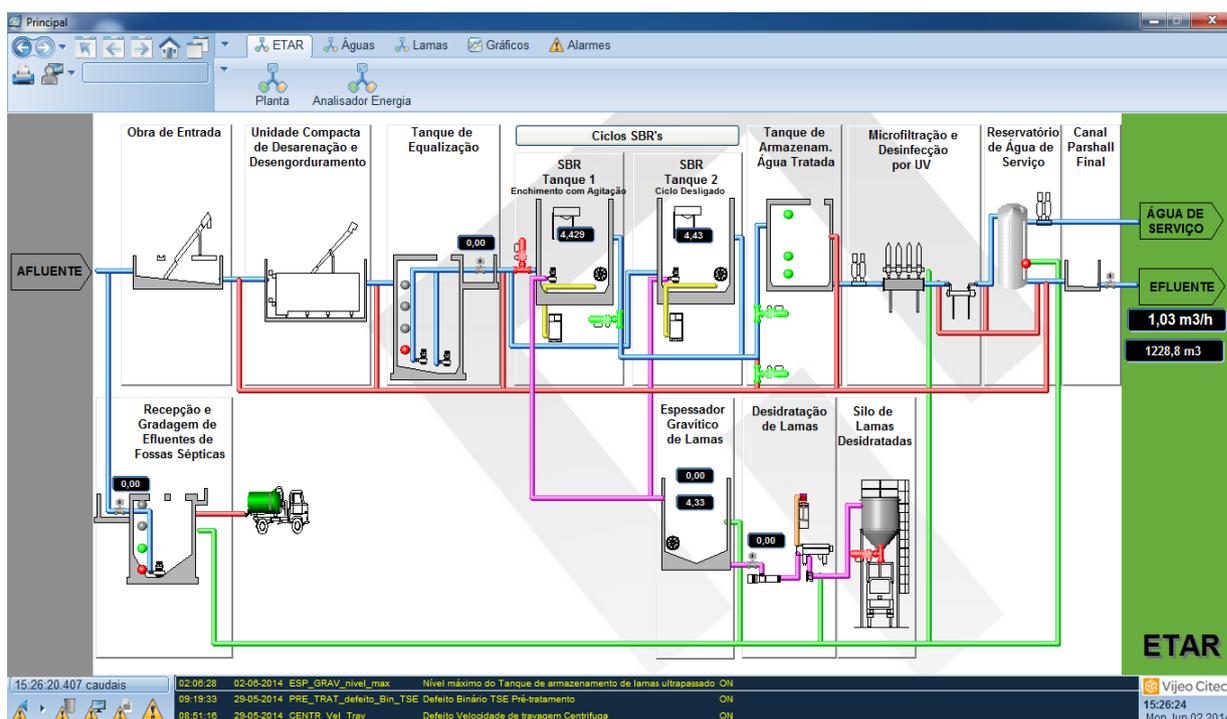


Figura 4.13 – Interface do *software* de monitorização com o sinóptico da planta da ETAR de Linceia.

Toda a informação recolhida no terreno e a que é gerada pelo sistema mantém-se em base de dados para posterior geração de alarmes, actualização dos quadros ou somente para arquivo.

A partir do sinóptico geral da ETAR é possível abrir os quadros correspondentes a cada etapa do processo de tratamento. Nestes sinópticos de detalhe tem-se acesso a:

- Tempos de funcionamento dos equipamentos, dos sistemas de arejamento e agitação e a duração de cada uma das fases do ciclo SBR;
- Alarmes;
- Estado ligado ou desligado de válvulas, bombas, ventiladores, agitadores, sobreprensos e outros sistemas/equipamentos;
- Horas de funcionamento dos equipamentos;
- Caudais medidos pelos caudalímetros;
- Níveis nos diferentes tanques.

A partir destes quadros o supervisor pode ajustar tempos, ligar ou desligar dispositivos, alterar valores alvo de algumas variáveis ou alterar parâmetros em benefício da eficácia do processo de tratamento. Por exemplo, quando os valores de OD medidos no SBR se encontram abaixo dos valores previstos, o operador aumenta o tempo de funcionamento do sobreprensor, introduzindo uma maior quantidade de ar na massa líquida.

Para todos os órgãos da ETAR é necessário seguir uma série de rotinas de operação. O acompanhamento efectuado a diversas visitas técnicas feitas pelos operadores do CTGA à ETAR de Liceia permitiu verificar que há acções que se repetem diariamente, enquanto que outras apenas é necessário efectuar semanal ou mensalmente.

O Quadro 4.3 relativo à fase de arranque e início de exploração da ETAR, apenas com um SBR em funcionamento, mostra, de forma resumida, as acções que os técnicos executam para cada órgão da ETAR e a frequência com que o fazem. Estas acções resumem-se à verificação do bom funcionamento dos equipamentos, limpezas de grades, sensores e do próprio tanque SBR e ajustes ao processo de tratamento. Para além disso, nos órgãos em que existem contentores efectua-se a sua troca quando necessário, e quando existem grades (obra de entrada e tanque de recepção de fossas sépticas) é necessário fazer uma limpeza da área envolvente, uma vez por semana.

É de notar que existem outros procedimentos que se têm a cada visita, nomeadamente a verificação de equipamentos como os agitadores, grupos electrobomba, as electroválvulas de entrada e de escorrências no tanque de água tratada ou as bombas doseadoras de polímero. No

SBR também se verificam as electroválvulas de entrada e de saída, o funcionamento do sobrepressor e a electrobomba de purga de lamas. Os níveis de água ou de lamas nos diversos tanques, bem como os caudais, são verificados e registados.

Quadro 4.3 – Rotinas de operação da ETAR (adaptado de CTGA (2012)).

Órgão/ Equipamento	Acção	Frequência			
		SN	D	S	M
Tamisador	Limpeza da grelha			x	
	Remoção de possíveis objectos encravados	x			
	Arranque e paragem manual				x
Grades manuais	Limpeza da grade		x		
	Remoção de gradados para o contentor	x			
Unidade compacta	Limpeza do sensor de nível da tremonha de gorduras			x	
	Remoção de possíveis objectos encravados	x			
Recepção de fossas sépticas	Limpeza da grade	x			
	Remoção de gradados para o contentor	x			
	Verificar o funcionamento do ventilador		x		
Tanque de equalização	Verificar o funcionamento do ventilador		x		
SBR 1	Verificar que os agitadores submersíveis se encontram em operação		x		
	Verificação da uniformidade da difusão de ar de bolha fina		x		
	Inspeccionar o aspecto visual das lamas		x		
	Remoção de incrustações e espumas	x			
	Ajuste do caudal diário de purga de lamas	x			
Tratamento terciário	Verificação do funcionamento da estação hidropressora		x		
	Limpeza dos filtros e anéis de microfiltração	x			
Medidor de caudal	Verificação e possível calibração do medidor final de caudal				x
Centrífuga	Verificação visual da sicidade das lamas desidratadas				x
	Verificação da perda de sólidos nas escorrências				x
	Ajuste da dose de polímero	x			
	Ajuste das condições de funcionamento	x			
Silo de lamas	Transporte das lamas a destino final	x			

Legenda: SN – Sempre que necessário; D – Dois em dois dias; S – Semanalmente; M – Mensalmente

Para além dos serviços de manutenção e conservação dos equipamentos e das obras de construção civil, é imperativo um conhecimento das diferentes etapas do processo de tratamento para que possam ser tomadas medidas correctivas. É também da máxima importância um bom controlo analítico que, envolvendo uma série de amostragens, permite verificar a qualidade da água tratada e a tratar.

As amostragens podem ser pontuais ou compostas consoante a informação que se pretende obter. Semanalmente são recolhidas amostras pontuais na obra de entrada, no tanque de equalização e no tanque de água tratada. Estas amostras permitem conhecer, respectivamente, as características do afluente bruto, do afluente ao tratamento secundário e do efluente final. Medem-se “in-situ” a temperatura, o pH e a turvação, com sondas adequadas. Também, no próprio SBR, são medidos, consoante a fase do ciclo em que se encontra, os valores da temperatura, pH, Redox, OD e MLSS.

As amostras compostas são obtidas com recurso a dois amostradores que recolhem várias amostras simples, de um volume constante e definido, num período de 24h. Com a recolha destas amostras, mensalmente, são conhecidas as características médias do caudal de água residual à entrada da ETAR e do efluente tratado. Para isso os amostradores são colocados no canal de gradagem e à saída do reservatório de água de serviço, respectivamente. O volume recolhido pelos amostradores é enviado para o laboratório de análises físico-químicas do CTGA, onde são determinados os valores de pH, turvação, CBO₅, CQO, Sólidos Suspensos Totais (SST), Azoto total (N_t) e Fósforo total (P_t). O parâmetro da microbiologia, coliformes totais, é determinado por um laboratório externo. Os valores respeitantes ao efluente tratado devem respeitar os requisitos de qualidade, de acordo com o Decreto-Lei n.º 152/97 (alínea b) do Anexo I, o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, no Anexo XVIII, bem como o disposto na Licença de Utilização de Recursos Hídricos (APA, 2012). O Quadro 4.4 apresenta os objectivos ambientais a cumprir. Relativamente ao azoto e fósforo, colocaram-se como objectivo ambiental os valores constantes do Decreto-Lei n.º 152/97 (alínea b) do Anexo I embora não seja uma imposição da APA (2012). O valor de coliformes trata-se também de um objectivo de qualidade do projecto.

Quadro 4.4 – Requisitos para a descarga do efluente tratado (adaptado de APA (2012)).

Parâmetro	Requisitos para a descarga (DL nº 152/97 e DL nº 238/98)	
	Nível mínimo de remoção (%)	Valor Limite de Emissão
pH	-	6 - 9
CBO ₅ [mg/L]	70	≤ 25
CQO [mg/L]	75	≤ 125
SST [mg/L]	90	≤ 35
Azoto total [mg/L]	70-80	≤ 15
Fósforo total [mg/L]	80	≤ 2
Coliformes [NMP/100 mL]	99	≤ 100

O desempenho da ETAR é avaliado averiguando a capacidade de se aplicarem os conceitos teóricos na situação prática. Nesse sentido é feito um adequado controlo operacional e processual. Estando definidos os parâmetros de funcionamento do processo e a frequência das amostragens, é preenchido mensalmente um quadro de registos respeitante a cada etapa do processo de tratamento. Da análise dos registos (medições *in-situ*, resultados das análises laboratoriais e indicadores calculados a partir destes valores) é feita uma comparação com os valores previstos ou esperados. Quando existem desvios são identificadas as causas e tomadas as medidas necessárias à aproximação aos valores esperados.

Para além das medições e análises já mencionadas, os operadores efectuem o teste de sedimentabilidade. A sedimentação dos flocos é um indicador do correcto funcionamento do processo de tratamento e por isso este teste reveste-se de grande importância. É utilizada uma proveta de 1000 mL, onde se introduz uma amostra do líquido do SBR. Esta deve ser recolhida após efectuado o arejamento. A amostra sedimenta durante 30 minutos e após esse período determina-se a percentagem de sólidos sedimentada. A Figura 4.14 mostra um operador do CTGA a recolher uma amostra para efectuar o teste de sedimentabilidade e uma amostra em repouso.

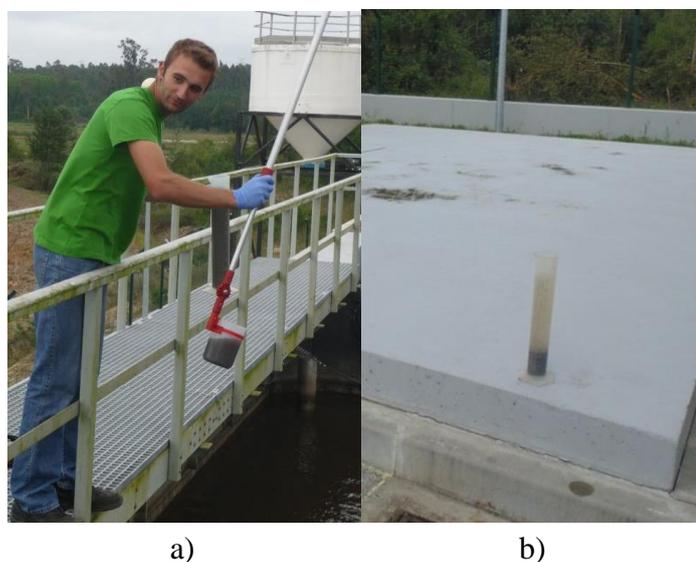


Figura 4.14 – Procedimento do ensaio de sedimentabilidade: a) recolha de amostra; b) ensaio de sedimentabilidade.

O acompanhamento destas visitas permitiu o contacto directo com os testes e medições mas também com todos os registos efectuados pelos operadores. Pelo menos semanalmente é preenchida a Folha de Obra da ETAR de Liceia que se encontra no Anexo C. Nela são registados os parâmetros determinados *in loco*, os que é possível obter a partir do sistema de supervisão e outros valores como caudais e consumos de água e energia.

5 PRÉ-ARRANQUE, ARRANQUE E EXPLORAÇÃO DA ETAR DE LICEIA

5.1 Etapas do Acompanhamento da ETAR

A ETAR de Liceia é acompanhada por observações e registos que permitem a análise de toda a infra-estrutura, dos órgãos que a integram e do processo de tratamento. Esse acompanhamento é efectuado de acordo com 3 fases distintas: pré-arranque, arranque e exploração. Cada uma delas é vocacionada para atingir determinados objectivos apropriados às necessidades de controlo da ETAR, essencialmente numa lógica de prevenção de possíveis problemas futuros.

Para a ETAR em estudo foi contemplada uma fase de pré-arranque em que os órgãos e equipamentos foram testados e submetidos a ensaios, de forma individual e em conjunto. Esta fase, que decorreu nos meses de Maio, Junho e Julho de 2013, teve como finalidade garantir um adequado funcionamento de todos os elementos da instalação.

A fase seguinte correspondeu ao arranque e início de exploração da ETAR. Nesta fase foram seguidos uma série de procedimentos essenciais a uma boa operação futura. Para o efeito verificou-se o funcionamento dos circuitos hidráulicos, dos sistemas elevatórios, sistemas eléctricos e electromecânicos, sistemas de informação e controlo remoto, dos sistemas de medida, controlo e alarme, dos automatismos e da supervisão do processo.

Para a realização do trabalho conducente a esta dissertação foi acompanhada de perto a fase de início de exploração da ETAR de Liceia que se encontra a cargo do CTGA. Nas visitas efectuadas às instalações da ETAR foram recolhidas amostras, determinados e analisados parâmetros de controlo do processo, realizados ensaios de sedimentabilidade e analisados um conjunto de parâmetros que o sistema de supervisão permite conhecer.

No laboratório de análises do CTGA foram determinados os valores de CBO₅, CQO, SST, N_t, P_t, pH e turvação.

Todos os elementos obtidos (em contexto de visita técnica dos operadores da ETAR) são tratados e compilados pelo CTGA em relatório mensal, que tem como principal objectivo

informar o município de Montemor-o-Velho de todas as actividades realizadas. É também essencial, através da sua elaboração, analisar o histórico de desempenho global com vista à melhoria contínua do processo de tratamento.

Foi fundamental o estudo dos relatórios já efectuados pelo CTGA, essencialmente pela análise do registo de ocorrências e medidas correctivas adoptadas e dos parâmetros de controlo analítico e processual. De seguida apresenta-se a análise dos referidos registos desde o início de operação da ETAR até ao mês de Maio do presente ano.

5.2 Ocorrências e Medidas Correctivas

Ao longo de cada mês foram sendo registadas e sintetizadas as principais ocorrências verificadas nas várias visitas técnicas. Averiguaram-se as possíveis causas e foram tomadas medidas de resolução. O Quadro 5.1 mostra o conjunto de acontecimentos registados, associados ao órgão central da ETAR onde se passa o tratamento biológico, o SBR 1 (único reactor em funcionamento na fase inicial de exploração).

Quadro 5.1 – Registo de ocorrências inerentes ao SBR 1.

Data		Ocorrência	Causa	Medidas Correctivas
Julho 2013	1	O variador do sobrepessor apresenta defeito (E-20)		Aumentou-se o tempo da rampa de paragem ¹
	8	A electroválvula não funciona automaticamente		Correcção da ligação dos cabos
Agosto 2013	-	Variador do sobrepessor dispara recorrentemente com o erro E-20	Programação do variador desadequada	Alteração da programação do variador
	-	Disparo binário das válvulas de entrada, saída e escorrências		

¹ Tempo da rampa de paragem: tempo que o sobrepessor demora a parar; se parar imediatamente avaria com frequência.

	16	Alteração da programação dos ciclos SBR: Enchimento: 240 min Reacção com agitação: 240 min Reacção com arejamento: 120 min Escorrências: 1 min Sedimentação: 59 min Extracção: 60 min Purga de lamas: 0 min	Ajuste do processo de tratamento	
	28	Alteração da programação dos ciclos SBR: Enchimento: 240 min Reacção com agitação: 210 min Reacção com arejamento: 120 min Escorrências: 1 min Sedimentação: 59 min Extracção: 60 min Purga de lamas: 0 min	Ajuste do processo de tratamento	
	28	Alteração do funcionamento do sobrepessor 1, na fase de arejamento: Tempo ON: 10 min Tempo OFF: 20 min	Ajuste do processo de tratamento	
Setembro 2013	-	Variador do sobrepessor dispara recorrentemente com o erro E-20	Programação do variador desadequada	Alteração da programação do variador
	-	Disparo binário das válvulas de entrada, saída e escorrências		
	28	Alteração do funcionamento do sobrepessor 1, na fase de arejamento: Tempo ON: 30 min Tempo OFF: 10 min	Ajuste do processo de tratamento	
Outubro 2013	1 a 14	Variador do sobrepessor dispara recorrentemente com o erro E-20	Programação do variador desadequada	Alteração da programação do variador
	-	Disparo binário das válvulas de entrada, saída e escorrências		
	07	Alteração do funcionamento do sobrepessor 1, na fase de arejamento: Tempo ON: 45 min Tempo OFF: 15 min	Ajuste do processo de tratamento	

Novembro 2013	01	Alteração do funcionamento do SBR1: tempo do ciclo:6h (360min); Nº ciclos por dia: 4 Enchimento: 150 min Reacção: 120 min Arejamento: 90 min Tempo de pré-extracção: 1 min Sedimentação: 58 min Extracção: 60 min Purga de lamas: 1 min		
	08	Alteração do funcionamento do sobreprensor 1, na fase de arejamento: Tempo ON: 20 min Tempo OFF: 20 min		
Março 2014	20	Sobreprensor em disparo térmico	Avaria	
Abril 2014	17, 22 e 24	Não havia registo de oxigénio dissolvido no reactor 1		Aumento do tempo ON do sobreprensor
	17	Agitador em disparo térmico	Tentativa de furto do diferencial; a corrente do diferencial do Agitador 1 encontrava-se dentro do SBR 1 e enrolada no agitador, danificando um retentor.	O agitador deverá ser verificado em oficina e o retentor deverá ser substituído. Foi feita a substituição do agitador 1 pelo agitador 2, disponível no SBR 2 (fora de serviço).
Mai 2014	Todas as visitas	Agitador em disparo térmico	Tentativa de furto do diferencial; a corrente do diferencial do Agitador 1 encontrava-se dentro do SBR 1 e enrolada no agitador, danificando um retentor.	O agitador deverá ser verificado em oficina e o retentor deverá ser substituído. Foi feita a substituição do agitador 1 pelo agitador 2, disponível no SBR 2 (fora de serviço).

Analisando as principais ocorrências registadas é de notar que o equipamento com um maior número de problemas associados é o sobreprensor. As causas apontadas para essas ocorrências são a programação desadequada do variador de velocidade ou disparo térmico por avaria. Este equipamento é de grande importância já que é responsável por garantir os ambientes aeróbios necessários à degradação biológica dos poluentes. Uma vez que não existe no reactor

biológico um sensor de oxigénio dissolvido, a manipulação dos tempos em que o sobreprensor está ligado e desligado é crucial. Trata-se um equipamento a que os operadores recorrem frequentemente, quando é necessário ajustar o valor de OD no SBR, pois permite actuar directamente neste parâmetro. Foi o que sucedeu nos dias 17, 22 e 24 do mês de Abril em que as medições de OD resultaram em valores muito próximos de zero e tomou-se a decisão de aumentar o tempo de funcionamento do sobreprensor. Por outro lado deu-se início à desidratação de lamas por forma a diminuir as escorrências do espessador gravítico, que poderiam também estar a interferir com os níveis de OD. Na última medição do mês o OD medido já se apresentava com valores normais, acima de $2\text{ mgO}_2/L$.

Também as válvulas de entrada, saída e de escorrências apresentaram um erro recorrente desde Agosto a Outubro. Quanto às escorrências, este problema poderia interferir na qualidade do efluente decantado por não serem removidos os sólidos biológicos acumulados na tubagem de descarga antes da transferência do líquido clarificado para o respectivo tanque. A avaria nas válvulas de entrada e de descarga do SBR provoca a suspensão da alimentação do reactor e da descarga do líquido tratado, o que põe em causa o desencadeamento normal do tratamento biológico.

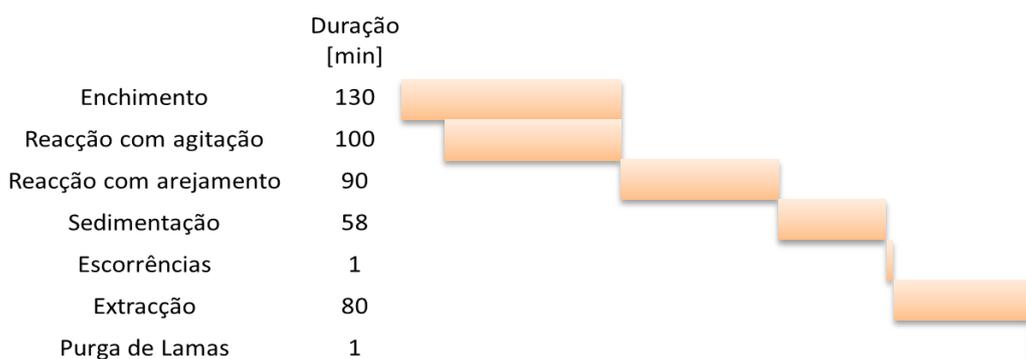
Nos dois últimos meses em análise registaram-se problemas no agitador do SBR 1, problemas esses que, no entanto, se deveram a razões alheias ao normal funcionamento do processo de tratamento. Tratou-se de uma tentativa de furto de um componente do agitador, o diferencial, situação que levou à danificação de outro componente, o retentor.

A partir da análise do Quadro 5.1 é possível ainda verificar a evolução dos ciclos SBR. Estes começaram por ter a duração de 8 horas, mas foram sofrendo ajustes ao nível de algumas etapas, como a diminuição do tempo de agitação, no mês de Agosto, até que em Novembro a duração do ciclo passou a ser de 6h. Diminuíram-se os tempos de enchimento e reacção uma vez que as cargas orgânicas e caudais afluentes nos meses anteriores estavam a verificar-se muito inferiores aos valores de projecto. A introdução de uma fase de enchimento estático (introdução do afluente bruto sem mistura ou reacção), no mês de Agosto, resulta da baixa carga orgânica afluente, numa tentativa de expor a biomassa a uma maior concentração de substrato.

O Quadro 5.2 mostra um exemplo da duração das várias fases no SBR1. No dia em questão (25 de Março de 2014), os ciclos do reactor biológico mantinham a duração de 6h. Relativamente à alteração registada em Novembro, houve uma diminuição de 20min no tempo de reacção com agitação, pela mesma razão que se havia diminuído anteriormente. À

data de entrega desta dissertação as fases de enchimento e reacção encontravam-se com a mesma duração, o tempo de sedimentação que aumentou para 80 *min*, o tempo de extracção diminuiu para 57 *min* e a purga de lamas passou a durar 2 *min*, mantendo-se a duração total de 6h.

Quadro 5.2 – Duração das fases no SBR 1 (dados do dia 25 de Março).



Nos meses não mencionados não houve registo de ocorrências significativas.

As ocorrências referentes aos restantes órgãos da ETAR encontram-se no Anexo D. Em todos os meses há ocorrências a registar que se devem essencialmente a problemas nos equipamentos electromecânicos. Um órgão com ocorrências recorrentes desde Julho de 2013 é a unidade combinada de desarenamento e desengorduramento. Começou por apresentar avaria, problema que se resolveria solicitando assistência ao abrigo da garantia; porém, uma inundação dos equipamentos, em Outubro, colocou-os fora de serviço. Desde então os equipamentos aguardam reparação e esta etapa do tratamento preliminar encontra-se em by-pass. O facto de não serem removidas areias e gorduras que permanecem na água residual à saída do tamisador prejudica, obviamente, os órgãos a jusante, interferindo na eficiência do tratamento.

O tanque de recepção de fossas sépticas também se encontrou com problemas recorrentes associados, principalmente à bóia de nível da estação elevatória de fossas sépticas e, nos últimos meses, também à electrobomba submersível e ao agitador. Estes problemas poderiam ser graves por não se ter controlo sobre o nível de fossas no tanque e, mais recentemente, por não ser possível a homogeneização daqueles efluentes. Contudo, são cada vez mais as habitações com ligação à rede pública de saneamento que abandonaram a solução privativa (fossa séptica). Foram já concedidas 987 licenças de ligação, o que representa cerca de 70 % da população abrangida (CMMV@, 2014). Os efluentes de fossas sépticas provenientes das

restantes habitações são, muitas vezes e erroneamente, descarregados no canal da rede de drenagem a montante da ETAR, pela simples abertura de um dispositivo de fecho de câmara de visita (tampa de saneamento) que se encontra no exterior das instalações da ETAR. Esta postura por parte da entidade responsável pela limpeza de fossas faz com que a existência do tanque dedicado à recepção destes efluentes perca o efeito desejado, podendo ainda provocar problemas no tratamento preliminar pela afluência de uma água residual com grande quantidade de gradados. Estes factos fazem com que a utilização do tanque seja apenas efectuada para as escorrências e daí não resultem problemas maiores devido às ocorrências registadas neste equipamento, que poderiam passar por entupimentos ou até pelo extravasamento.

A estação hidropressora final, responsável pela pressurização do efluente tratado do reservatório de água de serviço para a rede interna de abastecimento de água registou, desde Janeiro, avaria por desgaste dos rolamentos, que aguardam substituição. Sem este equipamento em funcionamento, a água tratada é totalmente descarregada no meio hídrico, não havendo o seu aproveitamento para rega e lavagem de equipamentos, como é desejável.

A unidade UV encontra-se, por vezes, em avaria já que o afluente que lhe chega tem ainda uma grande quantidade de sólidos. A avaria registada na unidade combinada poderá estar a interferir directamente neste problema. Poderá também estar a ocorrer perda de sólidos aquando da extracção do líquido clarificado do SBR, ou então a microfiltração não está a funcionar correctamente.

Com menor frequência foram registadas ocorrências no tanque de equalização, por avaria da electrobomba submersível e do ventilador. Feitas as verificações necessárias, estes componentes ficaram a funcionar correctamente. Registaram-se também situações de falha de energia que resultou no disparo de muitos equipamentos, os quais tiveram de ser rearmados.

A grande quantidade de caudal afluente verificada em alguns dias de elevada precipitação provocou a inundação de equipamentos como a obra de entrada, a unidade combinada e o canal Parshall. A afluência de elevadas quantidades de materiais transportados provocou entupimentos na obra de entrada e desgaste nos equipamentos de bombagem.

5.3 Controlo Analítico

A concretização de um bom controlo analítico é uma peça chave para que seja possível agir, em conformidade, quando é necessário solucionar eventuais situações anómalas. Foram

previamente definidos os parâmetros a analisar bem como os locais mais representativos para recolher as amostras. No âmbito das visitas à ETAR de Liceia são recolhidas amostras compostas, no mínimo mensalmente. Para isso são instalados dois amostradores automáticos, um no canal de gradagem e outro no reservatório de água de serviço, que recolhem 48 sub-amostras de 100 mL, com intervalos de 30 minutos, durante um total de 24h de recolha. No dia seguinte retiram-se os recipientes de cada amostrador, cada um com uma capacidade de 5000 mL, onde ficam acondicionadas as sub-amostras recolhidas. Com elas determina-se, em laboratório, os parâmetros definidos e, com os resultados, caracteriza-se o afluente à ETAR, o efluente tratado e avalia-se a eficiência do tratamento.

O Quadro 5.3 mostra os resultados obtidos em laboratório. A determinação da CBO₅ é feita através do método manométrico OxiTop[®] que se baseia na medição da variação de pressão causada pela degradação da matéria orgânica, num frasco contendo a amostra de água residual. Por observação da amostra deverá escolher-se a gama de valores dentro da qual se espera encontrar o valor de CBO₅, ao fim de 5 dias em permanente agitação. A gama escolhida corresponde a um determinado volume de amostra a utilizar. Quanto à CQO, N_t e P_t, o método utilizado é o da espectrofotometria, em que se adiciona uma quantidade de amostra a uma solução já preparada, que reagirá com o componente cujo valor se pretende obter. Seguem-se os procedimentos adequados ao equipamento em causa até se colocar a solução no espectrofotómetro que determinará os valores pretendidos. Para a determinação dos SST utiliza-se um método gravimétrico: por filtração separam-se os sólidos da amostra, que sofrem evaporação em estufa a 105 °C seguida de arrefecimento no exsiccador. Repete-se este processo até que o peso de sólidos estabilize. O pH determina-se através de uma sonda e a turvação por recurso a um turbidímetro.

Analisando os valores obtidos, é visível, quanto ao afluente bruto, que as concentrações de CBO₅, CQO e SST são muito inferiores aos valores de projecto, indicados no Quadro 4.1. Em Novembro destaca-se um pico nas concentrações de CBO₅, observável também nas concentrações de CQO e SST. Estes valores justificam-se por um decréscimo da precipitação, o que leva a que o afluente não tenha tanta interferência de águas pluviais e, portanto, seja mais concentrado em termos de matéria orgânica e sólidos suspensos. Em Maio verificou-se um novo pico de concentração dos três parâmetros. Como se pode verificar pela Figura 5.1, no mês de Agosto também se observa, comparativamente com os restantes meses, uma maior concentração em termos de SST e no mês de Setembro um pico de CBO₅.

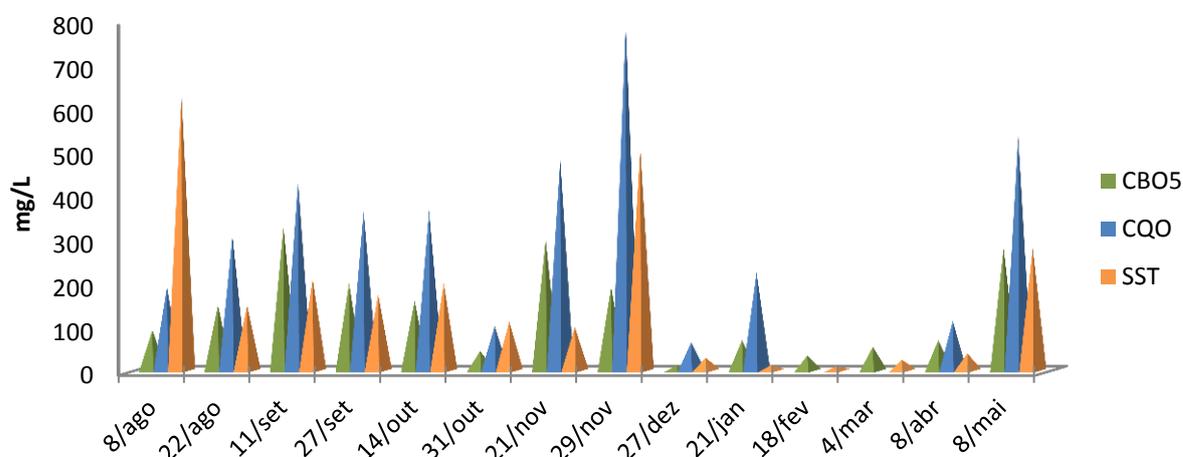


Figura 5.1 – Variação do CBO₅, CQO e SST no afluente ao longo dos meses em estudo.

No mês de Dezembro verifica-se um decréscimo acentuado destes mesmos parâmetros, situação que poderá estar associada à elevada precipitação ocorrida nesse mês. Apesar do sistema de drenagem ser do tipo separativo e da rede de drenagem ser recente, a sua má concepção, além da água que se infiltra através das caixas de visita, leva à existência de muitas infiltrações que se repercutem no caudal afluente à ETAR. A partir de Dezembro, os valores dos referidos parâmetros permanecem da mesma ordem de grandeza, devido à diluição da água residual afluente por águas pluviais características desta época do ano. No mês de Maio os mesmos parâmetros apresentaram valores significativamente superiores aos meses anteriores. Trata-se de um mês já com menor registo de pluviosidade e, portanto, o caudal afluente deverá ser composto maioritariamente por água residual doméstica. Este aumento para valores mais próximos dos parâmetros de projecto, poderá vir a ser benéfico para o processo de tratamento, nomeadamente pelo facto de aumentar a carga orgânica necessária à remoção biológica de fósforo.

O efluente da ETAR respeita regularmente os valores limite de descarga fixados em sede de Projecto (Quadro 4.4). À excepção da CBO₅ do dia 27 de Setembro que está acima dos 25 mgO₂/L, todos os restantes Valores Limite de Emissão (VLE) impostos pela Licença de Descarga são cumpridos. Relativamente aos Coliformes Totais existem duas amostras em incumprimento (29 de Novembro e 27 de Dezembro); no entanto, este parâmetro não tem a si associada uma imposição legal mas sim um objectivo ambiental do projecto. A partir de Janeiro os valores medidos são sempre bastante inferiores ao máximo admitido, 100 UFC/100mL, situação provavelmente associada ao início de funcionamento da unidade de desinfecção por UV.

O incumprimento do valor de CBO_5 no efluente recolhido na amostra do dia 27 de Setembro ficou a dever-se à avaria registada no sobreprensor 1 que não forneceu o oxigénio necessário ao desenvolvimento da biomassa. No mês seguinte, resolvida a avaria, cumpriram-se todos os Valores Limite de Emissão.

Como referido anteriormente, este sistema de tratamento permite a remoção biológica dos nutrientes, azoto e fósforo. Entre outros factores, como a presença de níveis adequados de OD, pH e temperatura, essa remoção depende da carga poluente afluyente ao reactor biológico e da biomassa existente no mesmo. Uma vez que a biomassa esteve em desenvolvimento, só se tendo efectuado purga de lamas em excesso no mês de Fevereiro e, por outro lado, a carga orgânica foi sempre muito reduzida, não foi possível alcançar uma boa eficiência na remoção de azoto e fósforo. Estão em incumprimento os valores de Fósforo Total de Janeiro a Maio e o valor de Azoto Total nos efluentes recolhidos em Janeiro e Maio (os valores de Fevereiro, Março e Abril foram menores que o Limite de Quantificação (LQ), de 2 mgN/L , exactamente o VLE). Prevê-se que, nos próximos meses, com a diminuição da precipitação, a água residual passe a ser mais concentrada e atinja assim os parâmetros fundamentais à realização de remoção biológica de nutrientes, cumprindo o VLE.

O pH de ambas as amostras (afluente e efluente) encontra-se no intervalo indicado para a actividade microbiana (6.5 – 8.5) (Temido, 2011), como se pode comprovar pela análise do gráfico da Figura 5.2. No interior do SBR, o conjunto de valores de pH medidos variam entre um mínimo de 6,63 e um valor máximo de 7,88.

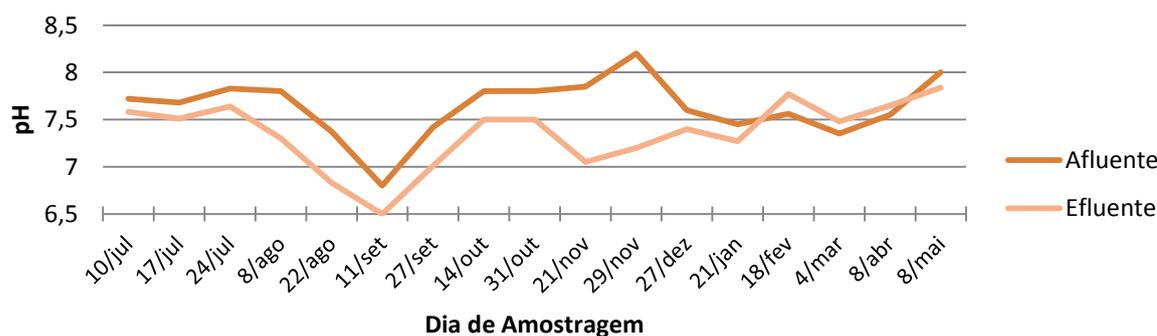


Figura 5.2 – Variação do valor do pH no afluente e efluente.

Quadro 5.3 – Parâmetros de Controlo Analítico ao longo dos meses em análise.

Parâmetro	Unidades	Jul			Ago		Set		Out		Nov		Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
		10	17	24	8	22	11	27	14	31	21	29	27	21	18	4	8	8
Afluente Bruto (Obra de Entrada)																		
CBO₅	mg O ₂ /L	83	110	310	93	150	330	200	160	45	300	192	12	70	35	55	70	280
CQO	mg O ₂ /L	122	148	490	192	310	433	365	366	102	484	793	65	225	<LQ	<LQ	114	535
SST	mg/L	350	120	500	630	150	210	175	200	112	100	509	30	13	10	25	40	280
pH	Sorensen	7,72	7,68	7,83	7,80	7,37	6,80	7,42	7,8	7,8	7,85	8,2	7,6	7,45	7,56	7,35	7,55	8
Temperatura	°C	26,2	26,5	25,8	25,0	26,7	22,0	20,1	21,2	19,0	16,9	16	16	13,2	10,7	10,2	15,5	18,2
Efluente Tratado																		
pH	Sorensen	7,58	7,51	7,64	7,30	6,83	6,50	7,01	7,50	7,50	7,05	7,20	7,4	7,27	7,77	7,48	7,65	7,84
Temperatura	°C	25,9	26,6	27,4	25,0	26,7	23,0	23,6	22,2	19,0	15,9	16,0	16	14,1	14,1	9	15,2	20,0
CBO₅	mg O ₂ /L	15	15	15	17	25	19	40	15	10	24	<LQ	<LQ	10	<LQ	2	4	6
CQO	mg O ₂ /L	18	15,7	16,9	30	44	33	104	67,1	30,0	50,4	42	31	55	<LQ	<LQ	<LQ	35
SST	mg/L	20	10	5	5	<LQ	3,7	33	10	20	10	13	3,2	<LQ	<LQ	4	12	8
Colif. Totais	UFC/100mL									7		160	200	1	24	1	1	18
Azoto total	mgN/L													16,6	29,7	66,5	63,1	22,9
Fósforo Total	mgP/L													14	<LQ	<LQ	<LQ	3,33
Turvação	NTU	8,0	6,0	4,0		3,3		20	15		12			2,6	1,7	5,4	1,9	
Eficiência de Remoção																		
CBO₅	%	82	86	95	82	83	94	80	91	78	92	>95	>17	86	>97	96	94	98
CQO	%	85	89	97	84	86	92	72	82	71	90	95	52	76	-	-	>12	94
SST	%	94	92	99	99	>97	98	81	95	98	90	97	89	>69	>60	84	70	97

A temperatura registada varia de acordo com a temperatura ambiente. Como mostra o gráfico da Figura 5.3, o afluente bruto, o efluente tratado e o líquido no interior do SBR apresentam a mesma tendência, em termos de temperatura. Este parâmetro influencia a velocidade com que os microrganismos realizam as suas actividades, a sedimentação e o arejamento. Assim, quanto maior for a temperatura, maior será a velocidade de oxidação de nutrientes, por exemplo, e mais facilmente se dá a sedimentação. Mas, quanto menor for a temperatura do licor misto, mais facilmente lhe é transferido o oxigénio.

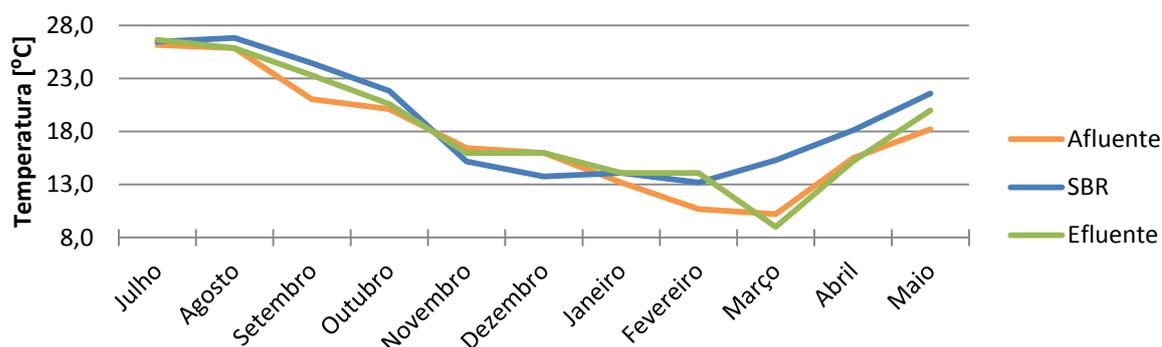


Figura 5.3 – Variação do valor de pH nas amostras do afluente bruto, efluente tratado e SBR (valores médios das amostras recolhidas em cada mês).

Analisando os valores de turvação verifica-se uma variação algo significativa ao longo dos vários meses. Sendo que correntemente se assume um valor de 3 NTU como o limite de descarga, destacam-se os meses de Setembro, Outubro e Novembro por apresentarem valores bastante acima deste padrão (Figura 5.4). O que poderá ter ocorrido nesses meses é a perda de sólidos para o líquido clarificado. Note-se que a unidade de desinfecção por UV só iniciou o seu funcionamento em Janeiro, altura em que o processo de tratamento se encontrava próximo da estabilização, com valores de turvação no efluente tratado que permitiriam o funcionamento adequado deste equipamento. A partir desta altura os valores de turvação no efluente final conheceram melhorias significativas.

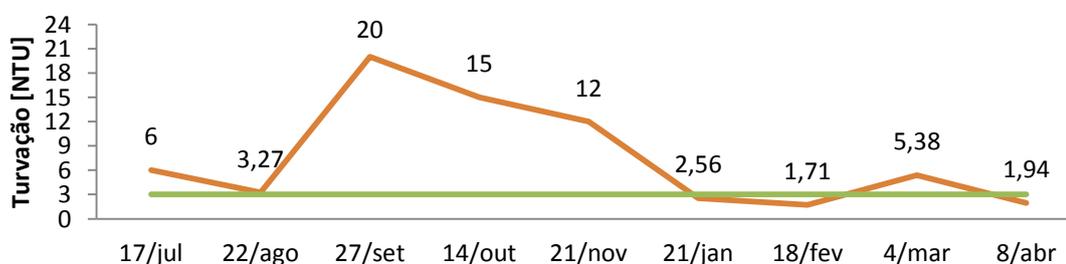


Figura 5.4 – Variação da turvação do efluente tratado ao longo dos meses em estudo.

A partir dos cálculos das eficiências de remoção dos parâmetros CBO₅, CQO e SST (Figuras 5.5, 5.6 e 5.7, respectivamente), verifica-se que, na maior parte dos casos, há o cumprimento dos valores fixados para as respectivas taxas de remoção. É de assinalar que, relativamente à CBO₅, há apenas um dia em que as amostras revelam o incumprimento da eficiência de remoção desejada. Trata-se da amostra do dia 27 de Dezembro em que o rendimento de depuração para a CQO também foi muito baixo. No entanto, uma vez que no afluente os parâmetros CBO₅, CQO e SST já cumpriam os VLE, a determinação das respectivas eficiências de remoção, bem como a sua análise, não é necessária daí que não apareça no gráfico da Figura 5.5.

Apesar do efluente cumprir sempre o VLE em termos de CQO e SST, existem algumas amostras em que a eficiência de remoção destes parâmetros não é cumprida. Não são apresentados, nos gráficos das Figuras 5.5, 5.6 e 5.7, os valores respeitantes a meses em que alguma das amostras (afluente ou efluente), ou ambas, resultaram em valores inferiores ao LQ. Para efeitos de cálculo usou-se o valor do LQ para os efluentes em que o valor resultante da análise foi inferior a este limite. No entanto, por não ser correcto analisar um parâmetro obtido através de um valor desconhecido, estes valores foram desconsiderados. Nestes casos, deveria ter-se efectuado um novo teste, alterando o volume da amostra de água residual, o que alteraria a gama de valores esperada, de modo a que fosse possível determinar o real valor do parâmetro em causa.

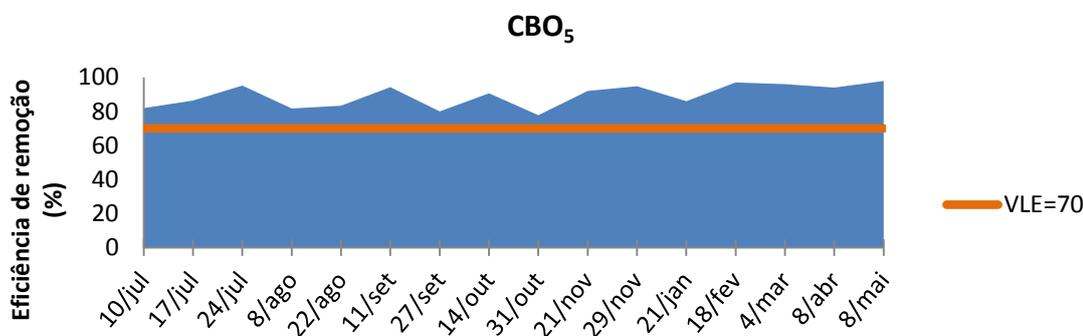


Figura 5.5 – Histórico da eficiência de remoção de CBO₅.

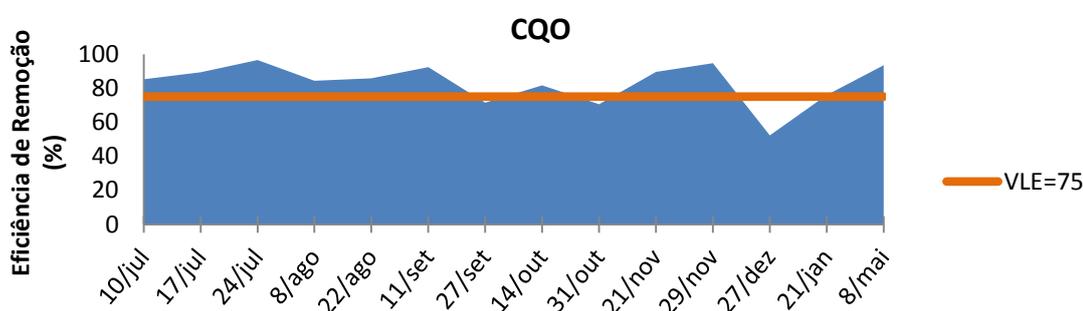


Figura 5.6 – Histórico da eficiência de remoção de CQO.

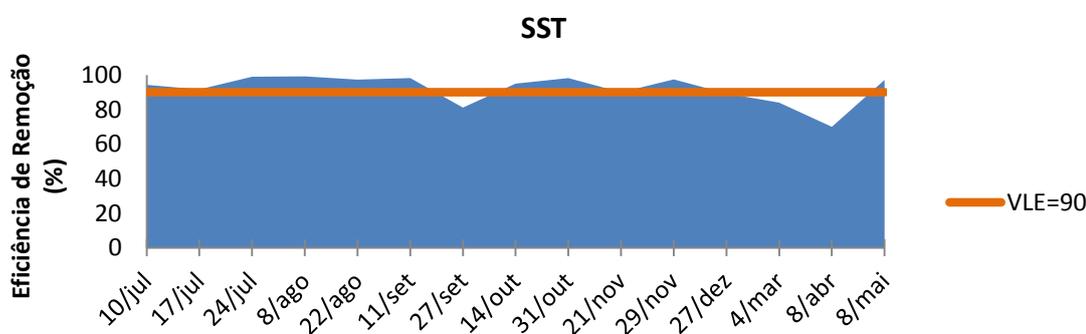


Figura 5.7 – Histórico da eficiência de remoção de SST.

5.4 Controlo Processual e Operacional

Para a ETAR de Liceia existe um Plano de Controlo Processual e Operacional que define pormenorizadamente a forma como o processo de tratamento deve ser controlado. Foram definidos os parâmetros de funcionamento do processo e os métodos para avaliação de desempenho. Também se atribuíram responsabilidades no que toca a processos individualizados e foram descritos os procedimentos a seguir para efectuar pequenas afinações ao processo que permitam a melhoria dos resultados obtidos. Qualquer alteração ao Plano é autorizada por escrito e comunicada a todos os funcionários que operam a ETAR. Os parâmetros, orientações e procedimentos previstos podem ser aperfeiçoados e actualizados ao longo da actividade da ETAR. A correcta definição e aplicação do referido Plano é essencial ao bom funcionamento de cada etapa do processo de tratamento.

A cada mês é preenchido um quadro de registos com as condições de afluência à ETAR e os parâmetros de controlo operacional do tratamento secundário. O Quadro 5.4 mostra a compilação desses registos ao longo dos meses em estudo.

O gráfico da Figura 5.8 mostra os caudais médios afluentes à ETAR² em cada um dos meses em análise. Verifica-se que de Agosto a Janeiro a tendência é de crescimento do caudal afluente, o que facilmente se justifica pela pluviosidade característica dos meses em causa, que vão do Outono ao Inverno. A partir de Fevereiro os caudais afluentes têm-se mantido sensivelmente constantes. Uma conclusão a retirar destes valores prende-se com a diferença acentuada entre o valor mais baixo (Agosto) e o valor mais alto (Janeiro). Trata-se de uma discrepância que resulta dos caudais de infiltração na rede de drenagem.

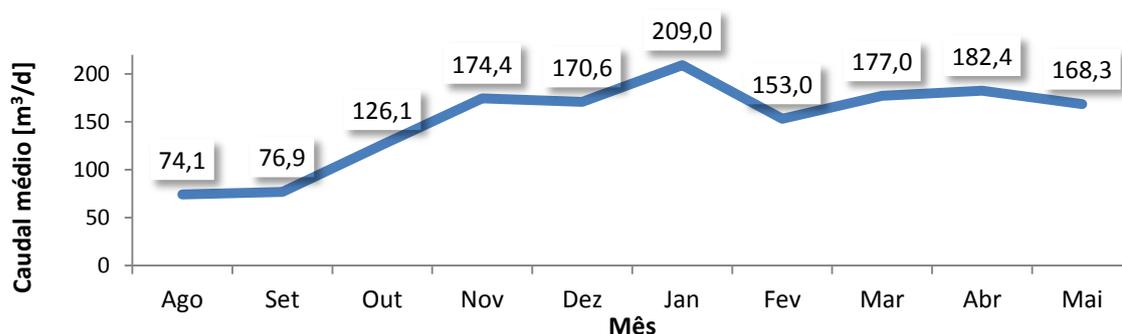


Figura 5.8 – Caudal médio afluente [m³/d].

A análise das cargas afluentes em termos de CBO₅, CQO e SST (Quadro 5.4) permite verificar que há uma tendência mais ou menos constante entre os meses de Agosto e Outubro. No mês de Novembro nota-se um aumento das cargas dos três parâmetros e, nos meses subsequentes (de Dezembro a Abril), pode-se constatar uma nova tendência, com valores mais baixos. No mês de Maio há um novo pico de cargas afluentes. As cargas inferiores registadas nos primeiros meses do ano devem-se aos caudais afluentes elevados inerentes aos mesmos. No entanto, os caudais médios de Novembro e Maio são da mesma ordem de grandeza. Pode, então, inferir-se que o facto de existir uma discrepância acentuada dos valores das cargas afluentes deve-se à composição do caudal que é diferente de mês para mês. De Dezembro a Abril os caudais têm uma forte componente de águas pluviais, o que também acontece de Agosto a Outubro. Todavia em Novembro e Maio a maior componente deverá ser de água residual.

² O caudal médio diário é obtido através do volume enviado ao SBR. Efectua-se o quociente entre esse volume e o n° de dias que decorreram desde a visita anterior até ao dia em que se pretende obter o caudal.

Quadro 5.4 – Parâmetros de Controlo Operacional ao longo dos meses em análise.

Parâmetro	Unidades	Ago		Set		Out		Nov		Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
		8	22	11	27	14	31	21	29	27	21	18	4	8	8
Condições de Afluência à ETAR															
Caudal	m ³ /d	52,0	82,7	85,5	86,0	131,6	139,0	176,3	189,5	182,0	213,0	48,0	180,0	96,0	210,0
Carga CQO	kgCQO/d	9,98	25,63	37,02	31,39	48,17	14,18	85,33	150,27	11,83	47,93	2,98	12,06	10,94	112,6
Carga Orgânica	kgCBO ₅ /d	4,84	12,40	28,22	17,20	21,06	6,26	52,89	36,38	2,18	14,91	1,68	9,90	6,72	58,80
Carga de Sólidos	kgSST/d	32,76	12,40	17,96	15,05	26,32	15,57	17,63	96,46	5,46	2,77	0,48	4,50	3,84	58,80
CQO/CBO		2,06	2,07	1,31	1,83	2,29	2,27	1,61	4,13	5,42	3,21	1,77	1,22	1,63	1,91
SBR 1															
SS₃₀	mL/L	11	18	30	48	80	160	160	200	200*	245*	127	70	60	120
MLSS	mg/L	270	320	1150	770	1430	2490	1500	2100	2533*	2665*	1483	760	300	1350
MLVSS	mg/L	203	240	863	578	1073	1868	1125	1575	1900*	1999*	1113	570	225	1013
MLVSS/MLSS	%	0,75													
F/V	kgCBO ₅ /m ³ .d	0,008	0,021	0,048	0,029	0,035	0,011	0,089	0,061	0,004	0,025	0,003	0,017	0,011	0,099
F/M	kgCBO ₅ /kgMLVSS.d	0,040	0,087	0,055	0,050	0,033	0,006	0,079	0,039	0,002	0,013	0,003	0,029	0,050	0,098
SRT	Dias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	4,0	28,5
HRT	Horas	274,2	172,4	166,7	165,8	108,3	102,6	80,9	75,2	78,3	66,9	297,0	79,2	148,5	67,9
SVI	mL/g	40,7	56,3	26,1	62,3	55,9	64,3	106,7	95,2	78,9*	91,8*	88,7*	92,1	200,0	88,9
Volume Purga	m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	43	9	2,5
m_{LP}	kgSST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	469	45	28

* valor médio das medições feitas ao longo do mês (no dia em causa não se efectuou medição)

A carga orgânica afluente à ETAR é muito inferior à prevista para o ano 0. Como se pode comprovar pela análise do Quadro 5.5 que mostra os parâmetros de projecto para a ETAR de Liceia, também o caudal e a carga de sólidos são bastante inferiores aos valores previstos.

Quadro 5.5 – Parâmetros de Projecto.

Parâmetros de Projecto	Unidades	Ano 0	Ano HP
Caudal médio diário afluente	m ³ /dia	400,5	542,0
Carga de SST afluente	kg/dia	262,5	299,9
Carga orgânica afluente (CBO ₅)	kg/dia	213,3	245,4
Carga de N total afluente	kg/dia	40,8	47,2
Carga de P total afluente	kg/dia	10,5	12,1
<i>F/M</i> ; Relação alimento:microrganismos	kgCBO ₅ /kgMLSS.dia	0,064	0,058
<i>F/V</i> ; Carga volúmica	kgCBO ₅ /m ³ .dia	0,21	0,25
<i>MLSS</i>	kg/m ³	3,4	4,2
<i>SRT</i> ; Idade das lamas global	dias	20	20
<i>m_{LP}</i> ; Produção diária de lamas biológicas	kg SST/dia	217,6	250

A relação CQO/CBO_5 foi determinada com vista a avaliar a biodegradabilidade do afluente à ETAR (Quadro 5.4). De acordo com Metcalf & Eddy (2003) uma água residual municipal deve apresentar valores de CQO/CBO_5 entre 1,25 e 3. Se esta relação for menor ou igual a 2, considera-se que a água residual é facilmente tratada por meios biológicos. Por outro lado, se a relação for superior a 3, a água residual pode conter compostos tóxicos e poderá ser necessário introduzir microrganismos que permitam a sua estabilização. Como, no caso em estudo, estamos a tratar uma água residual doméstica, os valores de CQO/CBO_5 devem variar entre 1,6 e 2 (Grady *et al.*, 1999), sendo que o valor do parâmetro fixado no Projecto é de 2. No gráfico da Figura 5.9 apresenta-se os valores da relação CQO/CBO_5 registados nos meses em estudo. Os valores de Novembro, Dezembro e Janeiro destacam-se por se encontrarem acima das gamas apresentadas. Estes tipos de valores podem indicar a presença de águas residuais com características industriais, com componentes dificilmente degradados por via biológica.

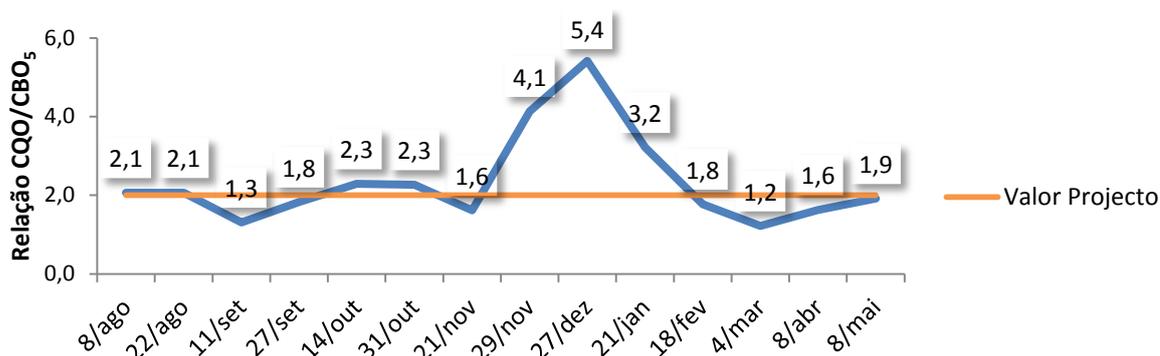


Figura 5.9 – Histórico da relação CQO/CBO₅.

O parâmetro *MLSS* permite avaliar a concentração de biomassa no líquido em tratamento. A sua evolução (Figura 5.10) indica o desenvolvimento dessa mesma biomassa, com o aumento do valor de *MLSS* ao longo dos primeiros meses, para um valor próximo das gamas esperadas neste tipo de sistema de tratamento, de 2000 a 5000 $kgSST/m^3$ (Metcalf & Eddy, 2003). A partir de Janeiro nota-se um decréscimo neste parâmetro, decorrente da purga de lamas que começa a ser feita nesse mesmo mês.

As características de sedimentação das lamas podem ser quantificadas através do Índice de Mohlman ou Índice Volumétrico de Lamas (*IVL*). Esse parâmetro obtém-se através do resultado do ensaio de sedimentabilidade e do *MLSS* da correspondente amostra. Como mostra a equação (1), o resultado do quociente indica o volume (em *mL*) de um grama de lamas após 30 *minutos* de sedimentação. Valores de *IVL* iguais a 100 *mL/g* indicam lamas com boas características de sedimentabilidade, enquanto que valores acima de 150 *mL/g* são associados ao crescimento de microrganismos filamentosos (Metcalf & Eddy, 2003).

$$IVL \left[\frac{mL}{g} \right] = \frac{SS_{30} \left[\frac{mL}{L} \right]}{MLSS \left[\frac{mg}{L} \right]} \times 1000 \left[\frac{mg}{g} \right] \quad (1)$$

em que:

$SS_{30} [mL/L]$ – volume de lamas depositado, ao fim de 30 minutos, na proveta utilizada para o teste de sedimentabilidade.

É visível que este parâmetro tende a crescer a partir de Outubro (Figura 5.10) para valores dentro do intervalo esperado, o que evidencia boas características de sedimentabilidade bem como de floculação e, conseqüentemente, de remoção de matéria particulada.

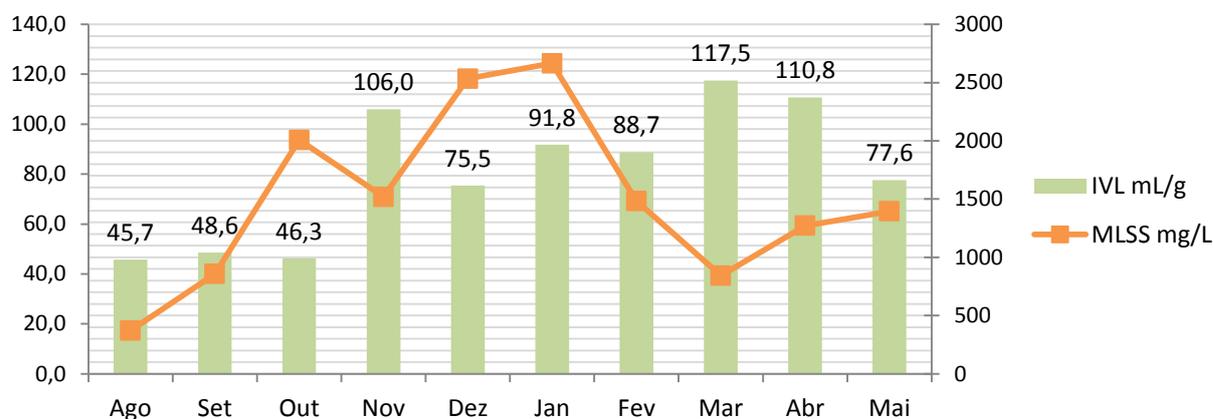


Figura 5.10 – Valores médios mensais de MLSS e IVL ao longo dos meses em estudo.

A carga mássica pode ser analisada através da determinação da relação alimento:microrganismos (F/M). Como anteriormente referido, o resultado da aplicação da equação (2) diz respeito à quantidade de matéria orgânica aplicada às lamas, diariamente:

$$\frac{F}{M} \left[\frac{kgCBO_5}{kgMLSSV \cdot d} \right] = \frac{Carga\ Orgânica \left[\frac{kgCBO_5}{d} \right]}{MLSSV \left[\frac{kgMLSSV}{m^3} \right] \times V [m^3]} \quad (2)$$

em que:

$MLSSV [kg\ SSV/m^3]$ – concentração de sólidos suspensos voláteis numa amostra representativa do conteúdo do reactor, que se considerou ser 75% dos sólidos suspensos totais;

V – volume do reactor ($594m^3$).

Uma vez que não é possível ter controlo sobre as condições de afluência (caudal e matéria orgânica e particulada), o controlo da carga mássica é efectuado pela manutenção do $MLSS$ nos valores que permitam obter uma boa relação F/M . De acordo com Metcalf & Eddy (2003), os valores típicos da relação F/M para os sistemas SBR são de 0,04 a 0,10 $kgCBO_5/(kgMLSSV \cdot d)$.

No caso em estudo, uma vez que a carga orgânica afluenta é muito baixa, os valores da relação F/M determinados apresentavam-se abaixo dos valores típicos. Assim, foi necessário manter o $MLSS$ abaixo da gama normal, através da purga de lamas, de modo a compensar a baixa carga orgânica afluenta. Com isto consegue-se assegurar uma relação F/M com valores

razoáveis, de modo a que as lamas tenham boas características de sedimentabilidade. No mês de Maio, uma vez que afluiu maior quantidade de matéria orgânica, a relação F/M elevou-se para valores próximos do máximo recomendado para este tipo de sistemas. Deste modo terá de ser ajustado o $MLSS$, uma vez que as características das lamas foram alteradas, como se pode comprovar pelo decréscimo do IVL , novamente para valores abaixo da gama normal (Figura 5.10).

Um dos principais parâmetros de controlo do processo de depuração da água residual é a idade das lamas (SRT) (equação (3)). O objectivo para este parâmetro é que se mantenha constante, por forma a permitir a nitrificação (Wilderer *et al.*, 2001). Para a ETAR de Liceia fixou-se como objectivo, em sede de projecto, o valor de 20 dias. Uma vez que a purga de lamas se iniciou em Fevereiro, este parâmetro foi calculado apenas para os últimos três meses em análise, apresentando valores de 1,4 e 29 dias, respectivamente. Estes valores díspares levam a crer que o caudal de purga de lamas em excesso não está a ser correctamente determinado. Como o volume de lamas purgadas teve um valor elevado em Março e foi decrescendo, a idade das lamas aumentou. Todavia há que ter em atenção que lamas idosas provocam o aparecimento de uma espuma espessa, escura e baça (CTGA, 2012), pelo que esta tendência não pode continuar a verificar-se. No futuro, poderão fazer-se ajustes no sentido de que a idade das lamas permaneça constante, próxima de 20 dias.

$$SRT [d] = \frac{MLSS \left[\frac{kgSST}{m^3} \right] \times V [m^3]}{m_{LP} \left[\frac{kgSST}{d} \right]} \quad (3)$$

em que:

$m_{LP} [kg SST/d]$ – massa de lamas purgadas.

A carga volúmica, determinada através da carga orgânica e do volume do reactor, como mostra a equação (4), é igualmente um parâmetro de dimensionamento do sistema. O valor determinado em sede de Projecto é de $0,21 kgCBO_5/(m^3 \cdot d)$, para o ano 0. Pelo Quadro 5.4 é possível verificar que os valores reais são muito inferiores aos projectados, consequência das baixas cargas orgânicas afluentes.

$$\frac{F}{V} \left[\frac{kgCBO_5}{m^3 \cdot d} \right] = \frac{Carga\ Orgânica \left[\frac{kgCBO_5}{d} \right]}{V [m^3]} \quad (4)$$

O tempo de retenção hidráulica (HRT), tempo que o licor misto permanece no SBR, depende do volume do reactor e do caudal afluente ao mesmo e obtém-se de acordo com a equação (5):

$$HRT \left[\frac{kgCBO_5}{m^3 \cdot d} \right] = \frac{V [m^3]}{Q \left[\frac{m^3}{d} \right]} \times 24 \left[\frac{h}{d} \right] \quad (5)$$

em que:

$Q [m^3/d]$ – caudal médio diário afluente à ETAR.

Uma vez que o caudal afluente é muito inferior ao previsto, o licor misto passa bastante mais tempo no reactor do que o esperado.

O mês de Julho não aparece mencionado no quadro de controlo operacional uma vez que, tratando-se da fase de pré-arranque da ETAR, os parâmetros de controlo são diferentes, restringindo-se apenas à temperatura e pH do afluente bruto, efluente tratado e do SBR, bem como o OD e Redox no reactor biológico e, ainda, a turvação do efluente tratado.

Resta ainda analisar dois importantes parâmetros medidos no SBR: OD e Redox (valores indicados no Anexo E). Uma água residual deve conter uma concentração de OD superior a $2 mg/L$ uma vez que valores inferiores a este são limitativos à autodepuração biológica, o que impede a realização de tratamento biológico e a formação de lamas. Visto que a água residual afluente apresenta um OD muito inferior a este valor de referência, a fase de arejamento acontece precisamente para elevar esta concentração e permitir a decomposição aeróbia da matéria orgânica. Os valores de OD dentro do SBR são muito variáveis, havendo inclusivamente registos de valores algo elevados, como nos meses de Janeiro e Fevereiro em que o OD ronda os $9 mg/L$, situação que leva ao aumento dos custos energéticos. Desde que o processo de tratamento apresente boas eficiências, na exploração da ETAR pode ponderar-se um ajuste do OD para valores mais baixos, com vista a diminuir os custos.

Quanto ao Redox, indicador da reacção de oxidação-redução que está a ocorrer, teoricamente (Kim e Hao, 2001) varia de $50 mV$ até $-50 mV$ em condições anóxicas, decresce até $-150 mV$ em condições anaeróbias e, com o arejamento volta a assumir valores positivos. Analisando os valores medidos é verificável que só existe um valor negativo (-223) que indica ambientes anaeróbios. Este valor foi medido durante a fase de arejamento, no entanto tratou-se do dia 27 de Setembro, em que o sobreprensor se encontrou em avaria e não houve registo de oxigénio, o que justifica a impossibilidade de existir um ambiente aeróbio. Os restantes valores são positivos e a maioria, muito elevados, com muitos registos que rondam os $200 mV$. Isto significa que a ETAR se encontra em sobreoxidação, situação que se deve ao excesso de OD. Pode, no futuro, afinar-se o processo de modo a obter valores mais baixos, mais precisos, que permitirão poupanças de energia. Este problema surge pelo facto de não existir um sensor de OD que permitiria o ajuste deste parâmetro em tempo real.

6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

A consciência da importância da criação de boas condições de saneamento é um aspecto fundamental na salvaguarda da saúde pública. O desenvolvimento tecnológico e o aumento da consciência ambiental têm levado a que os processos de tratamento de águas residuais sejam cada vez mais eficientes, com vista a proteger os meios hídricos receptores e a reutilizar os efluentes tratados. A legislação comunitária, que tem vindo a evoluir no sentido de proteger os recursos hídricos numa perspectiva de desenvolvimento sustentável, obriga a que se cumpram parâmetros de descarga e incentiva que os processos sejam orientados com o objectivo da reutilização do efluente final.

O estudo pormenorizado dos processos de tratamento reveste-se de grande importância de modo a que estes se tornem cada vez mais eficientes. A presente dissertação teve como objectivo dar um pequeno contributo neste sentido, efectuando a análise de uma ETAR com tratamento por SBR, uma tecnologia muito adoptada para as novas ETAR em Portugal.

A ETAR de Liceia, objecto deste estudo, construída para servir um equivalente populacional de 4090 habitantes no horizonte de projecto, foi analisada quanto às ocorrências registadas, os parâmetros de controlo analítico e os de controlo operacional.

Ao nível dos primeiros meses de funcionamento da ETAR (arranque e início de exploração) a ETAR cumpriu frequentemente os valores limite de descarga fixados pela Licença de utilização de recursos hídricos. Existe um único valor de CBO_5 em incumprimento, cuja causa apurada é uma avaria no sistema de arejamento que não forneceu o oxigénio necessário à degradação da matéria carbonatada. Em termos de rendimentos de depuração fixados em Projecto, de acordo com o Decreto-Lei nº 152/97, os meses em estudo apresentaram boas percentagens de redução, apresentado os valores obtidos médias de 89%, 83% e 92%, respectivamente para o CBO_5 , CQO e SST . Quanto à remoção biológica de nutrientes o mesmo não se passa pelo facto da carga orgânica afluyente não ser suficiente para que o processo se realize.

A ETAR de Liceia foi dimensionada para uma carga orgânica afluyente de $213 \text{ kg } CBO_5/d$, porém recebe cargas muito inferiores, nunca ultrapassando os $60 \text{ kg } CBO_5/d$. Este facto, aliado ao baixo caudal afluyente que em termos médios mensais não vai além dos $200 \text{ m}^3/d$, quando o caudal estimado para o Ano 0 foi de $400 \text{ m}^3/d$, leva a crer que a ETAR se encontra

sobredimensionada. Esta questão deve-se, em parte, ao facto de não estar completamente regularizada a ligação das residências à rede de drenagem de águas residuais abrangida por esta ETAR. Em pequenos aglomerados e face aos custos de ligação à rede pública de saneamento há sempre, por parte dos moradores, uma dificuldade em aceitar essa ligação, o que leva muitas vezes ao adiamento da regularização dessa situação.

As cargas orgânicas afluentes, muito inferiores às de projecto podem levar, no limite, à incapacidade de tratar as águas residuais afluentes. Com isto, terá de haver um ajuste do processo de tratamento às cargas afluentes.

Quanto ao controlo processual conclui-se, a partir da análise dos parâmetros determinados, que a comunidade biológica responsável pelo tratamento biológico se foi aproximando da estabilização. Foi necessário proceder ao ajuste do *MLSS*, através da purga de lamas, de modo a que a carga mássica (*F/M*) apresentasse valores razoáveis, que permitissem obter lamas com boas características de sedimentabilidade e de remoção de matéria particulada. Para manter estas características foi também essencial analisar o *IVL* que tendeu a crescer ao longo dos primeiros meses de funcionamento da ETAR para valores indicados à obtenção de lamas com as características pretendidas. No entanto, como o *MLSS* se foi ajustando de acordo com a carga orgânica afluyente e, uma vez que, devido à menor interferência de águas pluviais no mês de Maio, essa carga orgânica afluyente apresentou valores superiores, o *IVL* voltou a desenquadrar-se dos valores pretendidos. Nos meses seguintes, como se espera que a carga orgânica se mantenha nesta gama de valores mais elevados, terá de se efectuar novo ajuste do *MLSS*.

Um dos aspectos mais importantes neste tipo de tratamento é o arejamento. Para além de permitir a respiração dos microrganismos aeróbios, leva a que os flocos biológicos se mantenham em suspensão. O equipamento responsável por esta etapa encontrou-se, ao longo do período em estudo, por diversas vezes em avaria. Para esta questão, por ser de grande importância no desempenho do processo de tratamento, deverá considerar-se a possibilidade de substituição do equipamento se continuarem a existir avarias recorrentes que prejudiquem o tratamento biológico. Outra situação que requer atenção é o facto de não existir sensor de oxigénio dissolvido, o que impede a monitorização *on-line* deste parâmetro.

A ETAR de Liceia opera com um tratamento que teria muito a beneficiar com a introdução de tecnologia de sensores/instrumentação que permitiria uma melhoria significativa na obtenção de dados para a tomada de decisão. A existência de sensores cria facilidades na operação automática e na monitorização do processo. A rápida informação que estes transmitem leva a

uma redução de custos de exploração da ETAR, pela optimização do consumo energético e pela menor dependência de mão-de-obra especializada (menos ensaios, medições e análises realizados). O controlo dos vários parâmetros através de sensores levaria a que cada fase tivesse início quando se atingissem os valores indicados de OD, Redox, compostos azotados ou fosfatos, ou mesmo do nível dos tanques. Este modo de funcionamento traria um nível de desejável de optimização do processo. Aliada à introdução destes mecanismos, teria de estar a complexidade do sistema de monitorização *on-line*.

O estudo dos processos de tratamento de ETAR é um tema com importância reconhecida, que merece a realização de estudos mais aprofundados. Face a essa consciência, sugere-se que futuramente sejam desenvolvidos trabalhos como:

- Análise de custos de exploração em ETAR do tipo SBR;
- Estudo do arranque e exploração de sistemas com tecnologia mais avançada como, por exemplo a tecnologia MBR (Membrane BioReactor);
- Estudo comparativo entre análises deste tipo para as várias variantes de sistemas de lamas activadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, S. C. R. (2013). “Caracterização microbiológica de reatores SBR para produção de PHA”. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro.
- APA (2012). “Licença de Utilização de Recursos Hídricos para Rejeição de Águas Residuais Urbanas”.
- China, E. H. A. (2003). “Optimização do controlo em tempo-real da duração das fases de um SBR: detecção dos instantes de finalização das fases a partir das medições de pH, ORP e OD”. Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Chua, A. S. M., Takabatake, H., Satoh, H. e Mino, T. (2003). “Production of polyhydroxyalkanoates (PHA) by activated sludge treating municipal wastewater: effect of pH, sludge retention time (SRT) and acetate concentration in influent”. *Water Research* 37, pp. 3602-3611.
- Ciappelloni, F., Mazouni, D. Harmand, J. e Lardon, L. (2006). “On-line supervision and controlo of an aerobic SBR process”. *Water Science & Technology* Vol 53 No 1 pp. 169-177.
- CMMV@ (2014). Disponível em: <http://www.cm-montemorvelho.pt/>. Câmara Municipal de Montemor-o-Velho (acedido a 19/06/2014).
- CTGA (2010a). “Memória Descritiva e Justificativa do Projecto de Execução da ETAR para esgotos de Liceia, Gatões e Seixo”. Junho, 2010. Coimbra, Portugal.
- CTGA (2010b). “Peças Desenhadas do Projecto de Execução da ETAR para esgotos de Liceia, Gatões e Seixo”. Junho, 2010. Coimbra, Portugal.
- CTGA (2012). “Manual de Instruções de Operação e Manutenção – ETAR de Liceia”. Coimbra, Portugal.
- CTGA (2013a). “Relatórios da Fase de “Arranque” N^{os} 2, 3, 4, 5 e 6”. Coimbra, Portugal.
- CTGA (2013b). “Relatório da Fase de “Pré-Arranque” N^o1”. Coimbra, Portugal.
- CTGA (2014). “Relatórios de Exploração Mensal N^{os} 1, 2, 3, 4 e 5”. Coimbra, Portugal.

- Decreto-Lei nº152/97, de 19 de Junho. Diário da República – I Série-A, nº139, pp. 2959-2966. Ministério do Ambiente, Lisboa.
- Decreto-Lei nº236/98, de 1 de Agosto. Diário da República – I Série-A, nº176, pp. 3676-3722. Ministério do Ambiente, Lisboa.
- Decreto-Lei nº149/2004, de 22 de Junho. Diário da República – I Série-A, nº145, pp. 3805-3809. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa.
- ERSAR (2012). “Conheça os serviços de águas e resíduos em Portugal”. Brochura, ERSAR, Lisboa.
- Grady, C. P. L., Daigger, G. T. e Lim, H. C. (1999). “Biological Wastewater Treatment”. 2nd edition. Environmental Science and Pollution Control Series, 19. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Inocêncio, S. N. (2012). “Contributo para o Estudo do Processo de Lamas Activadas com vista à Redução de Custos de Operação”. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Kim, H. e Hao, O. J. (2001). “pH and Oxidation-Reduction Potential Control Strategy for Optimization of Nitrogen Removal in an Alternating Aerobic-Anoxic System”. Water Environment Research Vol. 73 No.1 pp. 95-102.
- Lee, D. S., Jeon, C. O. e Park, J. M. (2001). “Biological nitrogen removal with enhanced phosphate uptake in a Sequencing Batch Reactor using single sludge system”. Water Research Vol 35 No 16 pp. 3968-3976.
- Mahvi, A. H. (2008). “Sequencing Batch Reactor: A promising technology in wastewater treatment”. Journal of Environmental Health Science and Engineering, Vol. 5, No. 2, pp. 79-90.
- Marsili-Libelli, S., Spagni, A. e Susini, R. (2008). “Intelligent monitoring system for long-term control of Sequencing Batch Reactors”. Water Science & Technology 57.3, pp. 431-438.
- Melchior, S. C., Camargo, M. L., Coneglian, C. M. R., Brito, N. N., Lopes, T. A., Barros, R. M., Sobrinho, G. D., Tonso e S., Pelegrini, R. (2003). “Tratamento de Efluentes por Processo de Lodos Ativados”. III Fórum de Estudos Contábeis 2003. Rio Claro, São Paulo, Brasil.

- Mesquita, D.P.B. (2006). “Monitorização e Análise de Imagem de um Reactor Descontínuo Sequencial de Lamas Activadas”. Tese de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade do Minho.
- Metcalf & Eddy (2003). “Wastewater Engineering: Treatment and Reuse”. 4rd ed. New York: McGraw Hill.
- Moralejo-Garate, H., Palmeiro-Sanchez, T., Kleerebezem, R., Mosquera-Corral, A., Campos, J. L. e Loosdrecht M. V. M. (2013). “Influence of the Cycle Length on the Production of PHA and Polyglucose From Glycerol by Bacterial Enrichments in Sequencing Batch Reactors”. *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 110, No. 12, pp. 3148-3155.
- PEAASAR II (2007). “Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais, 2007-2013”. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.
- Queirós, D. C. (2012). “PHA production by mixed cultures: a way to valorize industrial waste”. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia. Departamento de Química, Universidade de Aveiro.
- Rodrigues, C. M. M. (2006). “Simulação de remoção biológica de nutrientes em SBR”. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Temido, J. (2011). “Tratamentos Biológicos”. Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- USEPA (1992). “Sequencing Batch Reactors for nitrification and nutrient removal”. Office of Water Enforcement and Compliance, Washington, D.C., USA.
- USEPA (1999). “Wastewater Technology Fact Sheet – Sequencing Batch Reactors” Office of Water Enforcement and Compliance, Washington, D.C., USA.
- Vigneswaran, S., Sundaravadivel, e Chaudhary, D. S. (2009). “Sequencing Batch Reactors: principles, design/operation and case studies (Sample Chapters)”. *EOLSS, Water and Wastewater Treatment Technologies*, Vol. II.
- Wilderer, P. A., Irvine, R. L., e Goronszy, M. C. (2001). “Sequencing Batch Reactor Technology”. Scientific and Technical Report No 10. IWA Publishing, London, UK.

ANEXO A – Planta de Implantação Geral da ETAR de Liceia (CTGA, 2010b)

ANEXO B – Diagrama de Funcionamento Processual da ETAR de Liceia (CTGA, 2010b)

ANEXO C – Folha de Obra da ETAR de Liceia



FOLHA DE OBRA DA ETAR DE LICEIA

1. DADOS GERAIS

Número da folha de obra: 2014.Liceia

Dia da visita: _____ Mês: _____

Hora de entrada: _____ Hora de saída: _____

Tipo de visita: Regular Extraordinária Motivo: _____

Técnico responsável pela visita: _____

Observações: _____

2. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

2.1. GRADAGEM / TAMISAGEM / DESARENAMENTO / DESENGORDURAMENTO

Limpeza das Grades Manuais

Adequada	Não Adequada

Observações: _____

Tamisador

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Unidade Combinada

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Observações gerais sobre a etapa de Tratamento Preliminar: _____



2.2. TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

Electrobomba Submersível 1

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Electrobomba Submersível 2

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Ventilador

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Nível de água no poço de bombagem

Muito Alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Baixo

Observações gerais da etapa de Equalização: _____

2.3. TANQUE DE RECEPÇÃO DE FOSSAS SÉPTICAS

Electrobomba Submersível 1

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Electrobomba Submersível 2

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Agitador Submersível

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____





2.3. TANQUE DE RECEÇÃO DE FOSSAS SÉPTICAS (cont.)

Ventilador Observações: _____

ON	OFF	Av.	F/S

Nível de água no poço de bombagem

Muito Alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Baixo

Observações gerais da etapa de Recepção de Fossas Sépticas: _____

2.4. SBR I

Fase	MLSS	Temperatura (°C)	pH	Redox (mV)	OD (mg/L)
Enchimento					
Reacção				-	
Decantação	-			-	
Extracção	-			-	

Válvula Entrada VM5 Observações: _____

ON	OFF	Av.	F/S

Válvula Saída VM3 Observações: _____

ON	OFF	Av.	F/S

Sobrepessor I Observações: _____

ON	OFF	Av.	F/S



2.4. SBR I (cont.)

Agitador Submersível I Observações: _____

ON	OFF	Av.	F/S

Electrobomba Submersível de purga de lamas I Observações: _____

ON	OFF	Av.	F/S

Ensaio de Sedimentabilidade Observações: _____

VALOR MEDIDO APÓS 30 MIN (ml)

Observações gerais sobre o SBR I: _____

2.5. SBR 2

Fase	MLSS	Temperatura (°C)	pH	Redox (mV)	OD (mg/L)
Enchimento					
Reacção				-	
Decantação	-			-	
Extracção	-			-	

Válvula Entrada VM6 Observações: _____

ON	OFF	Av.	F/S

Válvula Saída VM4 Observações: _____

ON	OFF	Av.	F/S





2.5. SBR 2 (cont.)

Sobrepresor 2

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Agitador Submersível 2

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Electrobomba Submersível de purga de lamas 2

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Ensaio de Sedimentabilidade

VALOR MEDIDO APÓS 30 MIN (ml)

Observações: _____

Observações gerais sobre o SBR 2: _____

2.6. TANQUE DE ÁGUA TRATADA

Válvula Saída Escorrências VM1

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Válvula Entrada Água Tratada VM2

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Nível de água

Muito Alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Baixo



2.6. TANQUE DE ÁGUA TRATADA (cont.)

Medições "In-situ"

Turvação (NTU)

Observações gerais sobre o Tanque de Água Tratada: _____

2.7. TRATAMENTO TERCIÁRIO

Estação Hidropressora

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Microfiltração

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Modo de Funcionamento da Limpeza (Microfiltração)

Observações: _____

Pressão à entrada (bar) Pressão à saída (bar)

--	--

Observações: _____

UV

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Intensidade UV

VALOR MEDIDO (W/m ²)

Observações: _____

Estação Hidropressora Final

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____





2.7. TRATAMENTO TERCIÁRIO (cont.)

Observações gerais sobre o Tratamento Terciário: _____

2.8. ESPESADOR GRAVÍTICO DE LAMAS

Nível de Água

Altura (m)	Volume (m³)

Observações: _____

Agitador Submersível

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Observações gerais sobre o Espessador de Lamas: _____

2.9. ELEVAÇÃO DE LAMAS ESPESADAS E CONDICIONAMENTO QUÍMICO

Electrobomba de Parafuso Excêntrico 1

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Electrobomba de Parafuso Excêntrico 2

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Floculante

Quantidade disponível (kg)	Concentração, m/v (%)	Quantidade adicionada (L/h)	Dosagem (g/m³)



2.9. ELEVAÇÃO DE LAMAS ESPESADAS E CONDICIONAMENTO QUÍMICO (cont.)

Estação Automática de Preparação de Floculante

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Bomba Doseadora de Floculante 1

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Bomba Doseadora de Floculante 2

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____

Observações gerais sobre a Elevação de Lamas Espessadas: _____

2.10. DESIDRATAÇÃO DE LAMAS

Funcionamento Geral da Unidade de Desidratação

Muito Boa	Boa	Razoável	Reduzida	Muito Reduzida

Main speed 10x (rpm): _____ Torque T (KN.m): _____

Diff. Speed ΔM (rpm): _____ Set-point (TPM): _____

Electrobomba Parafuso Excêntrico de Elevação de Lamas Desidratadas

ON	OFF	Av.	F/S

Observações: _____





2.10. DESIDRATAÇÃO DE LAMAS (cont.)

Qualidade das Lamas Desidratadas Observações: _____

ADEQUADA	NÃO ADEQUADA

Sistema de Lavagem Automática de Centrífuga Observações: _____

ON	OFF	Av.	F/S

Observações gerais da etapa de Desidratação de Lamas: _____

2.11. ARMAZENAMENTO DE LAMAS DESIDRATADAS

Nível de Lamas no Silo

Muito Elevado	Elevado	Médio	Baixo	Muito Baixo

Qualidade das Lamas (%MS)

Boa	Razoável	Mediocre

Observações gerais da etapa de Armazenamento de Lamas: _____



2.12. MEDIÇÃO DE CAUDAL

Tanque de Equalização Observações: _____

INSTANTÂNEO	TOTALIZADOR	TOTALIZADOR S. V.

Tanque de Recepção de Fossas Sépticas Observações: _____

INSTANTÂNEO	TOTALIZADOR	TOTALIZADOR S. V.

Purga de Lamas Observações: _____

INSTANTÂNEO	TOTALIZADOR	TOTALIZADOR S. V.

Elevação de Lamas Desidratadas Observações: _____

INSTANTÂNEO	TOTALIZADOR	TOTALIZADOR S. V.

Medidor de Caudal Final Observações: _____

INSTANTÂNEO	TOTALIZADOR	TOTALIZADOR S. V.

2.13. REGISTOS DE CONSUMOS DE ÁGUA E ENERGIA

CONTADOR DE ÁGUA

REGISTO (m ³)

CONTADOR DE ENERGIA

REGISTO (kWh)

Observações gerais sobre os Registos dos Consumos de Água e Energia: _____





2.14. QUALIDADE DO AFLUENTE BRUTO

Tipo de amostra		Medições "In-situ" (sonda da CTGA)	
PONTUAL	COMPOSTA	pH	TEMPERATURA

Observações gerais sobre a qualidade do Afluente Bruto: _____

2.15. QUALIDADE DO AFLUENTE AO TRATAMENTO BIOLÓGICO

Tipo de amostra		Medições "In-situ" (sonda da CTGA)	
PONTUAL	COMPOSTA	pH	TEMPERATURA

Observações gerais sobre a qualidade do Afluente ao Tratamento Biológico: _____

2.16. QUALIDADE DO EFLUENTE TRATADO

Tipo de amostra		Medições "In-situ" (sonda da CTGA)	
PONTUAL	COMPOSTA	pH	TEMPERATURA

Medições "In-situ"

Turvação (NTU)

Observações gerais sobre a qualidade do Efluente Tratado: _____



2.17. HORAS DE FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS

Obra de Entrada

Equipamento	Horas de funcionamento
Tamizador	
Unidade Combinada	

Tanque de Equalização

Equipamento	Horas de funcionamento
Electrobomba Submersível 1	
Electrobomba Submersível 2	
Ventilador	

Tanque de Recepção de Fossas Sépticas

Equipamento	Horas de funcionamento
Electrobomba Submersível 1	
Electrobomba Submersível 2	
Agitador Submersível	
Ventilador	

SBR 1

Equipamento	Horas de funcionamento
Agitador Submersível 1	
Sobrepessor 1	
Electrobomba Submersível de Purga de Lamas 1	

SBR 2

Equipamento	Horas de funcionamento
Agitador Submersível 2	
Sobrepessor 2	
Electrobomba Submersível de Purga de Lamas 2	





2.17. HORAS DE FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS (cont.)

Microfiltração e Desinfecção por UV

Equipamento	Horas de funcionamento
Estação Hidropressora	
Microfiltração	
UV	
Lâmpadas UV	

Reservatório de Água de Serviço

Equipamento	Horas de funcionamento
Estação Hidropressora Final	

Espessador Gravítico de Lamas

Equipamento	Horas de funcionamento
Agitador Submersível	

Desidratação e Extração de Lamas

Equipamento	Horas de funcionamento
Unidade Polielectrólito	
Electrobomba de Polielectrólito 1	
Electrobomba de Polielectrólito 2	
Electrobomba de Extração Lamas 1	
Electrobomba de Extração Lamas 2	

Silo de Lamas Desidratadas

Equipamento	Horas de funcionamento
Electrobomba Elevação Lamas Desidratadas	

Observações gerais das Horas de Funcionamento dos Equipamentos: _____



ANEXO D – Registo de ocorrências (CTGA, 2013a, 2013b, 2014)

Data	Órgão/ Equipamento	Ocorrência	Causa	Resolução
Junho	17	Tamisador	Não se encontra a fazer a lavagem; Em automático dispara o binário e TSE	-
	17	Tanque de Equalização	As válvulas de retenção não se encontram a funcionar correctamente na medida que ao fechar ficam algum tempo a bater	Limpeza das válvulas
Julho	01	Unidade Combinada	Defeito no binário e TSE	
	01	Compressor	Avaria	Foi removido e enviado para o fornecedor para ser efectuada a reparação, ao abrigo da garantia
	01	Tanque de recepção de fossas sépticas/ Electrobombas	Bóia encravada	
	09	Obra de Entrada/ Gradagem manual	Verificou-se a afluência elevada de trapos e resíduos aglomerados, em virtude da limpeza da rede de colectores efectuada no Município de Montemor-o-Velho. Após a realização desta limpeza verificou-se um aumento do caudal afluente à ETAR.	
Agosto	-	Unidade Combinada	Disparo frequente do limitador de binário ou tempo de viagem excedido da ponte raspadora	Solicitar assistência ao instalador ao abrigo da garantia
	-	Tanque de recepção de fossas sépticas	Bóias de nível da estação elevatória de fossas sépticas não funcionavam correctamente	
	07	Tanque de Equalização	Ventilador com disparo térmico	Foi rearmado e ficou a funcionar correctamente

9 e 16		Falha de energia na ETAR, que levou ao disparo de grande parte dos equipamentos	Falha de energia	Foram rearmados os equipamentos e ficaram a funcionar sem registo de problemas	
	Sistema de supervisão	Totalizadores de supervisão ficam a “zero”	Falha de energia	-	
Setembro	-	Unidade Combinada	Disparo frequente do limitador de binário ou tempo de viagem excedido da ponte raspadora	-	Solicitar assistência ao instalador ao abrigo da garantia
	-	Tanque de recepção de fossas sépticas	Bóias de nível da estação elevatória de fossas sépticas não funcionavam correctamente	-	-
	13		Falha de energia na ETAR, que levou ao disparo de grande parte dos equipamentos	Falha de energia	Foram rearmados os equipamentos e ficaram a funcionar sem registo de problemas
	27 e 30		Elevado caudal afluente à ETAR, provavelmente associado à elevada pluviosidade verificada	-	-
	28 e 30		Desgaste nos equipamentos de bombagem e tratamento; Entupimento frequente nas caixas de montante da obra de entrada ou colmatção da gradagem inicial	Afluência de elevadas quantidades de areias, pedras de pequena e média dimensão, paus, raízes, entre outros	
Outubro	-	Unidade Combinada	Disparo frequente do limitador de binário ou tempo de viagem excedido da ponte raspadora	-	Solicitar assistência ao instalador ao abrigo da garantia
	-	Tanque de recepção de fossas sépticas	Bóias de nível da estação elevatória de fossas sépticas não funcionavam correctamente		
	02		Desgaste nos equipamentos de bombagem e tratamento; Entupimento frequente nas caixas de montante da obra de entrada ou colmatção da gradagem inicial	Afluência de elevadas quantidades de areias, pedras de pequena e média dimensão, paus, raízes, entre outros	
	23	Obra de entrada	Elevada quantidade de areias		

	24		Afluência de caudal muito elevada, o que originou a inundação da obra de entrada, da unidade combinada e do canal Parshall		
Novembro	-	Unidade Combinada	Disparo frequente do limitador de binário ou tempo de viagem excedido da ponte raspadora	-	Solicitar assistência ao instalador ao abrigo da garantia
	-	Tanque de recepção de fossas sépticas	Bóias de nível da estação elevatória de fossas sépticas não funcionavam correctamente	-	-
	-	Unidade Combinada	Fora de serviço	Avaria devido à inundação verificada no mês anterior	Reparação/ Substituição dos equipamentos
Janeiro	-	Unidade Combinada	Equipamentos fora de serviço	Inundação da unidade devido a precipitação intensa	Reparação dos equipamentos afectados
	-	Tanque Água Tratada	Válvula de entrada sempre a abrir e a fechar	Avaria	Colocada em manual
	-	Estação Hidropressora final	Encontra-se em avaria	Desgaste dos rolamentos	Substituição dos rolamentos
	-	Salas de equipamentos/ Sala de supervisão	Infiltrações de águas nas salas de equipamentos e na sala de supervisão	-	-
	06	UV	Esteve presente o técnico da Xylem para dar arranque ao UV, mas foi necessário alterar a programação		
10 a 31	SBR 2	Válvulas de entrada e saída não se encontram em funcionamento	Avaria	Encontra-se em reparação	
Fevereiro	-	Unidade Combinada	Equipamentos fora de serviço	Avaria de equipamentos	Equipamentos aguardam reparação
	-	Tanque Equalização	Electrobomba submersível 2 encontra-se em disparo térmico	Avaria	Necessita de verificação/ substituição do grupo electrobomba
	-	Tanque Equalização	Nível de água no poço elevado	Grande afluência de águas pluviais	-

	-	SBR 2	Válvulas de entrada e saída não se encontram em funcionamento	Avaria	Encontra-se em reparação
	-	Estação Hidroressora final	Encontra-se em avaria	Desgaste dos rolamentos	Substituição dos rolamentos
	04	Telhados	Foi realizada a limpeza das caleiras entupidas	-	-
Março	-	Unidade Combinada	Equipamentos fora de serviço	Inundação da unidade devido a precipitação intensa	Reparação dos equipamentos afectados pela inundação
	20	Tanque Recepção de fossas sépticas	Electrobomba submersível 2 encontra-se em disparo térmico	Avaria	Necessita de verificação do grupo electrobomba
	20	Tanque Recepção de fossas sépticas	Agitador submersível em disparo térmico	Avaria	Necessita de verificação da causa da avaria
	-	Estação Hidroressora final	Estação hidroressora encontra-se em avaria	Desgaste dos rolamentos	Substituição dos rolamentos
Abril	-	Unidade Combinada	Equipamentos fora de serviço	Inundação da unidade devido a precipitação intensa	Reparação dos equipamentos afectados pela inundação
	08	Tanque Recepção de fossas sépticas	Electrobomba submersível 2 encontra-se em disparo térmico	Possível entupimento	Foi realizado desentupimento da EB pela equipa do CTGA
	-	Tanque Recepção de fossas sépticas	Agitador submersível em disparo térmico	Avaria	Aguarda reparação da avaria
	-	Estação Hidroressora final	Estação hidroressora encontra-se em avaria	Desgaste dos rolamentos	Substituição dos rolamentos
	17	Tanque de equalização	Electrobomba submersível 2 em avaria	Electrobomba em disparo térmico	EB2 foi retirada e testada. Verificou-se que a EB não se encontrava presa nem apresentava ruído ou folga e apresentava o mesmo consumo nas 3 fases. Ao final da visita, a EB ficou em adequado funcionamento.

	-	SBR 2	As válvulas de entrada e de saída do SBR 2 encontram-se fora de serviço	Avaria	As válvulas aguardam reparação.
	17	Vedação da ETAR	Painéis de vedação cortados	Acesso ao interior do recinto da ETAR para tentativa de furto de materiais	O painel foi soldado
	22 e 24	Tratamento terciário	Unidade de UV encontrava-se por vezes em disparo térmico	A água a tratar na unidade de UV aflui com grande quantidade de sólidos fazendo disparar o térmico	A equipa técnica do CTGA tem realizado com maior frequência a limpeza dos filtros da microtamisagem, os quais têm colmatado com grande rapidez.
Maio	-	Unidade Combinada	Equipamentos fora de serviço	Inundação da unidade devido a precipitação intensa	Reparação dos equipamentos afectados pela inundação
	-	Tanque Recepção de fossas sépticas	Agitador submersível em disparo térmico	Avaria	Aguarda reparação da avaria
	-	Estação Hidropressora final	Estação hidropressora encontra-se em avaria	Desgaste dos rolamentos	Substituição dos rolamentos
	-	SBR 2	As válvulas de entrada e de saída do SBR 2 encontram-se fora de serviço	Avaria	As válvulas aguardam reparação.
	-	Tratamento terciário	Unidade de UV encontrava-se por vezes em disparo térmico	A água a tratar na unidade de UV aflui com grande quantidade de sólidos	A equipa técnica do CTGA tem realizado com maior frequência a limpeza dos filtros da microtamisagem, os quais têm colmatado com grande rapidez.

ANEXO E – OD e Redox medidos no SBR (CTGA, 2013a, 2013b, 2014)

	Data	Fase	OD [mgO ₂ /L]	Redox [mV]		Data	Fase	OD [mgO ₂ /L]	Redox [mV]	
Agosto	2	E	0,23		Dezembro	2	A	4,06		
	7	E	1,1	224		9	E		239,7	
	8	S	3,29			13	D	6,47		
	12	E	0	222		16	A	4,8		
	16	S	2,31			20	D	7,76		
	19	A	0,49							
	22	E	0,04	178		Janeiro	15	A	8,09	
	23	S	7,84				31	A	9,82	
	26	E	0,25	218		Fevereiro	4	A	9,66	
	28	S	6,38				10	A	8,61	
30	S	7,91		18	D		11,22			
				27	E		8,79	189,2		
Setembro	2	E	0,2	121	Março	4	S	10,48		
	4	A	3,55			10	E	4,79	204,7	
	9	E	0,39	111		20	A	0		
	11	A	2,5			25	S	1,53		
	13	D	0,77		Abril	2	A			
	16	D	0,08			8	E	7,18	93,8	
	20	E	0,05	269		17	E	0,14	19,6	
	23	S	0,12	149		22	A	0,55		
	27	A	0	-223		24	E	0,16	61,3	
30	D	0		29	A	5,95				
Outubro	7	A	0,13	147	Mai	8	A	0,2		
	9	A	0,24			16	A	6,55		
	14	A	8,05	211		23	A	0,2		
	22	D	3,12			28	A	0,2		
	27	A	4,11	175						
31	A	3,47	187							
Novembro	4	E	0,21							
	8	A	3,4							
	21	D	5,57	215						
	22	A	4,21	229						
	27	D	0,98							
29	S	1,21	183							

E: Enchimento; A-Arejamento; S- Sedimentação; D-Decantação