



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

**Articulação do tratamento das águas lixivantes de infra-
estruturas de resíduos com ETAR Urbanas - Caso de
estudo**

FLÁVIO NORBERTO DE GOUVEIA VIEIRA

Licenciado em Engenharia Civil

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área de Especialização em
Hidráulica

Orientador:

Mestre, Carlos Manuel Martins, Professor Adjunto, Instituto Superior de
Engenharia de Lisboa

Júri:

Presidente: Doutor, João Alfredo Ferreira dos Santos, Professor
Coordenador do ISEL

Arguente: Doutor, Mário Augusto Tavares Russo, Professor
Coordenador da ESTG do IP Viana do Castelo

Maio de 2013



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

**Articulação do tratamento das águas lixivantes de infra-
estruturas de resíduos com ETAR Urbanas - Caso de
estudo**

FLÁVIO NORBERTO DE GOUVEIA VIEIRA

Licenciado em Engenharia Civil

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área de Especialização em
Hidráulica

Orientador:

Mestre, Carlos Manuel Martins, Professor Adjunto, Instituto Superior de
Engenharia de Lisboa

Júri:

Presidente: Doutor, João Alfredo Ferreira dos Santos, Professor
Coordenador do ISEL

Arguente: Doutor, Mário Augusto Tavares Russo, Professor
Coordenador da ESTG do IP Viana do Castelo

Maio de 2013

RESUMO

A deposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros sanitários (AS) tem uma dimensão que necessita de uma atenção especial por parte da sociedade. Deste acto podem resultar situações gravosas para o meio ambiente se não forem tomadas as medidas correctas. Um dos pontos que necessita de uma particular atenção é o tratamento das águas lixiviantes dos aterros sanitários, uma vez que estas apresentam geralmente cargas altamente poluentes.

O presente trabalho apresenta a estrutura de um aterro sanitário, definindo os seus princípios de funcionamento, bem como as principais características a ter em consideração para a sua concepção e construção. É ainda abordada a composição dos resíduos sólidos produzidos em Portugal de acordo com (1) e as características quantitativas e qualitativas do lixiviado produzido por um AS.

São apresentados os sistemas tratamento convencionais, biológicos e físico-químicos, mais utilizados em Portugal para o tratamento de águas lixiviantes, relacionando as problemáticas e as limitações associadas a cada um deles. É ainda apresentado o tratamento combinado de águas lixiviantes com águas residuais e a recirculação de lixiviado no sistema de tratamento, assim como algumas das vantagens associadas a estas práticas.

Tendo por base, uma situação real, avalia-se um caso de estudo, que visa a avaliação do funcionamento da estação de pré-tratamento das águas lixiviantes produzidas no aterro sanitário do ecoparque de Palmela, tendo em consideração o facto de este tratamento ser realizado em combinação com o tratamento de águas residuais urbanas. A avaliação do funcionamento da estação de pré-tratamento de águas lixiviantes (EPTAL) é realizada de acordo com os dados fornecidos nos relatórios elaborados pela empresa LUSÁGUA, que apresentam os valores das cargas poluentes medidos à entrada e saída da EPTAL, verificando com estes dados se os valores limite de emissão medidos à saída da EPTAL são respeitados.

São ainda propostas algumas alterações baseadas em pareceres técnicos que acompanham os relatórios elaborados pela LUSÁGUA e um estudo elaborada pela ECOserviços em Fevereiro de 2010 onde se obtêm eficiências de etapas de tratamentos com base em testes laboratoriais e testes realizados na própria EPTAL.

Palavras-chave: Aterro sanitário, Lixiviado, Águas lixiviantes, Tratamento, Eficiência.

ABSTRACT

The landfill disposal of Municipal Solid Waste has a dimension that requires a special attention by the society. There can be multiple serious consequences for the environment if the correct measures aren't considered. One of the consequences that require an urgent intervention is the leachate produced from the landfill, due to his high concentration in hazardous loads.

This work will start with the display of landfill structure, by presenting the main principals and concepts of a landfill, the solid waste composition produced in Portugal in 2010, as well as the main characteristics that need to be considered in landfill construction, and the qualitative and quantitative leachate characteristics.

In the following chapter it is presented the conventional treatments, biological and physical-chemical, used for leachate treatment in Portugal and their main applications and limitations. It is also presented the benefits of the combined treatment of leachate with wastewater and the benefits of leachate recirculation through de treatment system.

The last chapter of this work is used to evaluate the leachate treatment efficiency used to treat leacheat generated from Palmela's Eco-Park landfill. The evaluation is performed considering that the leachate treatment occurs in combination with wastewater treatment. The efficiency is evaluated based on the reports made by LUSÁGUA Company, that measures the hazardous loads at the beginning and at the end of the treatment process and that allow to verify if the hazardous loads measured at the end of the treatment are inferior to the limit value required. It is also proposed some changes in the treatment process based on technical advices attached to LUSÁGUA report and a study made by ECOseviços Company in February of 2010 that gives information about treatments efficiency based on laboratory and field tests made on the treatment station.

Keywords: Landfill, Leachate, Lechate Treatment, efficiency.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho teve o apoio importante de algumas pessoas a quem gostaria aqui de deixar demonstrada a minha gratidão expressa e com sentido.

Gostaria de agradecer ao Professor Mestre Engenheiro Carlos Manuel Martins, orientador responsável pelo presente trabalho, que se mostrou desde muito cedo disponível e motivador na realização deste trabalho e pelo tempo disponibilizado em reuniões para definir o percurso a descrever na elaboração do trabalho e todo o tempo também disponibilizado para proceder à sua revisão.

Gostaria também de agradecer ao Engenheiro Luís Santos, da Direcção Técnica e de Desenvolvimento da Amarsul, por todo tempo disponibilizado também ele em reuniões onde foi possível esclarecer dúvidas sobre as características e o funcionamento da estação de tratamento de águas lixiviantes e por todos os documentos facultados que foram fulcrais para a realização deste trabalho.

Gostaria também de agradecer a todos os meus amigos, aos que também se encontravam na realização do Trabalho Final de Mestrado e que por isso passamos momentos repletos de angústias e alegrias juntos, e aos que não estando a elaborar o TFM tiveram um papel fundamental nas alegrias e motivação que prestaram durante esta e todas as outras etapas importantes da vida.

Gostaria de fazer um agradecimento especial aos meus pais e as minhas irmãs por tudo o que passamos juntos durante o ciclo de estudos que termina aqui e por todo o apoio que sempre demonstraram em todas as minhas decisões, dando sempre toda a força para conseguir alcançar todos os objectivos com sucesso e que estarei eternamente agradecido por tudo.

Um obrigado sentido a todos os que tiveram um papel importante nesta etapa da minha vida académica.

Índice de texto

Resumo.....	i
Abstract	iii
Agradecimentos.....	v
Índice de quadros	ix
Índice de figuras	xi
Lista de siglas e abreviaturas.....	xiii
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento e justificação do tema.....	1
1.2 Objectivos.....	4
1.3 Metodologia.....	4
1.4 Estrutura.....	5
2. Estado da arte	7
2.1 Aterros sanitário de resíduos urbanos.....	7
2.1.1 Princípios e conceitos básicos	7
2.1.2 Composição dos resíduos sólidos urbanos	11
2.1.3 Concepção e construção de um aterro.....	13
2.1.4 Caracterização quantitativa e qualitativa do lixiviado	20
2.2 Tratamento de lixiviados	26
2.2.1 Introdução.....	26
2.2.2 Problemas de tratamento das águas lixiviantes	26
2.2.3 Tratamentos convencionais	27
2.2.4 Tratamentos alternativos	41
3. Metodologia	45
3.1 Apresentação da Empresa.....	45

3.2	Aterro sanitário de resíduos urbanos de palmela – Estação de pré-tratamento de águas lixiviantes do ecoparque de Palmela	47
3.3	ETAR urbanas da SIMARSUL que recebem o efluente após o pré-tratamento	57
4.	Resultados e discussão dos dados relativos às características do lixiviado	59
4.1	Volume de lixiviados tratados na EPTAL do ecoparque de Palmela.....	59
4.2	Carência bioquímica em oxigénio	61
4.3	Carência química em oxigénio	65
4.4	Sólidos suspensos totais.....	67
4.5	Azoto amoniacal	70
4.6	Fósforo.....	72
4.7	pH	74
5.	Conclusões	75
	Bibliografia.....	77
	Legislação.....	81
	Anexos.....	i

INDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 - VLE definidos no Regulamento de Exploração do Serviço Público de Saneamento de Águas Residuais do Sistema Multimunicipal da Península de Setúbal a cargo da SIMARSUL.....	3
Quadro 2.1- Produção de RU em Portugal continental entre 2005 e 2010.	11
Quadro 2.2- Valores típicos de aterros jovens e aterros antigos	25
Quadro 3.1- Valores de referência em relação a cada uma das alterações do processo convencional de lamas activadas.....	32
Quadro 3.2- Parâmetros de dimensionamento de tanques de estabilização.....	34
Quadro 4.1 - Volume de lixiviado tratado no ano de 2011	59
Quadro 4.2 - Volume de lixiviado tratado entre 2003 e 2011	60
Quadro 4.3 - Valores de CBO5 no lixiviado no ano de 2011.	61
Quadro 4.4 - Evolução da presença de CBO5 entre 2003 e 2011.....	62
Quadro 4.5 - Valores de CQO no lixiviado no ano de 2011.	65
Quadro 4.6 - Evolução da presença de CQO entre 2003 e 2011.....	66
Quadro 4.7 - Valores de SST presentes no lixiviado em 2011.	67
Quadro 4.8 - Evolução de SST presente no lixiviado entre 2003 e 2011.	69
Quadro 4.9 - Valores de azoto amoniacal presentes no lixiviado em 2011.	70
Quadro 4.10 – Evolução dos valores de azoto amoniacal presente no lixiviado entre 2003 e 2011.....	71
Quadro 4.11 - Valores de fósforo presente no lixiviado no ano de 2011.....	72
Quadro 4.12 - Evolução da remoção de fósforo no lixiviado entre 2010 e 2011.....	73
Quadro 4.13 - Valores de pH no lixiviado no ano de 2011.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Tabela de frequência de monitorização dos parâmetros a medir e controlar no lixiviado produzido pelo aterro sanitário.	2
Figura 2.1- Exemplo de funcionamento de um aterro sanitário (4).	7
Figura 2.2- Caracterização física dos resíduos produzidos em 2010 (1).	12
Figura 2.3- Caracterização dos RSU depositados em aterro em Portugal continental, em 2010 (1).	13
Figura 2.5- Exemplo do sistema de drenagem de lixiviados projectado para um AS (3).	18
Figura 2.6- Exemplo de um sistema de babetes (3).	18
Figura 2.7- Esquema representativo do balanço hídrico de um aterro sanitário (11).	22
Figura 3.1- Figura representativa do sistema de tratamentos por lamas activadas convencional (9).	30
Figura 3.2- Figura representativa do sistema de tratamento por lamas activadas por fases (9).	30
Figura 3.3- Figura representativa do sistema de tratamento por mistura completa (9).	31
Figura 3.4- Figura representativa do sistema de tratamento arejamento prolongado (9).	31
Figura 3.5- Figura representativa do processo de estabilização por contacto (9).	31
Figura 3.6- Figura representativa do processo de oxigénio puro (9).	32
Figura 3.7- Esquema que representa o processo de digestão anaeróbia de velocidade normal (9).	36
Figura 3.8- Esquema que representa o processo de digestão anaeróbia de velocidade elevada (9).	36
Figura 3.9- Esquema que representa o processo de digestão anaeróbia combinando os dois tipos de digestores (9).	37
Figura 3.10- Figura representativa dos resultados obtidos por Pohland (9).	43
Figura 3.11- Figura representativa dos resultados obtidos por Leckie (9).	43
Figura 4.1 - Aterro sanitário de Palmela (18).	46
Figura 4.2 - Contentor onde se realiza o processo de osmose inversa.	48
Figura 4.3- Esquema representativo da estação de pré-tratamento de águas lixiviantes do AS de Palmela.	49
Figura 4.4 - Placa de sinalização da lagoa de regularização.	50
Figura 4.5 - Lagoa de regularização.	50

Figura 4.6 - Válvulas seccionamento.	51
Figura 4.7 - Dispositivos de controlo das bombas.	52
Figura 4.8 - Placas de sinalização das lagoas de arejamento.	53
Figura 4.9 - Lagoa de arejamento II.	54
Figura 4.10 - Arejadores da lagoa de arejamento II.	54
Figura 4.11 - Placa de identificação da lagoa de decantação.	55
Figura 4.12 - Lagoa de decantação.	56
Figura 4.13 - Volume de lixiviado tratado no ano de 2011.	59
Figura 4.14 - Precipitação média na estação de S Julião do Tojal (19).	59
Figura 4.15 - Volume de Lixiviado tratado entre 2003 e 2011.	60
Figura 4.16 - Valores de CBO5 no lixiviado no ano de 2011.	61
Figura 4.17 - Valores de eficiência de remoção de CBO5 no lixiviado no ano de 2011.	61
Figura 4.18 - Evolução da presença de CBO5 entre 2003 e 2011.	62
Figura 4.19 - Evolução da eficiência de remoção da CBO5 no lixiviado entre 2003 e 2011. .	63
Figura 4.20 - Valores de CQO no lixiviado no ano de 2011.	65
Figura 4.21 - Valores de CQO no lixiviado no ano de 2011.	65
Figura 4.22 - Evolução da presença de CQO entre 2003 e 2011.	66
Figura 4.23 - Evolução da eficiência de remoção da CQO no lixiviado entre 2003 e 2011. ...	67
Figura 4.24 - Valores de SST presentes no lixiviado em 2011.	68
Figura 4.25 - Valores da eficiência de remoção de SST do lixiviado em 2011.	68
Figura 4.26 - Evolução de SST presente no lixiviado entre 2003 e 2011.	69
Figura 4.27 - Evolução da eficiência de remoção de SST do lixiviado entre 2003 e 2011.	69
Figura 4.28 - Valores de azoto amoniacal presente no lixiviado em 2011.	70
Figura 4.29 - Valores da eficiência de remoção de azoto amoniacal no lixiviado em 2011. ...	70
Figura 4.30 - Valores de fósforo presente no lixiviado no ano de 2011.	72
Figura 4.31 - Eficiência de remoção de fósforo no lixiviado no ano de 2011.	73
Figura 4.32 - Gráfico de evolução dos valores de pH no lixiviado no ano de 2011.	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AMARSUL	Sistema Multimunicipal de Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos da Margem Sul do Tejo
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AS	Aterro Sanitário
CAP	Carvão Activado em Pó
CBO	Carência Bioquímica em Oxigénio
Cl	Cloreto
CQO	Carência Química em Oxigénio
DL	Decreto-Lei
ECOserviços	Empresa que realiza estudos, projectos e executa empreitadas na área de Engenharia Ambiental
EPTAL	Estação de Pré-Tratamento de Águas Lixiviantes
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ETAL	Estação de Tratamento de Águas Lixiviantes
FFD	Ferro Fundido Dúctil
GAP	Carvão Activado Granulado
IRAR	Instituto Regulador de Águas e Resíduos
LA	Lamas Activadas
LMSST	Licor Misto de Sólidos Suspensos Totais
LMSSV	Licor Misto de Sólidos Suspensos Voláteis
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LUSÁGUA	Empresa responsável pela operação e manutenção da EPTAL do Ecoparque de Palmela
NKT	Nitrogénio de Kjeldahl Total
P	Fósforo expandido
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PERSU I	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos I (1997-2006)
PERSU II	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos II (2006-2016)
PRFV	Plástico Reforçado com Fibra de Vidro
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
RU	Resíduos Urbanos
SIMARSUL	Sistema Integrado Multimunicipal de Águas Residuais da Península de Setúbal
SST	Sólidos Suspensos Totais
UV	Ultravioleta
VLE	Valor Limite de Emissão

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

A deposição de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário é o método de eliminação de resíduos sólidos mais utilizado, nos dias que correm, em Portugal. Como tal é necessário que a sua eliminação através deste processo tenha o mínimo de riscos possíveis para o meio ambiente e para a população. Nesse sentido é fulcral a definição de medidas e estratégias que promovam a correcta eliminação dos resíduos sólidos urbanos sem que seja comprometida a qualidade e segurança da população e do meio ambiente que envolve a zona que será sujeita à deposição dos RSU.

O Decreto-Lei n.º183/2009, de 10 de Agosto, rectificado pela Declaração de Rectificação n.º74/2009, de 9 de Outubro são os documentos que estabelecem as exigências necessárias para gestão e exploração dos aterros sanitários em Portugal, e que surgiram em substituição do Decreto-Lei n.º152/2002, de 23 de Maio, uma vez que este não correspondia às necessidades neste âmbito. A produção de resíduos tem consequências que podem ser devastadoras, como tal é necessário controlar a sua produção e definir metas a alcançar.

N o artigo 8.º do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto encontram-se plasmadas estratégias e metas a alcançar para a redução da deposição dos resíduos em aterro. As metas definidas passam por uma redução da deposição em aterro sanitário de 50% da quantidade total de resíduos urbanos biodegradáveis produzidos em 1995 até a data de 2013, e a redução para 35% do total de resíduos biodegradáveis produzidos em 1995 até 2020.

Os aterros sanitários são classificados tendo em consideração o tipo de resíduos que recebem e depositam. Segundo o capítulo III do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto a classificação atribuída aos aterros sanitários será a de “*Aterros para resíduos inertes*”, “*Aterros para resíduos não perigosos*” e “*Aterros para resíduos perigosos*”. Cada aterro sanitário estará sujeito ao cumprimento de requisitos técnicos definidos no Anexo I do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, sendo estes requisitos a localização do aterro, controlo de emissões, protecção do solo e das águas, estabilidade, equipamentos, instalações e infra-estruturas de apoio, encerramento e integração paisagística.

A deposição de resíduos em aterros sanitários tem como consequência a formação de efluente líquidos, denominados de lixiviados e a formação de efluentes gasosos. Tais efluentes necessitam de tratamento para que possam ser libertados sem prejudicar a segurança e a qualidade do meio ambiente e da população. Neste sentido é obrigatório que o aterro sanitário possua um sistema de tratamento para o lixiviado e para os gases produzidos.

O Anexo III do DL 183/2009 define quais os parâmetros de monitorização obrigatórios relativamente ao lixiviado produzido. A figura seguinte ilustra quais os parâmetros a monitorizar e também a sua frequência de monitorização.

Controlo dos lixiviados				
	Frequência das determinações			
	Quinzenalmente	Mensalmente	Trimestralmente	Semestralmente
Controlo do nível dos lixiviados	x			
Monitorização do volume dos lixiviados		x		
Determinações analíticas				
pH		x		
Condutividade		x		
CQO		x		
COT				x
Carbonatos/bicarbonatos			x	
Cianetos			x	
Cloretos		x		
Fluoretos				x
Amónio		x		
Nitratos				x
Nnitritos				x
Sulfatos				x
Sulfuretos				x
Alumínio				x
Bário				x
Boro				x
Cobre				x
Ferro				x
Manganésio				x
Zinco				x
Antimónio				x
Arsénio			x	
Cádmio			x	
Crómio total			x	
Crómio VI, se aplicável			x	
Mercurio			x	
Níquel				x
Chumbo			x	
Selénio				x
Cálcio				x
Magnésio				x
Potássio			x	
Sódio				x
Índice de fenóis			x	
AOX				(i) x
Hidrocarbonetos totais				x

(i) Se AOX > 10 mg/l, deve ser realizada uma análise no sentido de apurar a presença dos compostos orgânicos clorados definidos pela entidade licenciadora.

Figura 1.1 - Tabela de frequência de monitorização dos parâmetros a medir e controlar no lixiviado produzido pelo aterro sanitário.

O sistema de tratamento do lixiviado produzido pelo aterro sanitário tem obrigatoriamente de respeitar regras que são estabelecidas de acordo com o ponto de descarga do lixiviado após o tratamento que recebe. De acordo com os pontos de descarga são estabelecidos valores limite

de descarga para cada um dos parâmetros monitorizados antes e após o tratamento do lixiviado.

Os pontos de descarga são identificados ou como linha de água ou como colector da rede municipal. Para a descarga em linha de água o lixiviado tratado tem de respeitar as normas estabelecidas pelo Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, enquanto para a descarga em colector da rede municipal o lixiviado tratado deve respeitar o valor limite de emissão definido no regulamento de exploração do serviço público de saneamento de águas residuais do sistema multimunicipal ou municipal responsável pela exploração do sistema de tratamento de águas residuais que receberá e tratará o lixiviado após um tratamento prévio realizado pela entidade responsável pela exploração e gestão do aterro sanitário.

No caso do tratamento de um lixiviado ser realizado em combinação com uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR), este será submetido a um pré-tratamento com o intuito de atingir os valores de descarga definidos sendo posteriormente descarregado numa rede de colectores municipais e encaminhado para tratamento numa ETAR.

A título de exemplo apresentamos o regulamento de exploração do serviço público de saneamento de águas residuais do sistema multimunicipal da península de Setúbal a cargo da SIMARSUL onde podemos observar os VLE impostos para a descarga do lixiviado na rede municipal. Os valores na tabela seguinte são os valores que são necessariamente atingidos no pré-tratamento das águas lixiviantes para estas serem descarregadas na rede de colectores municipais.

Par.	pH	Cond. $\mu\text{s.m}^{-1}$	CQO mgO_2/L	CBO ₅ mgO_2/L	SST mgSST/L	Azoto $\text{mgN-NH}_4/\text{L}$	Cl. mgCl/L	P _{total} mgP/L	Nitri. mgNO_2/L	Nitra. mgNO_3/L
VLE	6 – 9	1000	3000	1000	1000	450	1000	20	10	50

Quadro 1.1 - VLE definidos no Regulamento de Exploração do Serviço Público de Saneamento de Águas Residuais do Sistema Multimunicipal da Península de Setúbal a cargo da SIMARSUL (2).

1.2 OBJECTIVOS

O presente trabalho tem como principal objectivo o estabelecimento de critérios a observar em tratamento de águas lixiviantes nas ETAR urbanas, sendo este limitado ao caso concreto de estudo, ou seja, às águas lixiviantes drenadas do AS do ecoparque de Palmela gerido pela AMARSUL e da ETAR a cargo da SIMARSUL.

A sua generalização a casos similares está limitada, dado a heterogeneidade de situações, no que respeita às características dos RU, ao regime de pluviosidade local, características físicas do aterro e condições de operação respectivas.

Inicialmente pretende-se compreender o funcionamento geral de um aterro sanitário, caracterizando assim os seus princípios e conceitos básicos, perceber qual dimensão de resíduos produzidos em Portugal e as medidas que são necessariamente respeitadas na concepção e construção de um aterro sanitário.

Posteriormente propomo-nos compreender a eficiência dos tratamentos biológicos e físico-químicos utilizados com maior frequência no tratamento de lixiviados produzidos nos AS.

Na última fase do trabalho, centramos um foco num estudo de um caso específico, verificaremos quais os parâmetros que acarretam a necessidade de ser controlados, identificaremos quais dos parâmetros medidos respeitam ou não os limites de descarga estabelecidos, entenderemos as razões que levam a desempenhos dos processos de tratamento abaixo do esperado e avaliaremos possíveis soluções para os problemas apresentados.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia adoptada para alcançar os objectivos propostos passou numa primeira etapa pela elaboração de uma recolha bibliográfica que se baseou em estudos já realizados sobre esta temática, publicações de autores especializados nesta área e outras fontes de recolha de dados realizados por entidades de importante influência neste âmbito como o IRAR/ERSAR e o LNEC.

Numa segunda etapa de elaboração do trabalho procedeu-se à recolha de informação necessária para desenvolver o caso de estudo. A informação recolhida e disponibilizada pela entidade responsável pela gestão e exploração do sistema de tratamento em estudo

(AMARSUL), consiste nos relatórios elaborados pela LUSÁGUA, sendo esta é a entidade responsável pela elaboração dos relatórios mensais das análises e pela medição dos parâmetros de avaliação do funcionamento da estação de pré-tratamento em estudo.

Os relatórios apresentam as cargas poluentes presentes no lixiviado à entrada e a saída da EPTAL, pareceres técnicos sobre o funcionamento da mesma. Foi também recolhida informação presente num estudo elaborado, pela ECOserviços, em Fevereiro de 2010 com o intuito de estudar o tratamento realizado ao lixiviado produzido pelo AS do ecoparque de Palmela em 2010, bem como as suas principais carências e propostas de métodos de tratamento do lixiviado mais eficazes, baseado em ensaios laboratoriais e ensaios realizados no local.

Numa fase final foi realizada uma avaliação do funcionamento da EPTAL de acordo com os dados recolhidos no sentido de verificar se os VLE são cumpridos por parte da entidade gestora e exploradora do AS e responsável pela descarga do efluente produzido na rede de colectores municipais, bem como a sugestão de alternativas com vista ao aumento do nível de eficácia de tratamento com base nos estudos realizados anteriormente.

1.4 ESTRUTURA

O presente trabalho final de mestrado encontra-se dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo denominado de introdução tal como o nome indica elabora a introdução ao trabalho onde se enquadra e justifica o tema desenvolvida, determinam-se os objectivos propostos pelo trabalho, apresenta-se a metodologia adoptada para a elaboração do mesmo e a estrutura que o trabalho apresenta.

O segundo capítulo intitulado de aterro sanitário de resíduos urbanos apresenta os princípios e conceitos básicos de um AS, a composição dos resíduos sólidos em Portugal, os princípios relativos à concepção e construção de um aterro sanitário, e caracteriza quantitativa e qualitativamente o lixiviado produzido por um AS de resíduos sólidos urbanos.

O terceiro capítulo do trabalho designado de tratamento de lixiviados introduz a necessidade de se proceder ao tratamento do lixiviado, os principais problemas e dificuldades do tratamento de águas lixiviantes, os tratamentos convencionais utilizados para tratar os lixiviados, sendo estes os tratamentos biológico e físico-químicos, o tratamento combinado de

águas lixiviantes com águas residuais urbanas e recirculação do lixiviado no processo de tratamento.

O quarto capítulo caracteriza-se pelo estudo de um caso concreto que é alvo deste estudo. Primeiramente é elaborada uma pequena apresentação da empresa, de seguida é apresentada a estação de pré-tratamento do lixiviado e os processos que a compõem e no final é realizada a apresentação, análise e discussão dos resultados relativos às características do lixiviado estudado.

É também apresentado no quarto capítulo os processos de tratamento que caracteriza as ETAR que recebem o lixiviado após o pré-tratamento a que está sujeito.

O último capítulo do trabalho é reservado às conclusões e incide sobre as reflexões tiradas relativamente a eficiência de tratamento que se observa na estação de pré-tratamento de acordo com os limites de descarga estabelecidos e as alterações que teriam impacto significativo no funcionamento da estação de pré-tratamento, por forma a assegurar a articulação com o regime de operação das ETAR da SIMARSUL.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 ATERROS SANITÁRIO DE RESÍDUOS URBANOS

2.1.1 Princípios e conceitos básicos

Os aterros sanitários não são mais do que locais onde se procede à colocação no terreno de material sólido, nomeadamente resíduos sólidos urbanos, como forma de os eliminar, sem que com este processo e através de técnicas adequadas, ocorra a degradação do meio ambiente envolvente e/ou se apresentem riscos de saúde pública, sendo estes aspectos determinantes para o desenvolvimento de todo o processo de exploração, manutenção e encerramento de um aterro sanitário (3).

O conceito de aterro sanitário pode ser definido também como um sistema de tratamento, se considerarmos que este é um sistema com entradas e saídas definidas de acordo com a estrutura do mesmo. As entradas no sistema seriam neste caso os RSU e a energia necessária ao desenvolvimento do processo. Tal como qualquer sistema de tratamento o processo a considerar seria a decomposição dos resíduos orgânicos. As saídas do sistema seriam os resíduos finais estabilizados, os gases e os produtos líquidos. À semelhança daquilo que acontece em qualquer processo, a eficiência, quantidade e qualidade dos produtos finais, as saídas, dependem das entradas e do processo de tratamento. A figura seguinte demonstra o funcionamento de um AS (4).

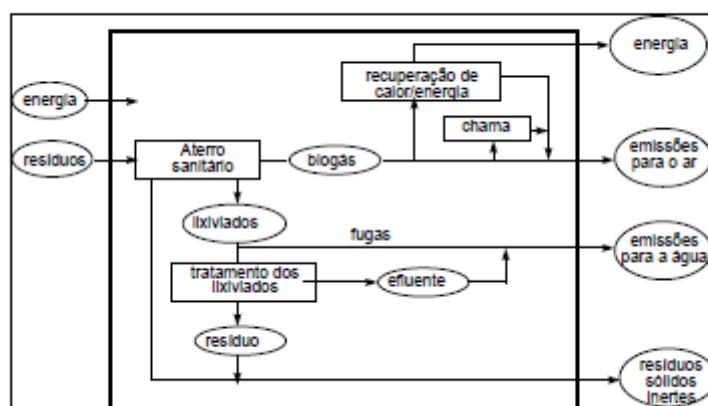


Figura 2.1- Exemplo de funcionamento de um aterro sanitário (4).

A projeção de um aterro sanitário deve garantir que os materiais em decomposição permanecem neste mesmo AS até que se tornem suficientemente inertes e que não apresentem quaisquer riscos para a saúde pública e ambiente (5).

De acordo com Gonçalves e Martinho (2000) um aterro sanitário é uma obra de engenharia que deve satisfazer os seguintes requisitos:

- Redução dos riscos de saúde pública, incluindo não só a da população residente como a dos trabalhadores;
- Minimização da possibilidade de poluição da água, ar, solo e paisagem;
- Execução de uma boa compactação para utilização o mais completa possível do terreno disponível;
- Prática de uma gestão correcta que possibilite a utilização do local no futuro;
- Criação de uma barreira que reduza os níveis de percepção de riscos.

Um aterro sanitário é formado por camadas de resíduos compactados que se envolvem por material inerte. São geralmente camadas com aproximadamente dois metros de altura que são sobrepostas por meios mecânicos de movimentação. Tal facto deriva de deste modo se evitar situações não desejáveis, tais como a ocorrência de maus cheiros, dispersão de materiais ligeiros por acção do vento e o aparecimento e desenvolvimento de roedores e insectos (3).

A deposição dos resíduos em camadas, em aterro sanitário, e a sua compactação originam processos de degradação da matéria orgânica em condições predominantemente anaeróbias, visto não existir a circulação de ar nas camadas formadas. Deste modo, verifica-se a produção de biogás, que obriga a instalação de sistemas de drenagem e captação podendo posteriormente ser aproveitado a nível energético.

Existem vários métodos utilizados para proceder à compactação dos RSU num aterro sanitário. Alguns destes métodos são baseados na passagem sucessiva de máquinas de compactação, geralmente compactadores que, por efeito de compressão sobre os resíduos, diminuem o seu volume e aumentam a sua densidade, chegando a atingir valores entre 0,6 a 0,9 t/m³. Outra possibilidade passa pela prensagem prévia dos resíduos em pacotes elevando a sua densidade, atingindo valores superiores a 1 t/m³, e diminuindo o seu volume. É relevante mencionar que o processo de prensagem prévia necessita várias unidades e equipamentos que agrava o custo da operação (3); (5).

O sistema de prensagem prévia dos resíduos, introduz alterações na produção futura do AS, pois ocorre desde logo a produção de lixiviados na operação de prensagem e a sua deposição nas células altera o regime de circulação da água entre a massa de resíduos ao longo do tempo de vida útil do AS.

Importa pois ter presente que as condições de operação dos AS podem gerar águas lixiviantes de características quantitativas e qualitativas diversas.

Esta solução para a eliminação dos resíduos sólidos urbanos prende-se ao facto destes emitirem inevitavelmente líquidos, designados de lixiviados, e gases, designados de biogás.

É necessário impermeabilizar o aterro sanitário de modo a evitar por completo a contaminação dos aquíferos. A impermeabilização é executada através do “ (...) revestimento da base com solos de baixa permeabilidade ou tela plástica (...)” que facilitam a acumulação e drenagem dos efluentes líquidos altamente contaminados, designados de lixiviados (3).

Outro factor a ter em conta é a concentração e quantidade de lixiviados a tratar, uma vez que o aterro sanitário prevê uma determinada concentração de modo a diminuir a quantidade de lixiviado produzido. Deste facto deriva a necessidade de separar as águas superficiais, pluviais e águas lixiviantes através de sistema de drenagem distintos.

A elevada periculosidade dos gases originados através da decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbias obriga uma atenção e cuidado acrescido justificado pelo seu risco de explosão e formação de odores extremamente desagradáveis. Verifica-se necessário controlar e conduzir estes gases para um sistema de queima ou de aproveitamento energético.

O tratamento dos lixiviados pode ser executado através de equipamentos específicos no local ou em instalações para o tratamento de outras águas residuais. Estes tratamentos são de importância extrema podendo influenciar de forma preunciada o custo total deste processo.

O processo de tratamento de lixiviados e biogás decorrem durante um certo número de anos após o encerramento do aterro sanitário a que estão associados. Tal facto deriva da contínua degradação através de processos biológicos dos resíduos sólidos depositados após o encerramento do aterro sanitário (3).

Na fase de encerramento de um aterro sanitário deposita-se uma camada superficial de terra com múltiplos fins, nomeadamente a redução da passagem de água através do AS, o controlo

da emissão de gases, a reflorestação do local e a constituição de uma barreira entre desperdício e ambiente (5).

Um aspecto importante a considerar numa solução deste tipo é o local para implantação do Aterro Sanitário. Por vezes encontrar um local adequado para esta infraestrutura revela-se uma missão bastante difícil sendo que a avaliação do local deve ser baseada em factores socioeconómicos e ambientais.

É fundamental ter em consideração, para uma selecção adequada do local de implantação do aterro sanitário, as condições naturais que beneficiem o custo de construção, exploração e manutenção do próprio aterro sanitário e os valores económicos, sociais e culturais existentes no local em consideração (3); (6).

Nos factores socioeconómicos é fundamental considerar “ (...) as acessibilidades, as distâncias às fontes produtoras de resíduos, a proximidade de zonas habitadas, o impacto do tráfego e do ruído, a segurança e a saúde pública, os valores económicos, históricos e culturais, e os valores paisagísticos.” (3).

Da mesma maneira que para os factores ambientais é essencial considerar “ (...) as condições geotécnicas e hidrogeológicas, a geomorfologia, clima e meteorologia, hidrologia, características agrícolas e florestais, e a sensibilidade dos ecossistemas, e, por outro lado, também o uso e ocupação do solo.” (3).

A selecção do local para a implantação do aterro sanitário deve carecer da intervenção e participação das entidades interessadas com o intuito de existir informação detalhada e integrada na influência deste sobre o ambiente natural e social (3).

Existem no entanto estratégias que seguem critérios bem definidos para a determinação do local de implantação dos aterros sanitários. De acordo com Russo (2003) podem ser utilizadas estratégias que se baseiam na definição de uma zona de estudo que tem em conta a produção de RSU e as distâncias a percorrer para o seu depósito em aterro, ou estratégias que privilegiam áreas conhecidas e com as características desejadas mas que não se encontram no parâmetro estudado na estratégia mencionada anteriormente.

É então neste contexto que são identificados alguns parâmetros mínimos para que um aterro sanitário seja classificado como tal, sendo estes os seguintes (6):

- Sejam dotados de instalações de apoio ajustadas;
- Organização adequada na deposição diária dos resíduos bem como a sua compactação através de equipamento também ele adequado;
- Material com competência para proceder à cobertura diária dos resíduos e selagem final deste tal como o controlo destas actividades;
- Leito impermeabilizado;
- Sistemas de drenagem dos lixiviados e de biogás,
- Integração biofísica e paisagística do aterro sanitário.

2.1.2 Composição dos resíduos sólidos urbanos

A composição dos resíduos sólidos urbanos a depositar no aterro é fundamental para determinar o acondicionamento dos RSU e o tipo de tratamento das águas e gases produzidos. Torna-se assim fundamental estimar a evolução da quantidade e do tipo de RSU ao longo dos anos de exploração do aterro para que este corresponda às necessidades a que será submetido (7).

De acordo com o documento publicado em Outubro de 2011 pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), denominado de “Resíduos Urbanos em 2010”, em 2010 houve um decréscimo de 0.03% da quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos relativamente ao ano de 2009, apesar de entre 2005 e 2009 ter sido notório o aumento da produção de RU.

No quadro seguinte podemos observar a evolução da produção de RU em 2010. (1).

Quadro 2.1- Produção de RU em Portugal continental entre 2005 e 2010 (1).

Total de RU (t)					
2005	2006	2007	2008	2009	2010
4.470.869 t	4.641.103 t	4.648.222 t	5.144.882 t	5.185.882 t	5.183.569 t
1.75 %	3.81 %	0.15 %	10.68 %	0.78 %	-0.03 %

Através do PERSU II, aprovado pela Portaria n.º187/2007 de 12 de Fevereiro, são definidas as linhas orientadoras que expõem a metodologia para a quantificação e caracterização de resíduos sólidos urbanos. Apesar deste facto, apenas na publicação da Portaria n.º 851/2009, de 7 de Agosto, foram efetivamente aprovadas as normas técnica relativas à caracterização de resíduos sólidos urbanos, nomeadamente as definições correspondentes à fração caracterizada reciclável.

De acordo com a Portaria as categorias estabelecidas são as seguintes (1):

- Finos (<20mm);
- Papel/Cartão;
- Plástico;
- Vidro Compósitos;
- Têxteis;
- Têxteis Sanitários;
- Metais;
- Madeira;
- Resíduos Perigosos;
- Resíduos Verdes;
- Resíduos Volumosos; e
- Outros Resíduos.

No quadro seguinte apresenta-se um gráfico que corresponde à percentagem da caracterização física dos resíduos sólidos urbanos produzidos em 2010 em Portugal (1).

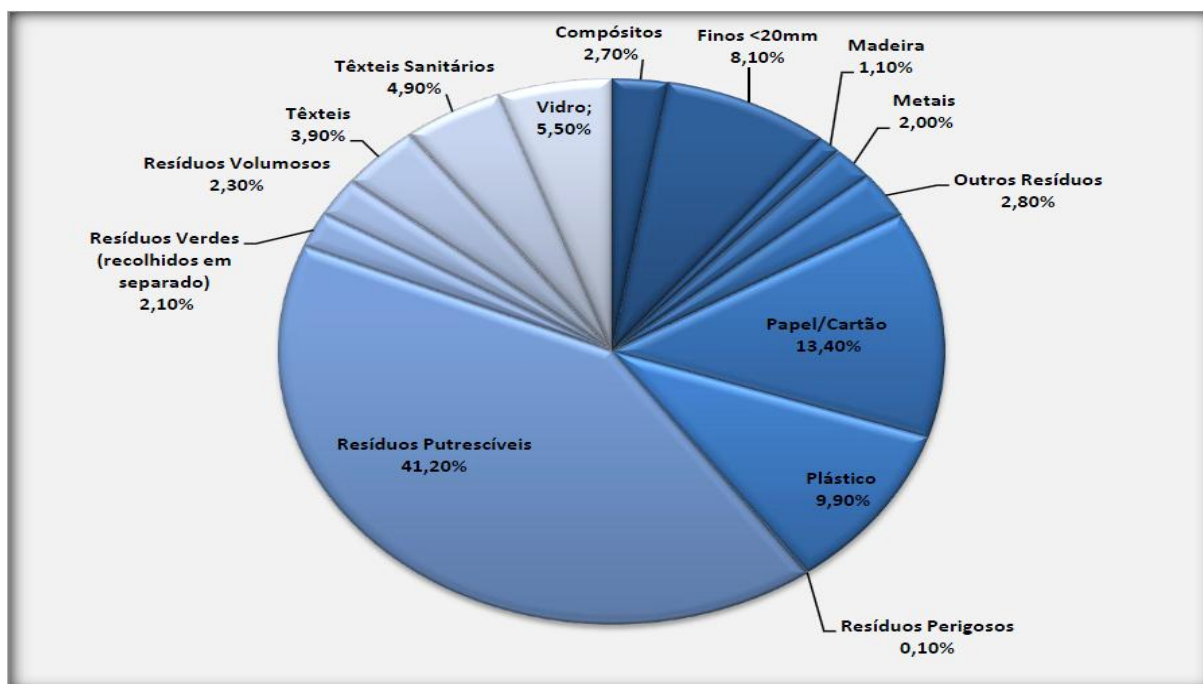


Figura 2.2- Caracterização física dos resíduos produzidos em 2010 (1).

No quadro seguinte apresenta-se um gráfico com as quantidades percentuais de RSU colocados em aterro em 2010 (1).

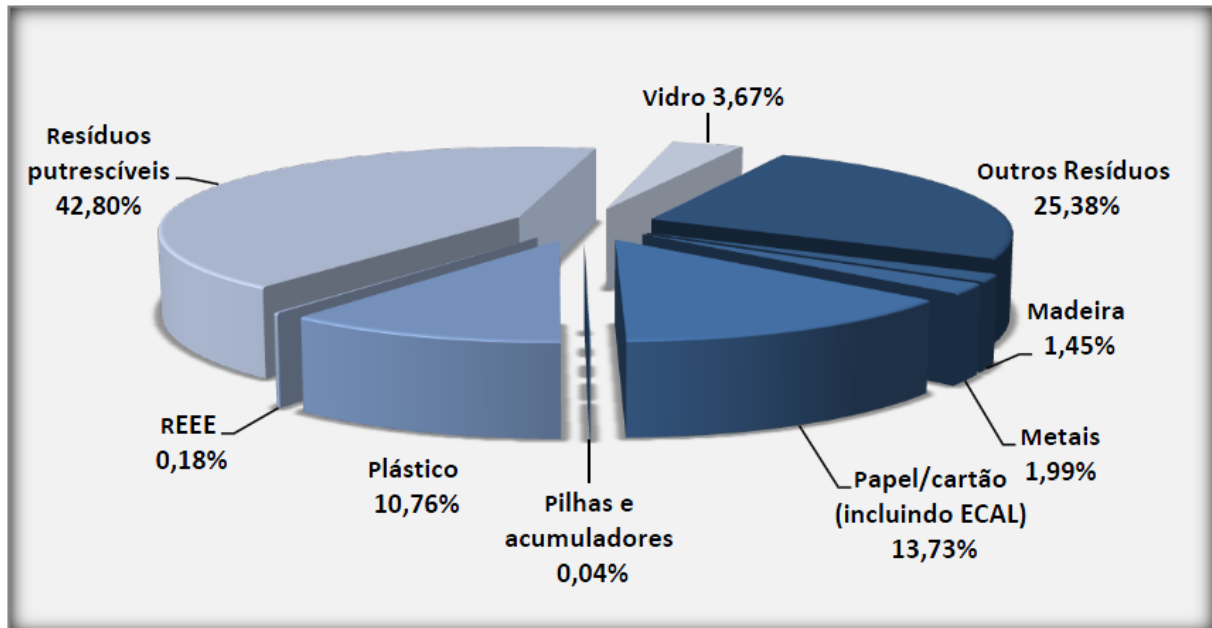


Figura 2.3- Caracterização dos RSU depositados em aterro em Portugal continental, em 2010 (1).

2.1.3 Conceção e construção de um aterro

2.1.3.1 Conceção

A concepção de um aterro deve respeitar um conjunto de condições técnicas e ambientais de uma forma integrada tendo em conta a sua construção, operação, manutenção e monitorização.

Deste modo facilmente se estabelecem conjuntos de aspectos que devem ser considerados na concepção de um aterro, tais como:

- Caracterização da área abrangida:
 - Acessibilidades;
 - Cortina arbórea envolvente;
 - Pluviosidade, ventos, temperatura, etc.;
 - Topografia;
 - Condicionantes:
 - Proximidade de habitações;
 - Linhas de água;
 - Vias de circulação;

- Outras situações.
- Conceção geral:
 - Implantação;
 - Células de deposição de resíduos;
 - Movimentos de terras;
 - Vias de acesso;
 - Impermeabilização do fundo:
 - Solos;
 - Geocinéticos;
 - Filtros;
 - Drenos;
 - Tubagens;
 - Acessórios;
 - Drenagem de lixiviados;
 - Drenagem de pluviais;
 - Drenagem de biogás;
 - Tratamento de lixiviados;
- Estudo geológico, hidrogeológico e geotécnico:
 - Geologia:
 - Geomorfologia;
 - Litoestratigrafia;
 - Tectónica;
 - Hidrogeologia;
 - Sismicidade;
 - Geotecnia:
 - Condições superficiais;
 - Escavabilidade;
 - Condições de fundação;
 - Trabalhos complementares;
- Modo de exploração:
 - Modelação do aterro;
 - Capacidade de encaixe;
 - Tratamento de lixiviados;

- Produção de biogás;
- Produção de resíduos:
 - Horizonte de projecto;
 - Universo e evolução populacional;
 - Potencial de resíduos a desviar de aterro;
 - Estimativa de volume de resíduos a depositar,
- Análise de estabilidade;
- Esquema de selagem final e integração paisagística;

Pela sua importância descrevemos em maior detalhe alguns aspectos a observar no estudo dos AS.

Relativamente à fundação do aterro é necessário caracterizar os terrenos de fundação, determinando as suas características geológicas, hidrogeológicas e sísmicas. Esta caracterização é realizada através da execução de campanhas de prospecção geotécnica que devem ser efectuadas durante a fase de projecto ou estudos preliminares.

É fundamental garantir que o terreno de fundação possui características mecânicas que suportem a carga transmitida pelo aterro, e ainda que os assentamentos totais ou diferenciais não comprometam o funcionamento do sistema de impermeabilização do aterro.

Para garantir que o terreno de fundação possui as características mecânicas desejadas é usual proceder à escavação da camada de terra vegetal com características mecânicas mais fracas. A escavação pretende também regularizar o fundo que estará em contacto com o sistema de impermeabilização do fundo. Se a escavação não for suficiente para regularizar o fundo é necessário colocar uma camada de regularização composta por solos compactados sobre a superfície de fundação.

A impermeabilização de fundo e taludes de um aterro é composta por dois sistemas: sistema de protecção ambiental passiva e sistema de protecção ambiental activa.

O sistema de protecção ambiental passiva tem o dever de prevenir a poluição dos solos, das águas subterrâneas e de superfície provocada pelos resíduos e lixiviados durante a fase de exploração e até à completa estabilização dos resíduos.

O sistema de protecção ambiental activa é constituído (3):

- Barreira de impermeabilização artificial;
- Sistema de drenagem de águas pluviais;
- Sistema de drenagem e recolha de lixiviados,
- Sistema de drenagem e tratamento de biogás.

Este sistema tem como objectivo controlar a infiltração das águas de precipitação no aterro, precaver a infiltração de água nos resíduos depositados, garantir que a acumulação de lixiviados no fundo do aterro se mantém num mínimo através da captação da água contaminada e dos lixiviados, e captar, tratar e valorizar o biogás produzido (3).

É importante referir que os sistemas de impermeabilização são compostos em grande maioria por geossintéticos e que existem diversos tipos de geossintéticos sendo alguns deste os seguintes (3):

- Geocompósito bentonítico – Camada de argila bentonítica envolvida em geotêxteis. É utilizado como barreira passiva;
- Geomenbrana – Constituída por materiais poliméricos ou betuminosos flexíveis, com baixos valores de permeabilidade. Utilizado como barreira activa;
- Geotêxteis – Compostos por fibras sintéticas. Podem exercer várias funções, tais como drenagem, filtração, separação, protecção e controlo da erosão;
- Geocomposito drenante – Constituído por uma georrede com função de dreno, um geotêxtil com função de filtro, uma geomembrana e um outro geotêxtil. Utilizado como drenante de taludes.,

Estes materiais são dotados de características específicas dependente da função que lhes é atribuída. Alguns factores importantes a ter em conta são a espessura, resistência à tracção, extensão, resistência ao punçoamento estático, resistência ao punçoamento dinâmico, atrito, resistência ao rasgamento, permeabilidade normal ao plano, entre outros.

Os sistemas de drenagem de águas pluviais e lixiviados são dois sistemas distintos, que visam a melhor solução para esta problemática.

O sistema de drenagem de águas pluviais tem como principais objectivos a redução da produção de lixiviados, que representa um factor de elevada importância num AS, e a protecção dos taludes do AS relativamente à erosão. Deste modo é necessário considerar as características específicas do AS e as condições meteorológicas do local, sendo fundamental

desviar as linhas de água, as águas pluviais que drenam para o AS, as águas pluviais que caem directamente no AS e as águas pluviais que caem sobre as zonas edificadas e arruamentos.

As valetas são a solução mais prática e comum para o desvio das águas pluviais que drenam directamente para o aterro. As águas pluviais que caem na área de deposição podem ser parcialmente drenadas por drenos ligados ao sistema de drenagem pluvial, apenas enquanto esta não se encontra preenchida com resíduos.

O sistema de drenagem de lixiviados tem como principais objectivos *“a rápida remoção dos lixiviados do aterro, o controlo da altura de líquido sobre o revestimento inferior e a minimização do risco de infiltração dos lixiviados no solo.”*

De acordo com o Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto são recomendados os seguintes requisitos relativamente à drenagem de lixiviados

- *“O fundo do aterro deverá ter uma inclinação mínima de 2% em toda a área”;*
- *“A camada mineral drenante deve apresentar uma espessura mínima de 0.5m, um valor de condutividade hidráulica da camada drenante deverá ser igual ou superior a 10^{-4} m/s e ser isenta de material calcário.”;*

Em *Opções de Gestão de Resíduos Urbanos* publicado pelo IRAR/ERSAR é afirmado que um sistema de drenagem de lixiviados com o objectivo de retirar os lixiviados produzidos da zona de deposição de resíduos pode ser compostos por (3):

- *“Drenagem de fundo composta por valas principais e secundárias com tubagem em PEAD incorporadas na camada drenante”;*
- *“Valas secundárias a intersectarem as primeiras”;*
- *“Sistema separativo e valetas de desvio de águas pluviais”;*
- *“Caixas de cabeceira e de derivação”;*
- *“Poços de reunião”.*

Outra solução para a redução da produção de lixiviados é a separação da zona de deposição em células ou alvéolos mais pequenos tal como ilustrado na figura 2.5 separados hidraulicamente por babetes como se mostra na figura 2.6.

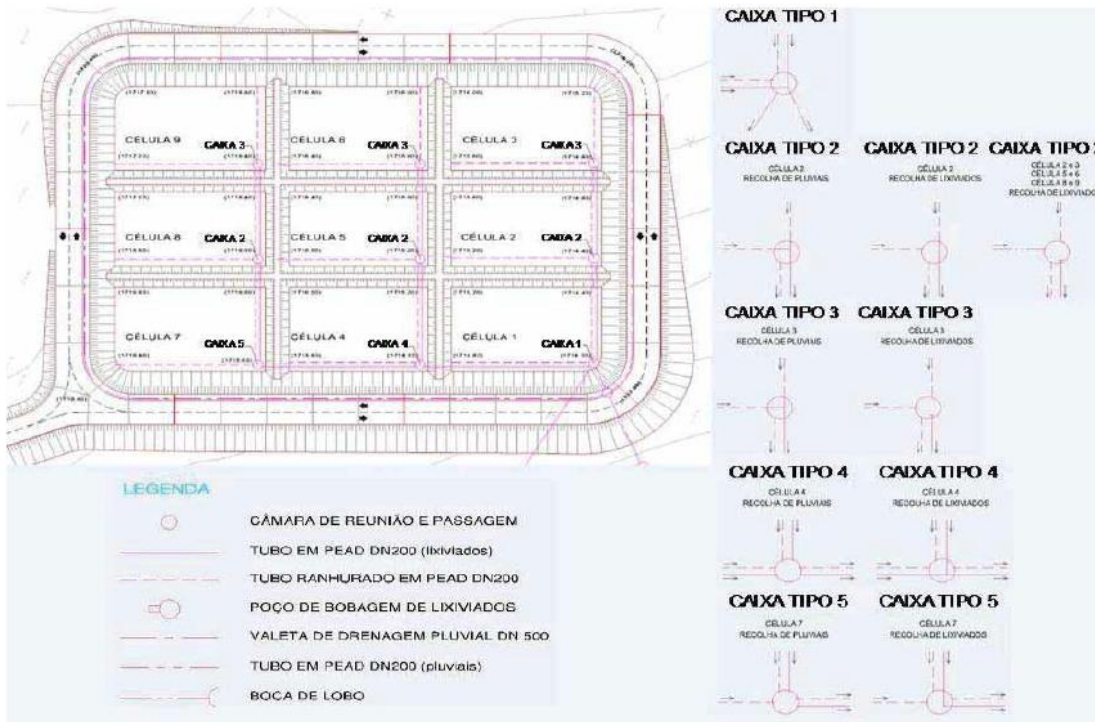


Figura 2.4- Exemplo do sistema de drenagem de lixiviados projectado para um AS (3).



Figura 2.5- Exemplo de um sistema de babetes (3).

Esta solução tem a vantagem de recolher e encaminhar as águas que caem nas células em exploração para o sistema de drenagem de lixiviados e água que cai nas células que ainda não estão em exploração para o sistema de drenagem pluvial.

Os sistemas de tratamento utilizados são diversos e podem ter combinações diferentes. É necessário ter em conta as características do lixiviado drenado e os valores-limite legais relativamente ao lixiviado efluente, tendo estes de ser cumpridos.

Os tratamentos mais comuns são os tratamentos em reactores biológicos associados a ultrafiltração por membranas e osmose inversa. Estes e outros tratamentos serão desenvolvidos com mais pormenor no capítulo seguinte do trabalho (3).

Qualquer AS que receba resíduos biodegradáveis deve assegurar a drenagem, captação e tratamento do biogás produzido.

O método utilizado para extracção do biogás consiste na instalação de drenos no interior da massa de resíduos, que estão por sua vez ligados a uma rede de colectores de superfície que canalizam o biogás para o exterior da zona de deposição.

Esta operação pode ser efectuada de duas formas. Uma destas formas baseia-se na diferença de pressões entre o interior do aterro e a atmosfera que garante que o gás flua até ao sistema de drenagem. A outra forma implica a utilização de um sistema de bombagem que se encarrega de transportar o gás até ao sistema de drenagem.

O biogás drenado tem de ser tratado antes de ser libertado para o exterior. O processo de tratamento do biogás passa pela sua queima em facho ou, caso seja possível a sua utilização para aproveitamento energético (3).

Um dos sistemas de encerramento utilizados baseia-se na colocação da cobertura imediatamente após a fase de exploração do aterro estar concluída. Com este método pretende-se diminuir a infiltração de águas no aterro e consecutivamente a diminuição da produção de lixiviados. Este método tem a desvantagem de requerer períodos de estabilização do aterro mais longos.

Outro sistema de encerramento também utilizado baseia-se na infiltração controlada de águas no aterro. Esta infiltração controlada permite a degradação anaeróbia dos resíduos, que remove quantidades elevadas de poluentes e estabiliza o aterro com maior rapidez. Neste caso a desvantagem prende-se ao facto da quantidade de lixiviados produzidos ser significativa embora por menos tempo.

A cobertura de encerramento pode ser constituída por uma combinação de materiais que dependem directamente dos materiais disponíveis ou da sua facilidade de obtenção. Um factor bastante influenciador do tipo de sistema a adoptar é o factor económico e de forma a atenuar o seu papel determinante e decisivo para a construção de estruturas têm surgido novas soluções. Exemplo disso são as “Coberturas por evapotranspiração” e as “Coberturas por barreira capilar”. Tal como os sistemas tradicionais estas soluções sofrem igualmente de problemas relacionados com a dessecação e fissuração. Apesar destas soluções apresentarem boas perspectivas ainda não estão contudo avaliadas em aplicações concretas, carecendo assim de uma avaliação de desempenho *in situ* (3).

Relativamente às vias de acesso e de circulação interna no aterro é necessário respeitar alguns critérios:

- Largura mínima de 6m, para permitir o cruzamento de viaturas;
- Inclinações inferiores a 10%:
- Pavimento acima do sistema de revestimento do aterro com uma espessura na ordem dos 0.60m.

2.1.3.2 Aspectos mais relevantes na construção de um AS

Os aspectos mais relevantes na construção de um AS estão associados às actividades de preparação do terreno, nomeadamente as actividades de escavação e aterro, que se destinam á deposição dos resíduos e implantação das restantes infra-estruturas (3):

- Sendo a área de deposição de resíduos a área mais sensível é necessário um cuidado mais atento na fase de construção dos sistemas de impermeabilização desta, pois uma deficiente colocação do sistema de impermeabilização pode ter consequências gravosas com impactes ambientais significativos.
- Dada a sua importância o LNEC desenvolveu um plano de garantia de qualidade da instalação de geossintéticos, onde define os procedimentos a adoptar e os documentos demonstrativos da qualidade de construção.

2.1.4 Caracterização quantitativa e qualitativa do lixiviado

Os lixiviados são efluentes líquidos que resultam da percolação da água, através da massa de resíduos sólidos urbanos, que transportam materiais dissolvidos ou em suspensão. Este efluente pode ter origem em águas externas, provenientes do escoamento superficial ou águas pluviais, que se infiltram e transportam os contaminantes da massa de resíduos, mas também

podem ser compostas por água contida nos resíduos sólidos que se liberta como consequência da decomposição dos resíduos (8).

O facto dos lixiviados serem águas altamente contaminadas leva a que seja necessário proceder à sua correcta captação, contenção, tratamento e monitorização de modo a evitar a degradação do meio ambiente em que está inserido.

A quantidade e qualidade de lixiviados produzidos varia em cada aterro. Estes estão dependentes de factores externos como a idade do aterro, o clima, a topografia do terreno, sistema de cobertura do AS, meio envolvente, quantidade e características dos resíduos depositados no AS (9).

2.1.4.1 Caracterização quantitativa dos lixiviados

A quantidade de lixiviados gerados é facilmente relacionada e estimada através do balanço hídrico do AS. Esta estimativa contabiliza o volume de água que entra e o volume de água que sai do sistema num determinado intervalo de tempo (9).

O Balanço hídrico envolve neste caso as seguintes parcelas (10):

Precipitação – Esta é a componente que mais influência tem na produção de lixiviados. A produção de lixiviados tem um máximo quando está sujeita a chuva fraca mas com um período de duração longo. Tal facto deriva da infiltração na massa de resíduos ser maior em tais condições.

Escoamento superficial – O escoamento superficial é facilmente calculado pelo método racional:

$$E=C.P$$

Onde:

E - Escoamento superficial médio anual;

P - Precipitação média anual;

C - Coeficiente de escoamento (Valor empírico que depende de factores como a natureza do solo de cobertura, inclinação do local e tipo de vegetação).

Evaporação e evapotranspiração – A Evapotranspiração provocada pela vegetação que cresce na cobertura é superior à evaporação devido ao solo de cobertura. Este facto é verificado através dos dados hidrológicos. A evaporação pode ser calculada a partir dos valores da evapotranspiração real e do tipo de solo.

Água contida nos resíduos – Apesar de serem valores não muito elevados, é necessário que sejam, considerados por terem alguma influência. A água presente nos resíduos pode corresponder a 15/20 % do seu volume inicial.

A determinação da quantidade de lixiviados produzidos tem em consideração estes factores e utiliza a formula do balanço hídrico tal como demonstra a figura 2.7 e a seguinte expressão (6):

$$L=P+R_{ON}+U-ET+R_{OFF}$$

L - Lixiviado produzido (mm)

P - Precipitação (mm)

R_{ON} - Afluxo de água superficial (mm)

U - Afluxo de água subterrânea (mm)

ET - Evapotranspiração média (mm)

R_{OFF} - Escoamento superficial (mm)

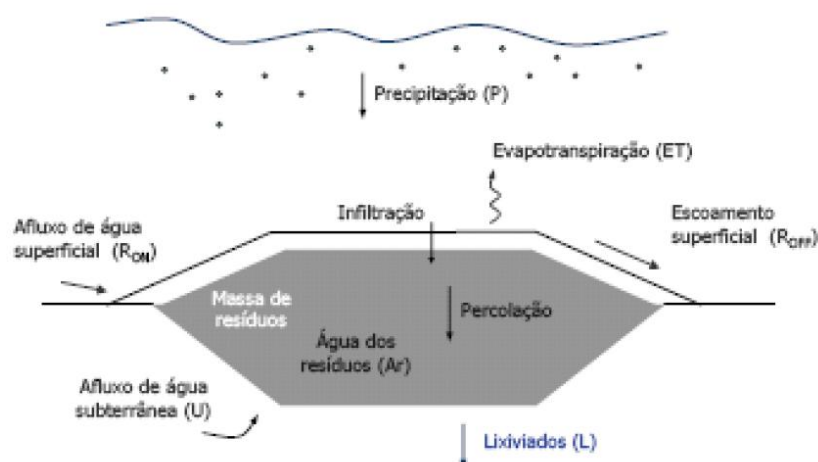


Figura 2.6- Esquema representativo do balanço hídrico de um aterro sanitário (11).

As valas de drenagem, tipo de cobertura do solo e a impermeabilização do fundo e taludes do AS são sistemas que acabam por evitar e controlar o escoamento superficial e o afluxo de águas subterrâneas no que respeita à entrada de água no AS. Deste modo o balanço hídrico do AS pode ser escrito de forma mais simplificada:

$$L=P -ET+R_{OFF}$$

L - Lixiviado produzido (mm)

P - Precipitação (mm)

ET - Evapotranspiração média (mm)

R_{OFF} - Escoamento superficial (mm)

Tendo em conta estes métodos, para determinar a quantidade de lixiviados produzidos é necessário conhecer os valores de precipitação médias anuais, os valores de evapotranspiração potencial e o coeficiente de escoamento superficial. Na eventualidade de não existir informação necessária para o cálculo da quantidade de lixiviados estima-se que o valor teórico de lixiviados produzidos representa 30% da precipitação média anual (4).

2.1.4.2 Caracterização qualitativo dos lixiviados

A qualidade dos lixiviados produzidos num AS é um aspecto de extrema importância para a determinação dos processos mais adequados no seu tratamento. A qualidade do lixiviado depende de vários factores que estão relacionados com a massa de resíduos depositada, as condições de degradação desta massa, a topografia e o sistema de cobertura do aterro, e o tipo de concepção e operação do aterro (11).

A degradação dos resíduos depositados no AS passa por uma fase decomposição através de processos aeróbios, sendo esta etapa de curta duração, e por uma fase de decomposição por processos anaeróbios. Nesta segunda fase de decomposição dos resíduos obtém-se a sua conversão e estabilização passando pelas fases acetogénica, metanogénica transiente,

metanogénica estável e maturação. Estes processos são importantes porque alteram a composição do lixiviado à medida que a degradação vai passando pelas várias fases de degradação dos resíduos.

O processo de decomposição dos resíduos pode demorar dezenas de anos até estes estabilizarem, incluindo os resíduos de biodegradação mais fácil. Este é um facto que se deve a condições que predominam nos AS como a pouca humidade e taxas de compactação muito elevadas. Deste modo, é vital garantir que os efluentes produzidos pelo AS são tratados mesmo depois do encerramento deste (8).

O tipo de tratamento que é necessário aplicar ao lixiviado produzido pelo AS depende não só da sua qualidade mas também do tipo de descarga disponível, ou linha de água ou rede de drenagem municipal. É vantajoso descarregar o efluente tratado num colector municipal do ponto de vista económico, uma vez que sendo este descarregado numa linha de água é necessário o tratamento completo para proceder à sua descarga (12).

No quadro seguinte apresentam-se os valores característicos de lixiviados produzidos em aterros jovens, com idade inferior a 2 anos, e lixiviados produzidos em aterros antigos, com idade superior a 10 anos.

Quadro 2.2- Valores típicos de aterros jovens e aterros antigos (8).

Parâmetros	Aterro Jovem (<2 anos)		Aterro Antigo (>10 anos)
	Intervalo de valores	Valores típicos	Intervalo de Valores
pH	4,5 – 7,5	6	6,6-7,5
CBO5 (mg/l)	2000-30000	10000	100-200
CQO (mg/l)	3000-60000	18000	100-500
COT (mg/l)	1500-20000	6000	80-160
SST (mg/l)	200-2000	500	100-400
Azoto Orgânico (mg/l)	10-800	200	80-120
Azoto Amoniacal (mg/l)	100-800	200	20-40
Nitratos (mg/l)	5-40	25	5-10
Fósforo Total (mg/l)	1-100	30	5-10
Ortofosfatos (mg/l)	4-80	20	4-8
Alcalinidade em CaCO3 (mg/l)	1000-10000	3000	200-1000
Dureza Total em CaCO3 (mg/l)	300-10000	3500	200-500
Cálcio (mg/l)	200-3000	1000	100-400
Magnésio (mg/l)	50-1500	250	50-200
Potássio (mg/l)	200-1000	300	50-400
Sódio (mg/l)	200-2500	500	100-200
Cloretos (mg/l)	200-3000	500	100-400
Sulfatos (mg/l)	50-1000	300	25-50
Ferro Total	50-1200	60	20-200

2.2 TRATAMENTO DE LIXIVIADOS

2.2.1 Introdução

As águas lixiviantes são águas altamente contaminadas com as seguintes características:

- pH baixo;
- Carência bioquímica em oxigénio (CBO);
- Carência química em oxigénio (CQO);
- Químicos tóxicos.

As características destas águas varia em cada AS e ao longo do tempo de vida deste, o que se traduz no facto de nem os processos físico-químicos nem os processos biológicos garantam por si só o tratamento dos lixiviados produzidos ao longo da vida de um AS.

É importante ter em consideração as características do lixiviado, os efluentes de descarga disponíveis, as tecnologias alternativas e os custos para determinar o processo de tratamento do lixiviado produzido.

Neste capítulo será abordado a problemática associada ao tratamento de lixiviado, os tratamentos deste especificando o campo de aplicação e limitações de cada um dos tratamentos (9).

2.2.2 Problemas de tratamento das águas lixiviantes

De acordo com Qasim e Chiang (1994), as principais problemáticas associadas ao tratamento de lixiviado são:

- A intensidade da contaminação dos resíduos e a magnitude da potencial poluição dita o processo de tratamento mais fiável;
- As diferenças encontradas entre cada AS são tais que é necessário criar um processo de tratamento independente para cada AS;
- A origem do lixiviado é principalmente água que precipita directamente no AS e depende de factores hidrológicos e climatéricos sazonais;
- A natureza química dos resíduos sólidos nos AS têm um efeito marcante na composição do lixiviado;

- As flutuações na qualidade e quantidade de lixiviado que ocorrem em intervalos de tempo pequenos e grandes têm de ser considerados no processo de tratamento deste. O processo de tratamento adoptado para tratar o lixiviado produzido num AS jovem tem de poder ser modificado para tratar o lixiviado ao longo dos anos de acordo com as alterações da qualidade de lixiviado e descarga do efluente.

Os processos de tratamento utilizados no tratamento de lixiviado são maioritariamente biológicos, físicos e químicos. Os processos mais utilizados e referidos são também utilizados como método de tratamento de águas residuais, utilizam biodiscos e leitos percoladores, lagoas arejadas, lamas activadas, processos de coagulação/floculação, precipitação química, tratamento por membranas entre outros.

É usual existir uma lagoa de regularização a montante da ETAL. Devido ao lixiviado estar dependente da pluviosidade torna-se essencial a existência desta lagoa de regularização de forma a regular e homogeneizar o caudal que surge em situações de pluviosidade intensa (9).

A principal função das lagoas de regularização é regular e garantir a homogeneização do caudal afluente, mas pode também ocorrer remoção de cargas afluentes se houver alguma biodegradação e sedimentação na lagoa.

Estes órgãos podem contaminar os cursos de água e solos se a sua capacidade for ultrapassada, de modo que é necessário ter especial atenção a este facto. (8); (12)

As eficiências obtidas neste tipo de lagoas para a remoção da CQO variam entre 36% e 71%, para a remoção da CBO₅ variam entre 5% e 68%, para a remoção dos SSV o valor é aproximadamente 46%, para a remoção dos SST o valor ronda os 5% e para a remoção de azoto total varia entre 4% e 73% (13).

2.2.3 Tratamentos convencionais

2.2.3.1 Tratamento biológico

O tratamento biológico dos lixiviados tem como base o contacto entre o fluxo de resíduos e uma cultura de microrganismos que vão por sua vez consumir a matéria orgânica existente no fluxo de resíduos. Este tipo de tratamento é utilizado também para a remoção de fósforo, a nitrificação e desnitrificação. Para que ocorra a degradação dos resíduos orgânicos é necessário garantir condições ideais. Tais condições são garantidas controlando o nível de

oxigénio dissolvido, adição de nutrientes, aumento da concentração de microrganismos, pH, temperatura e condições de mistura (9).

O tratamento biológico pode ocorrer em condições aeróbias, na presença de oxigénio, ou em condições anaeróbias, na ausência de oxigénio. O tratamento biológico em condições aeróbias decompõe a matéria orgânica em dióxido de carbono e água. O produto final da decomposição por tratamento biológico é maioritariamente metano e dióxido de carbono. É importante referir que os processos biológicos estão ainda divididos em processos de biomassa suspensa e processos de biomassa fixa (9).

Os processos de tratamento biológicos que são mais comuns no tratamento de lixiviados são:

- Lamas activadas (biomassa suspensa);
- Lagoa de estabilização de resíduos (biomassa suspensa);
- Lagoa de arejamento (biomassa suspensa);
- Leitões percoladores (biomassa fixa);
- Discos biológicos (biomassa fixa);
- Digestão anaeróbia (biomassa fixa ou suspensa).

A eficácia dos processos de tratamento biológicos é frequentemente determinada medindo a biodegradabilidade dos lixiviados a tratar. A biodegradabilidade pode no entanto ser medida através da relação CBO_5/CQO e difere de AS jovem para AS antigo. Enquanto num AS jovem a relação entre CBO_5/CQO é aproximadamente 0.5, que significa que a matéria orgânica é facilmente biodegradada, num AS antigo os valores de CBO_5/CQO estão entre 0.05 e 0.2 o que significa uma redução na biodegradabilidade da matéria orgânica existente no lixiviado a tratar e que se traduz numa menor eficiência de tratamento através de processos biológicos em AS antigos (14).

Tal como referido anteriormente os processos de tratamento biológico promovem também o fenómeno de nitrificação e desnitrificação. A determinação da extensão da actividade dos microrganismos nitrificantes pode ser determinada através da relação CBO_5/NKT . A actividade de microrganismos heterotróficos inibe o fenómeno de nitrificação, deste modo é importante que seja consumida uma grande parte de carbono orgânico biodegradável antes da nitrificação ocorrer (15).

2.2.3.1.1 Lamas Activadas

O processo de tratamento por lamas activadas baseia-se na mistura de microrganismos e matéria orgânica para que os microrganismos cresçam, sedimentem e estabilizem criando um substrato denominado de lamas activadas. A mistura entre as lamas activadas e águas lixiviantes no tanque de arejamento é chamado de licor misto de sólidos suspensos totais (LMSST) e a fracção volátil orgânica denominada de licor misto de sólidos suspensos voláteis (LMSSV). O LMSST passa do tanque de arejamento para um decantador secundário onde se formam as lamas activadas por sedimentação. Uma porção das lamas produzidas nesta fase é devolvida ao tanque de arejamento com o intuito de manter a relação entre alimento (matéria orgânica) – microrganismos, que facilita a eliminação da matéria orgânica. As lamas que não são devolvidas ao tanque de arejamento são por sua vez encaminhadas para posterior tratamento. No tanque de arejamento o ar pode ser introduzido quer por difusores quer por arejadores mecânicos. Com este tratamento podem conseguir-se eficiências de remoção de CBO_5 e CQO entre 90% e 99% (9).

A remoção de azoto torna-se, neste processo, uma característica importante dado que a sua concentração aumenta à medida que o aterro envelhece. A remoção do azoto passa por duas fases distintas, a conversão de azoto amoniacal em nitrito e a oxidação de nitrito a nitrato. Uma vez que num AS antigo a biodegradabilidade dos lixiviados é baixa nem todo o azoto amoniacal passa a nitrito e torna-se assim necessário complementar o processo de LA até atingir os valores limites de descarga. O processo de remoção de azoto conta ainda com a desnitrificação que deverá ser promovida numa tanque anóxico que anteceda o tanque de arejamento onde serão convertidos nitratos a nitritos e posteriormente a azoto molecular, que é libertado na forma gasosa (15); (7); (16).

Existem várias modificações que podem ser efectuadas no processo que gera as lamas activadas. Estas modificações estão relacionadas com a mistura e o escoamento nos tanques de arejamento. Estas modificações são denominadas de (9):

- Arejamento por fases;
- Arejamento por mistura completa;
- Arejamento prolongado;
- Estabilização por contacto;
- Oxigénio puro.

O processo convencional consiste na entrada do efluente e a recirculação de parte das lamas geradas através da extremidade do tanque de arejamento onde são misturados por um sistema de arejamento tal como demonstrado na figura seguinte:

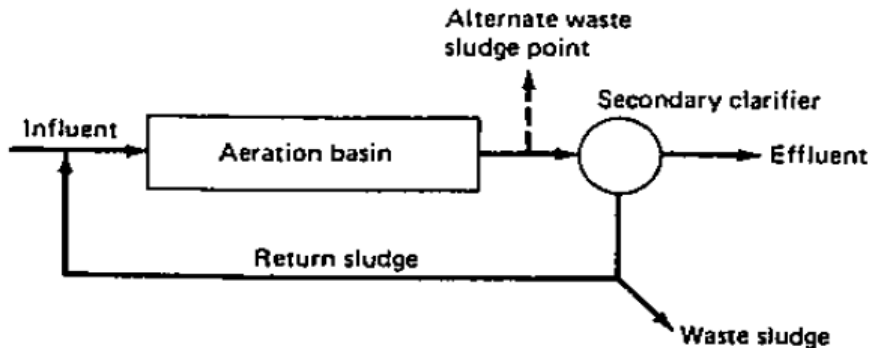


Figura 2.7- Figura representativa do sistema de tratamentos por lamas activadas convencional (9).

O sistema de arejamento por fases consiste na divisão do tanque de arejamento em três ou mais canais paralelos separados por muros que obrigam a água a percorrer todos os canais em paralelo. A figura seguinte ilustra este processo.

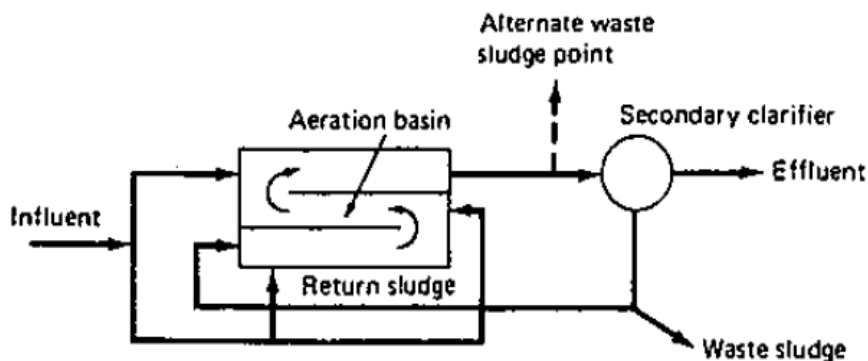


Figura 2.8- Figura representativa do sistema de tratamento por lamas activadas por fases (9).

No processo de arejamento por mistura completa o afluente e a parte de lamas reutilizada são misturados e aplicados ao longo do comprimento e da largura do tanque de arejamento tal como demonstrado na figura seguinte:

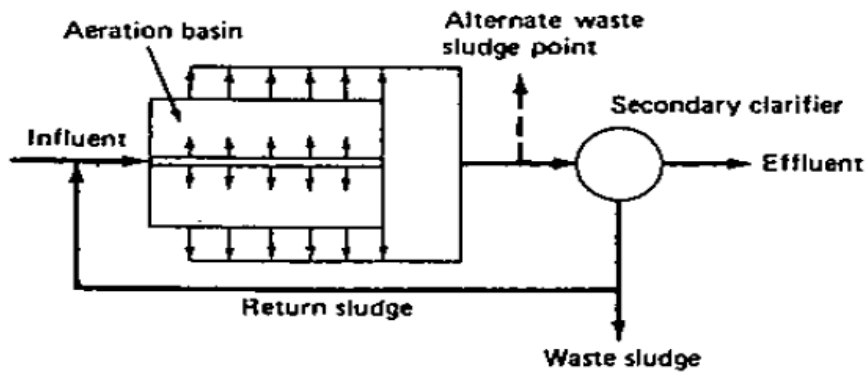


Figura 2.9- Figura representativa do sistema de tratamento por mistura completa (9).

O processo de arejamento prolongado utiliza um tanque oval em que o afluente tem de percorre-lo até escoar para o decantador secundário a jusante. A figura seguinte ilustra o funcionamento de um tanque de arejamento prolongado.

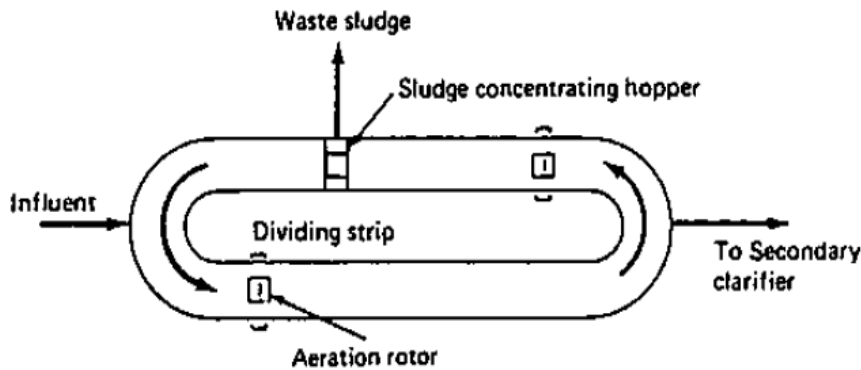


Figura 2.10- Figura representativa do sistema de tratamento arejamento prolongado (9).

No processo de estabilização por contacto a matéria orgânica é decomposta pela mistura das Lamas Activadas e o efluente no tanque de contacto. O LMSST é escoado para o decantador secundário e posteriormente para o tanque de rearejamento. A figura, seguinte ilustra o processo descrito.

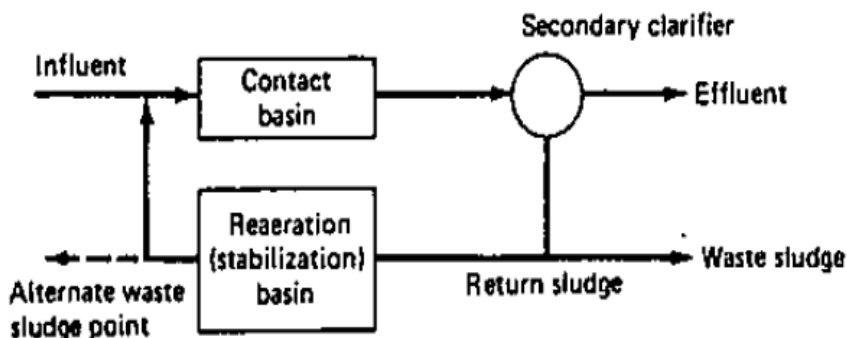


Figura 2.11- Figura representativa do processo de estabilização por contacto (9).

O processo de tratamento por oxigénio puro é realizado introduzindo oxigénio em tanques fechados e retirando uma parte do gás para reduzir a concentração de CO₂. É necessário a utilização de equipamento especializado para introduzir o oxigénio no tanque. A figura seguinte demonstra o processo referido.

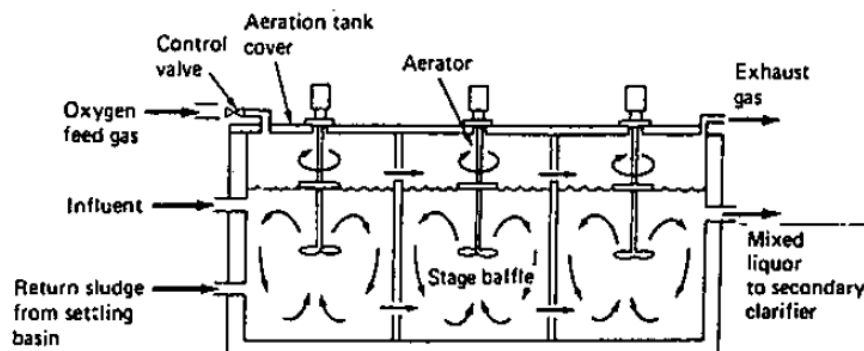


Figura 2.12- Figura representativa do processo de oxigénio puro (9).

Na tabela seguinte estão representados valores de referência em relação a cada uma das alterações do processo convencional de lamas activadas referidos:

Quadro 3.3- Valores de referência em relação a cada uma das alterações do processo convencional de lamas activadas (9).

Processo/Modificação	Tempo de retenção de lamas (d)	Rácio de Alimento – MO (d-1)	Arejamento (kg/m ³ .d)	LMSST (mg/L)	Período de arejamento (h)	Rácio de recirculação Q _r /Q
Convencional	5-15	0.2-0.4	0.3-0.6	1500-3000	4-8	0.25-0.5
Arejamento por fases	5-15	0.2-0.4	0.6-1.0	2000-3000	3-5	0.25-0.75
Mistura completa	5-15	0.2-0.6	0.8-2.0	3000-6000	3-5	0.25-1.00
Arejamento prolongado	20-30	0.05-0.15	0.1-0.4	3000-6000	18-36	0.5-1.00
Estabilização por contacto	5-15	0.2-0.6	1.0-1.2	1000-10000	0.5-6	0.5-1.00
Oxigénio pura	8-20	0.25-1	1.6-3.3	6000-8000	2-5	0.25-0.5

Os esquemas utilizados para o tratamento de águas lixivantes são baseados em métodos empíricos - sequências empíricas - tal como em métodos racionais. Estes métodos racionais são normalmente baseados nas equações biológicas de kinetic. Através destas equações determina-se crescimento biológico e o rácio de utilização do substrato em termos de coeficiente cinético. Os parâmetros de dimensionamento que se obtém com a utilização destas equações são (9):

- Volume do tanque de arejamento;
- Qualidade do efluente através do CBO medido à saída;
- Relação entre lamas a tratar e a reutilizar;
- Tempo de arejamento;
- Relação entre microrganismos e matéria orgânica;
- Tempo médio de retenção hidráulica.

2.2.3.1.2 Lagoa de estabilização

A lagoa de estabilização é um tanque onde a decomposição da matéria orgânica ocorre em longos períodos de retenção, o arejamento ocorre por acção do vento e é composto por microrganismos autotróficos e heterotróficos.

Há lagoas de estabilização que promovem a decomposição da matéria orgânica não só por processos aeróbios como também por processos anaeróbios, são estas as lagoas de estabilização com profundidade superior a 1,5 m em que se gera a deposição de uma camada de lamas no fundo. Este tipo de lagoas de estabilização é utilizado com maior frequência em pequenos aglomerados populacionais ou indústrias com produção de lixo orgânico.

As principais vantagens relativamente a este processo estão associadas à sua fácil construção e baixo custo de exploração. As desvantagens prendem-se principalmente aos odores produzidos, aparecimento de insectos, possibilidade de contaminação do solo e a baixa qualidade do efluente (9).

As lagoas de estabilização podem ser classificadas de acordo como o tipo tratamento a que está associado, podendo ser classificados como aeróbios, facultativos ou anaeróbios. Os parâmetros de dimensionamento destes tanques variam de acordo com a sua classificação, tal como é demonstrado no quadro seguinte:

Quadro 3.4- Parâmetros de dimensionamento de tanques de estabilização (9).

Parâmetro	Aeróbio	Facultativo	Anaeróbio
Descrição	Condições aeróbias ao longo de toda a profundidade do tanque	Condições aeróbias na parte superior do tanque e anaeróbias na parte inferior do tanque	Condições anaeróbias ao longo de toda a profundidade do tanque
Tempo de retenção (d)	5-20	10-30	20-50
Profundidade (m)	0.3-1	1-2	2.5-5
CBO5 (mg/ha.d)	40-120	115-120	200-500
Remoção de CBO5	40-80 (%)	70-90 (%)	60-90 (%)
SST (mg/L)	100-250	400-100	70-120

2.2.3.1.3 Lagoa de Arejamento

As lagoas de arejamento são idênticas às lagoas de estabilização mas aliadas a técnicas de arejamento artificiais. São normalmente de terra, têm lados inclinados e profundidade entre 2 a 5 metros. Tal como nas lagoas de estabilização é normal gerar-se zonas de decomposição anaeróbia uma vez que o processo de arejamento não é tão eficaz como no processo de lamas activadas. O tempo de retenção é de alguns dias, pode ser necessário impermeabilizar o fundo se houver a possibilidade de contaminação do fundo e a eficácia de remoção de CBO varia entre os 60% e os 90% e a eficácia de remoção de CQO varia entre 22% e 99%. São também apresentados valores de eficiência de tratamento para a remoção de CQO até aos 68% e de CBO até aos 64% em ETAL, com lagoas de arejamento e decantador biológico em Portugal, no estudo realizado pelo IRAR e a Universidade Nova de Lisboa. Relativamente ao tratamento por lamas activadas este processo torna-se menos atrativo devido à sua fraca flexibilidade de variação quanto à qualidade do afluente. (10); (12)

2.2.3.1.4 Filtros biológicos

O tratamento através dos filtros biológicos baseia-se na pulverização das águas a tratar pelo ar, como forma de arejamento, e posteriormente a passagem dessa água por uma camada rochosa com uma comunidade microbiana.

A primeira fase deste processo desenvolve-se num ambiente aeróbio e a população microbiana assemelha-se à presente no processo de lamas activadas. Este processo ocorre inicialmente em tanques ou torres onde se colocam as camadas rochosas que filtram a água e decantadores secundários. Pode haver a recirculação do efluente filtrado para otimizar o processo. A eficiência de remoção de CBO apresenta valores entre 60% e 80%. Este processo tem a vantagem de requerer pouca energia e do custo de exploração corresponder a cerca de um décimo do tratamento por lamas activadas. A principal desvantagem deste tratamento prende-se ao facto de ter de ser utilizado em conjunto com outro tratamento biológico como por exemplo o processo de lamas activadas (9).

2.2.3.1.5 Biodiscos

O processo de tratamento por biodiscos consiste num conjunto de discos circulares colocados sobre uma plataforma, que rolam a uma velocidade relativamente baixa. Neste processo cerca de 40% dos discos devem permanecer dentro de água e 60% fora desta. O espaçamento entre os discos cria condições para que se desenvolva uma comunidade microbiana que decompõe a matéria orgânica. O crescimento dos microrganismos torna-se de tal maneira expressivo que é necessário um decantador secundário após este processo de tratamento. As principais vantagens deste processo estão associadas ao baixo valor energético, estabilidade do processo, remoção de grandes quantidades de matéria orgânica e quantidade lamas produzidas menor que processo de lamas activadas. Segundo alguns autores mencionados por Qasim e Chiang (1994) a remoção de CBO_5 varia entre 95% e 97% e a remoção de CQO varia entre 80% e 90%.

2.2.3.1.6 Digestão Anaeróbia

Este processo de tratamento é utilizado para resíduos de lamas de alta resistência orgânica de modo a estabilizar a matéria orgânica. O método convencional baseia-se na introdução do fluxo de resíduos num reservatório fechado, onde os sólidos são decompostos pelos microrganismos e onde ocorre também a libertação de gases. Estes gases são usualmente utilizados para manter a temperatura dos digestores. As bactérias anaeróbias são sensíveis à alteração do pH, temperatura e qualidade do afluente, mas o próprio sistema encarrega-se de equilibrar estes parâmetros.

A decomposição da matéria orgânica nos digestores anaeróbios envolve processos bioquímicos complexos, podendo ser separados em duas fases distintas: a fase ácida e fase metanogénica. Na fase ácida há uma conversão de matéria orgânica em ácidos orgânicos

como o ácido acético e propiónico. Na fase que envolve o metano ocorre a conversão de ácidos orgânicos voláteis em metano e dióxido de carbono (9).

Existem dois tipos de digestores anaeróbios, os digestores de velocidade normal e os digestores de velocidade elevada. Os digestores de velocidade normal não são aquecidos ou misturados, o período de decomposição entre os 30 dias e 60 dias. Ao invés do que acontece nos digestores de velocidade normal, nos digestores de velocidade elevada é frequente haver aquecimento e mistura dentro do reservatório reduzindo assim o período de decomposição variando entre os 10 dias e os 20 dias. É também frequente a combinação de sistemas digestores de velocidade elevada e normal, sendo o segundo digestor o de velocidade normal. As imagens seguintes demonstram o esquema relativo ao processo de digestão anaeróbio de acordo com o descrito anteriormente.

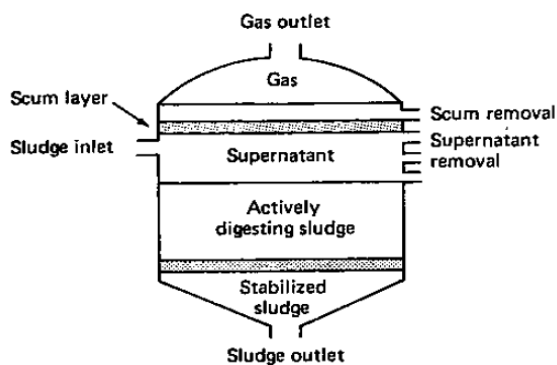


Figura 2.13- Esquema que representa o processo de digestão anaeróbia de velocidade normal (9).

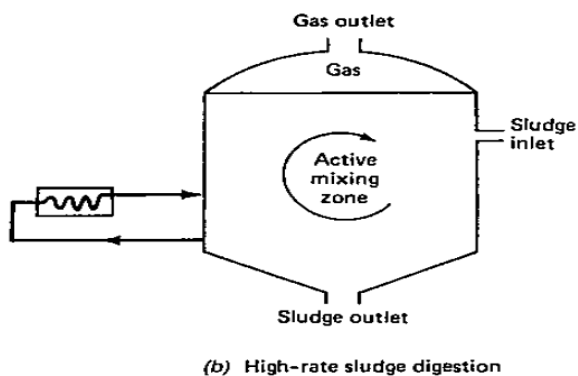


Figura 2.14- Esquema que representa o processo de digestão anaeróbia de velocidade elevada (9).

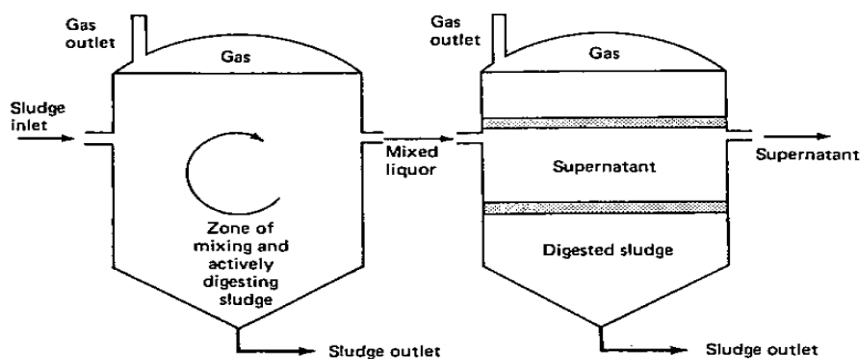


Figura 2.15- Esquema que representa o processo de digestão anaeróbia combinando os dois tipos de digestores (9).

De acordo com autores mencionados por Qasim e Chiang (1994) são alcançadas eficiências de remoção de CBO_5 entre 90% e 99% e rácios de aproximadamente 0.68.

2.2.3.2 Tratamento físico-químico

O tratamento químico baseia-se na adição de químicos a água a tratar de forma a remover os contaminantes com maior eficácia e rapidez. Este tipo de tratamento é sempre utilizado em conjunto com tratamentos físicos e biológicos (9).

Os tratamentos físico-químicos mais utilizados são:

Tratamentos químicos:

- Precipitação e coagulação;
- Adsorção de carbono;
- Permuta de iões;
- Oxidação química.

Tratamentos físicos:

- Evaporação;
- Air stripping;
- Floculação e sedimentação;
- Filtração;
- Ultrafiltração;
- Osmose inversa.

2.2.3.2.1 Coagulação, floculação, precipitação e sedimentação

Os processos de tratamento de coagulação, floculação, precipitação e sedimentação são frequentemente utilizados no tratamento de águas residuais e lixiviantes. Qualquer um destes processos pode ser aplicado em conjunto com os outros ou a solo e tendo a eficácia pretendida. Estes processos garantem a remoção de substâncias precipitáveis como metais pesados solúveis, matéria orgânica dissolvida e partículas coloidais em suspensão na água (9).

A coagulação é promovida num tanque de mistura rápida e tem como objectivo promover a desestabilização das partículas.

O processo de floculação tem como objectivo aglomerar e tornar mais estáveis partículas coloidais pequenas e instáveis. Este baseia-se na dispersão química dentro de um tanque de mistura rápida onde ocorre consequentemente a floculação para que as partículas coloidais instáveis possam sedimentar.

A precipitação é um processo físico e químico que promove a destabilização de partículas presentes na água em partículas menos solúveis.

A sedimentação é um processo físico que através da força gravitacional e forças de inércia garante a deposição das partículas.

Estes processos de tratamento são de um modo geral eficazes e de baixo custo de exploração a nível de remoção substâncias solúveis e partículas em suspensão na água a tratar. Para estes processos é necessário mecanismos de aplicação de químicos, mecanismos de mistura rápida, tanques de sedimentação e floculação (9).

2.2.3.2.2 Adsorção de carbono

O carbono activado tem uma área superficial de grande capacidade de adsorção (500-1500 m²/g). Este processo de tratamento utiliza carvão activado em pó (CAP) e carvão activado granulado (GAP) para remover matéria orgânica dificilmente biodegradável, solventes ácidos e pesticidas. O funcionamento deste processo é de maior rendimento se os químicos utilizados tiverem uma solubilidade menor, maior peso molecular, polaridade menor e grau de ionização baixo. Este tratamento é mais apropriado à remoção da CQO em lixiviados de aterros antigos. (15); (10)

Segundo alguns autores mencionados no artigo científico *Landfill leachate treatment.: Review and opportunity* (18) com este tratamento é possível a redução de 85% de CQO.

2.2.3.2.3 Permuta de iões

O processo de tratamento por permuta de iões é um processo adequado para a remoção de metais pesados e aniões tóxicos. O processo baseia-se numa primeira fase na troca de iões entre a água a tratar e um material sólido, seguido de mistura com uma solução aquosa com composição adequada para a remoção dos iões trocados na primeira fase deste processo (9).

2.2.3.2.4 Oxidação química

A oxidação química é um processo utilizado para a destruição de cianetos, fenóis e a precipitação de alguns metais. Este processo pode ser utilizado em águas contaminadas por substâncias consideradas perigosas e para remoção de traços de contaminação após o tratamento das águas.

O processo de tratamento por oxidação química consiste na adição de um agente de oxidação, que por sua vez pode encontrar-se na forma gasosa (Ozono, Cloro), na forma líquida (péroxido de hidrogénio) ou na forma sólida (permanganato de potássio), à medida que é misturado cuidadosamente. Se o agente de oxidação for sólido é necessário refrigeração do sistema para não originar nenhuma reacção explosiva violenta (9).

2.2.3.2.5 Evaporação

O processo de tratamento por evaporação consiste na deposição do afluente a tratar num tanque de evaporação onde não se efectua nenhuma descarga. Neste tratamento a evaporação depende da temperatura, da velocidade do vento e da humidade. A evaporação neste processo não é constante e torna-se necessário um tanque de dimensões elevadas se a precipitação for superior à evaporação.

Este tratamento é utilizado com mais frequência em ambientes mais áridos e a recuperação dos resíduos é necessária (9).

2.2.3.2.6 Air stripping

O sistema de tratamento por air stripping é utilizado para remover da água a tratar amónia e compostos orgânicos voláteis. Neste processo é necessário realizar um ajuste do pH e de uma torre que promove o contacto entre água e ar.

O processo inicia-se com uma introdução do ar pelo fundo, o ar entra em contacto com a água e agitação criada pela circulação de ar na torre promovem a saída dos compostos orgânicos voláteis pelo fluxo de ar.

A eficiência de remoção dos compostos orgânicos voláteis pode ser superior a 90% (9).

2.2.3.2.7 Filtração

A filtração é o processo utilizado para separar a parte sólida da parte líquida de uma água a tratar. Este processo consiste na passagem da água por um filtro que consiga reter as partículas a retirar. O filtro pode ser composto por areia fina, antracite, entre outros materiais (9).

2.2.3.2.8 Osmose inversa

O processo de osmose inversa consiste num processo de desmineralização baseado na passagem da água por uma membrana semipermeável à pressão de 10,000 KN/m² onde ficam retidos a maioria de iões e moléculas indesejados.

A chave deste processo de tratamento é a membrana semipermeável utilizada. Apesar de terem sido desenvolvidos vários tipos de membranas com vários tipos de materiais, as membranas utilizadas com mais frequência são as membranas de acetato de celulose e as membranas de náilon.

As membranas são montadas em módulos adequados à estrutura para que se consiga fazer passar a água pela membrana à pressão desejada e que do lado oposto se consiga recolher a água que passa pela membrana sem que exista a contaminação por salmoura. Para isso foram desenvolvidos quatro tipos de módulos sendo estes placa de quadro, tubos largos, em espiral e fibra oca fina.

Aliado a este processo está a necessidade de pré-tratamento do efluente secundário com processo de filtração e de carbono activado, ajuste do pH, remoção de ferro e magnésio de modo a evitar o crescimento de crustáceos.

De acordo com Levy e Santana (2004) este tratamento consegue eficiências de tratamento de CBO₅, CQO, SST e SSV na ordem dos 99% ,a eficiência de remoção de azoto total varia entre 71% e 98% e eficiência de remoção de nitratos varia entre 91% e 97% (8); (10); (12)

2.2.3.2.9 Ultrafiltração

O processo de tratamento por ultrafiltração é bastante semelhante ao processo por osmose inversa referido anteriormente. Este processo remove partículas com dimensões superiores (0.002 – 10 µm). Este é um tratamento físico que utiliza uma membrana grossa por onde passa a água a uma pressão de 1000 KN/m².

De acordo com Levy e Santana (2004) este tratamento consegue eficiências de tratamento de CQO a variar entre 75% e 98% e eficiências de remoção de SST na ordem dos 99%. Estes valores estão associados ao tratamento combinado de ultrafiltração e filtros de cartuchos. (10); (8)

2.2.4 Tratamentos alternativos

Existem alguns processos de tratamento das águas lixiviantes, denominados de processos alternativos, que visam o tratamento destas com algumas modificações dos processos de tratamento convencionais. Os principais processos de tratamento alternativo são o tratamento do lixiviado combinado com estações de tratamento de águas residuais, e a recirculação do lixiviado. Estes dois processos de tratamento já foram alvo de estudos que verificaram que estes seriam métodos eficazes para o tratamento dos lixiviados.

2.2.4.1 Tratamento do lixiviado combinado com o tratamento de águas residuais

O tratamento do lixiviado combinado com o tratamento de águas residuais é um método bastante conveniente que necessita apenas de algumas condições, sendo estas:

- Existência de uma rede colectora de águas residuais;
- A ETAR tenha capacidade suficiente para receber as águas lixiviantes;
- O processo de tratamento seja compatível com as características do lixiviado (após o pré-tratamento na estação de pré-tratamento de águas lixiviantes);
- Capacidade de tratar o aumento de lamas produzidas.

De acordo com alguns autores mencionados por Qasim e Chiang (1994) lixiviados de alta resistência com CQO superior a 10,000 mg/l podem ser tratados em combinação com águas residuais sendo o valor de lixiviado de 5% na totalidade da água a ser tratada pela ETAR sem prejudicar o funcionamento da ETAR e/ou a qualidade do efluente produzido. Para valores relativos à percentagem de lixiviado na água a tratar superiores a 5% resulta uma produção elevada de sólidos, aumento da taxa de absorção de oxigénio e condições menos atrativas para a fixação de biomassa.

Outros autores mencionados também por Qasim e Chiang (1994) referem que se o lixiviado corresponder até 2% do volume total da solução a tratar não há um efeito negativo no tratamento desta solução numa ETAR, apesar de se notar um desempenho menos conseguido

se a totalidade de lixiviado presente na água a tratar ultrapassar os 5%. Segundo o mesmo autor a quantidade de lamas produzidas pelo lixiviado se for tratado sozinho é o dobro da quantidade de lamas produzidas se for tratado em combinação com a águas residuais (17). Em laboratório foram conseguidos desempenhos eficientes no tratamento combinado destas águas com os lixiviados a corresponderem a 20% e 40% do volume da solução a tratar com tempos de retenção de 5, 10 e 20 dias.

Os resultados mais positivos obtidos para este tipo de tratamento são conseguidos por Pohland e Harper (1985) em que se conseguem eficiências de remoção de CBO e CQO acima dos 90%, nitrificação acima dos 80% com tempos de residência de 10 dias.

Em *Leachate landfill treatment: Review and opportunity*, segundo Ceçen e Aktas (2001) a relação entre água residual e lixiviado é de 9 para 1 a remoção de CBO é de aproximadamente 95%, a remoção de nitrogénio corresponde a cerca de 50%.

2.2.4.2 Recirculação de lixiviado

O método de recirculação do lixiviado consiste na passagem do efluente tratado pelo próprio AS. Desta forma é utilizado o AS como digestor anaeróbio para efectuar o tratamento nas condições anaeróbias. Através deste método alternativo de tratamento, a componente orgânica do lixiviado é decompôs/reduzida através da comunidade microbiana existente nos resíduos que compõem o AS (9).

Segundo Pohland (1990), mencionado por Qasim e Chiang (1994) em *Sanitary Landfill Leachate: Generation, Control and Treatment*, este afirma que de acordo com os testes realizados em AS experimentais a recirculação continuada do lixiviado pelo AS resulta num decréscimo acentuado da matéria orgânica presente no lixiviado ao fim de um ano. As figuras seguintes mostram os resultados obtidos por Pohland (1975) e Leckie (1979) no tratamento em AS experimentais:

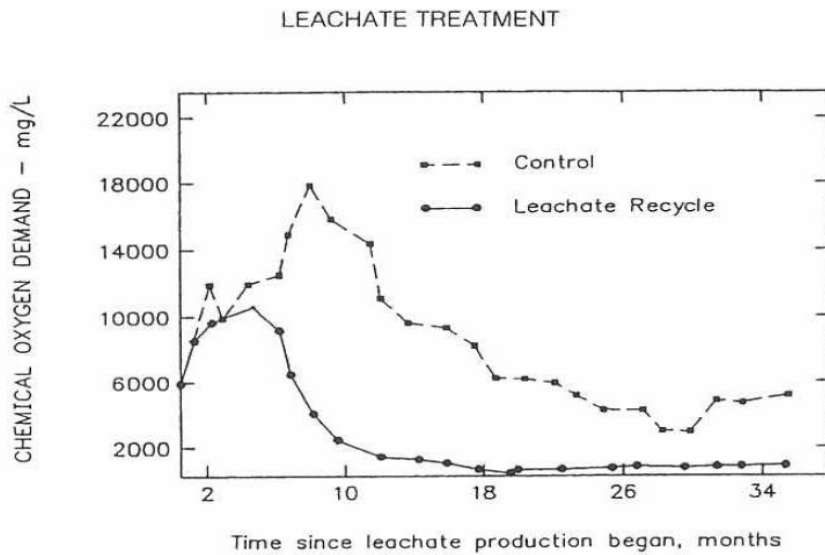


Figura 2.16- Figura representativa dos resultados obtidos por Pohland (9).

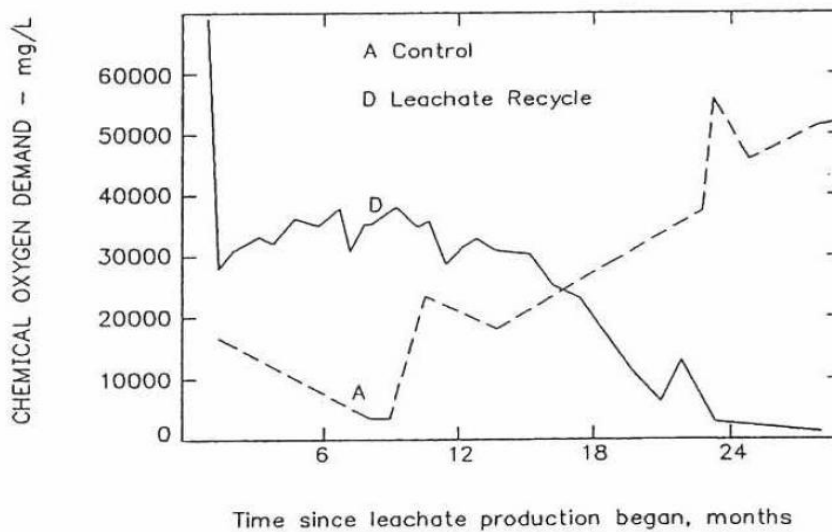


Figura 2.17- Figura representativa dos resultados obtidos por Leckie (9).

Segundo estes dois autores a recirculação do lixiviado aumenta a velocidade de desenvolvimento das bactérias que promovem a degradação anaeróbia e que com o controlo do pH se consegue uma remoção da matéria orgânica mais rápida.

As principais vantagens apresentadas por Qasim e Chiang (1994) em *Sanitary Landfill Leachate: Generation, Control and Treatment* são:

- Menor tempo necessário para estabilizar o AS;

- Redução sustentada das componentes orgânicas;
- Possível redução do volume devido à evapotranspiração;
- Atraso no início do tratamento do lixiviado; e
- Redução dos custos de tratamento do lixiviado.

As principais desvantagens apresentadas são identificadas pelo mesmo autor como os custos de investimento e manutenção do sistema de recirculação do lixiviado e problemas associados a odores libertados.

3. METODOLOGIA

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O caso de estudo apresentado foi realizado no aterro sanitário da AMARSUL do ecoparque Palmela.

A AMARSUL foi criada no ano de 1997, data a partir da qual ficou responsável pela concessão de exploração e gestão do sistema multimunicipal de valorização e tratamento de resíduos sólidos da margem sul do Tejo. O período pelo qual lhe foram atribuídas tais responsabilidades foi de 25 anos.

Relativamente ao capital social desta empresa cerca de 51% é pertencente à EGF – Empresa Geral do Fomento, sendo que esta é por sua vez detida totalmente pela AdP – Águas de Portugal, enquanto a restante parte do capital social pertença aos municípios que constituem a área onde esta empresa actua. A AMARSUL tem neste momento a responsabilidade de proceder ao tratamento e valorização dos resíduos sólidos urbanos dos municípios que constituem a península de Setúbal, sendo estes Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra e Setúbal.

As infra-estruturas que servem a AMARSUL, para proceder ao tratamento e valorização dos resíduos sólidos urbanos, estão localizadas nos ecoparques de Palmela, Setúbal e Seixal.

Os serviços garantidos pela AMARSUL na qualidade de responsável pela gestão do sistema multimunicipal de valorização e tratamento de resíduos sólidos da margem sul do Tejo são:

- Recolha de resíduos de embalagens domésticas;
- Recolha de cartão porta-a-porta a estabelecimentos comerciais;
- Lavagem e manutenção de ecopontos;
- Recepção de resíduos no aterro sanitário;
- Recepção de resíduos no ecocentro.

A AMARSUL dispõe de 2 aterros sanitários, sendo estes divididos em parcelas menores denominadas de células. Os aterros sanitários estão inseridos nos ecoparques de Palmela e Seixal e o tamanho das células não é igual em ambos os aterros sanitários. As células do AS do ecoparque do Seixal podem chegar a ser 5 vezes superiores as células do AS do ecoparque

de Palmela, tendo cada célula do aterro sanitário do ecoparque de Palmela cerca de 7500 m². Na figura 4.1 apresenta-se a panorâmica do AS.

O ecoparque de Setúbal não possui AS, este é composto por uma central de compostagem e uma central de triagem. Este ecoparque recebe os resíduos indiferenciados do município de Setúbal e procede à sua triagem de forma a separar os resíduos que podem ser reciclados da matéria orgânica que será alvo de um processo de valorização para a sua transformação em composto agrícola.

Os ecoparques de Palmela e do Seixal estão equipados com sistemas de pré-tratamento de águas lixiviantes. Após o pré-tratamento das águas lixiviantes estas são encaminhadas para a rede municipal onde em conjunto com águas residuais domésticas serão tratadas e devidamente encaminhadas.

A AMARSUL tem ainda projectos de interesse global como a produção de combustíveis derivados de resíduos em parceria com a Secil. O desenvolvimento deste projecto garante um aproveitamento de mais 12,5% do total de resíduos recepcionados que se não fossem utilizados neste projecto seriam depositados em aterro. Este projecto para além de desenvolver alternativas de combustível aos tradicionalmente utilizados e assim reduzir as emissões de gases contribuintes para o efeito de estufa, ainda reduz a deposição de resíduos em aterro que é um dos objectivos a cumprir segundo o plano estratégico nacional para este sector.



Figura 3.1 - Aterro sanitário de Palmela (18).

3.2 ATERRO SANITÁRIO DE RESÍDUOS URBANOS DE PALMELA – ESTAÇÃO DE PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUAS LIXIVIANTES DO ECOPARQUE DE PALMELA

O lixiviado drenado do aterro sanitário do ecoparque de Palmela é alvo de um processo de pré-tratamento antes da sua descarga na rede municipal para posterior tratamento na ETAR da zona industrial da AUTOEUROPA e ETAR do Barreiro a cargo da SIMARSUL.

A estação de pré-tratamento das águas recolhidas pelo sistema de drenagem das águas lixiviantes do AS é composta por:

- Lagoa de regularização;
- Lagoa de arejamento I;
- Lagoa de arejamento II; e
- Lagoa de decantação.

Esta lagoas que compõem o sistema de pré-tratamento do lixiviado são compostas a montante por três poços de bombagem provenientes de células de AS, sendo estes o poço do jardim, o PL7 e o PL1:

- O poço do jardim é aquele que recebe os lixiviados de características mais antigas, proveniente das células seladas e mais antigas do AS, sendo estas as células 1 e 2;
- O poço PL7 é o que recebe os lixiviados de outra células também elas seladas mas com características mais jovens, sendo as células em questão as células 3 e 4;
- O poço PL1 recebe os lixiviados provenientes das células do AS que se encontram actualmente em exploração, as células 5 e 6.

O sistema de tratamento é composto também por uma caixa de entrada a jusante dos poços de bombagem e a montante da lagoa de regularização, e de uma estação elevatória (EE) a jusante da lagoa de sedimentação que descarrega o lixiviado pré-tratado na rede municipal.

O pré-tratamento do lixiviado recolhido do AS é também composto por sistemas de recirculação do lixiviado. Os sistemas de recirculação neste caso baseiam-se na recirculação do lixiviado tratado na lagoa de arejamento II para a lagoa de arejamento I e na recirculação do lixiviado tratado da lagoa de sedimentação para as lagoas de arejamento I e II, tal como demonstra a figura 4.3.

É importante referir que desde Agosto de 2009 que EPTAL possui uma unidade de tratamento por osmose inversa a jusante do tanque de sedimentação. Esta unidade instalada na EPTAL teve um carácter de utilização temporário e provisório, sendo que não é utilizada no período analisado.

De qualquer forma, foram obtidos resultados relativamente à eficiência de tratamento através da utilização deste processo nos meses que se seguiram à sua instalação.

Na figura seguinte é possível observar o contentor onde o processo de osmose inversa se realiza.



Figura 3.2 - Contentor onde se realiza o processo de osmose inversa.

No final da linha de pré-tratamento o efluente é descarregado na rede municipal com auxílio de uma estação elevatória, tal como referido anteriormente, para receber tratamento adicional e em conjunto com águas residuais na estação de tratamento de águas residuais da zona industrial da AUTOEUROPA e/ou da ETAR do Barreiro.

De acordo com o definido pela empresa as lamas sedimentadas na lagoa de sedimentação são limpas uma vez por ano e depositadas no AS de acordo com a ocorrência da sua limpeza.

A figura seguinte ilustra de forma sucinta o esquema de pré-tratamento de águas lixivantes utilizado pela AMARSUL para proceder ao tratamento do lixiviado drenado do AS.

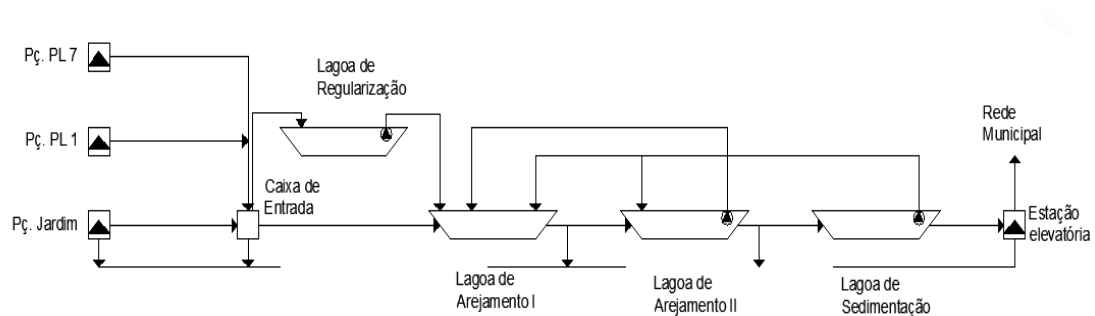


Figura 3.3- Esquema representativo da estação de pré-tratamento de águas lixivantes do AS de Palmela.

É importante referir alguns valores recomendados no projecto para que o tratamento se realize com a eficácia desejada. O caudal médio diário a tratar recomendado é de $135 \text{ m}^3/\text{dia}$, a carga de CBO_5 recomendada também em projecto é de $820,8 \text{ Kg CBO}_5/\text{dia}$ e o índice de biodegradabilidade (CBO/CQO) recomendado igualmente em projecto é de 0,3.

O início do percurso que o lixiviado tem de percorrer para ser tratado inicia-se na caixa de recepção de caudais. O objectivo desta caixa é poder desviar o caudal recebido para a lagoa de regularização amortizando assim os caudais esperados em casos de precipitação extrema, garantindo também que no período seco o caudal escoo directamente para a lagoa de arejamento I.

Importa referir que a caixa de recepção é composta por três circuitos que são controlados por três válvulas de acionamento manual em ferro fundido (FFD) da marca Fucolli, a caixa é impermeabilizada a nível interior e exterior com produtos sika, e as tampas da caixa de recepção foram executadas em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV).

A lagoa de regularização tem um volume útil de 4.000 m^3 , é revestida por geomembranas fabricadas com resina de polietileno de alta densidade (PEAD) resistente a radiação ultravioleta (UV) e espessura mínima de 2 mm.

Na figura abaixo é possível verificar a altura útil e o volume da lagoa na placa de sinalização da mesma.



Figura 3.4 - Placa de sinalização da lagoa de regularização.

A figura seguinte, onde se pode observar a lagoa de regularização, é também possível observar a geomembrana que reveste a lagoa em causa.



Figura 3.5 - Lagoa de regularização.

A lagoa de regularização encontra-se a montante da lagoa de arejamento I e está ligada à mesma por um conjunto de duas bombas de superfície de modelo CO 350-15 da Flyght com as seguintes características:

- $H= 5,9$ mca
- $Q=16,3$ m³/h

Cada uma destas bombas tem associadas ao seu funcionamento uma válvula de retenção, uma válvula de seccionamento e uma junta de desmontagem da marca Fucolli.

Na figura 4.6 podemos observar o sistema de válvulas utilizado tanto nas bombas das lagoas de arejamento como nas lagoas de regularização e decantação.

Na figura 4.7 podemos observar os dispositivos utilizados para controlar os sistemas de bombagem da cada uma das lagoas.



Figura 3.6 - Válvulas seccionamento.

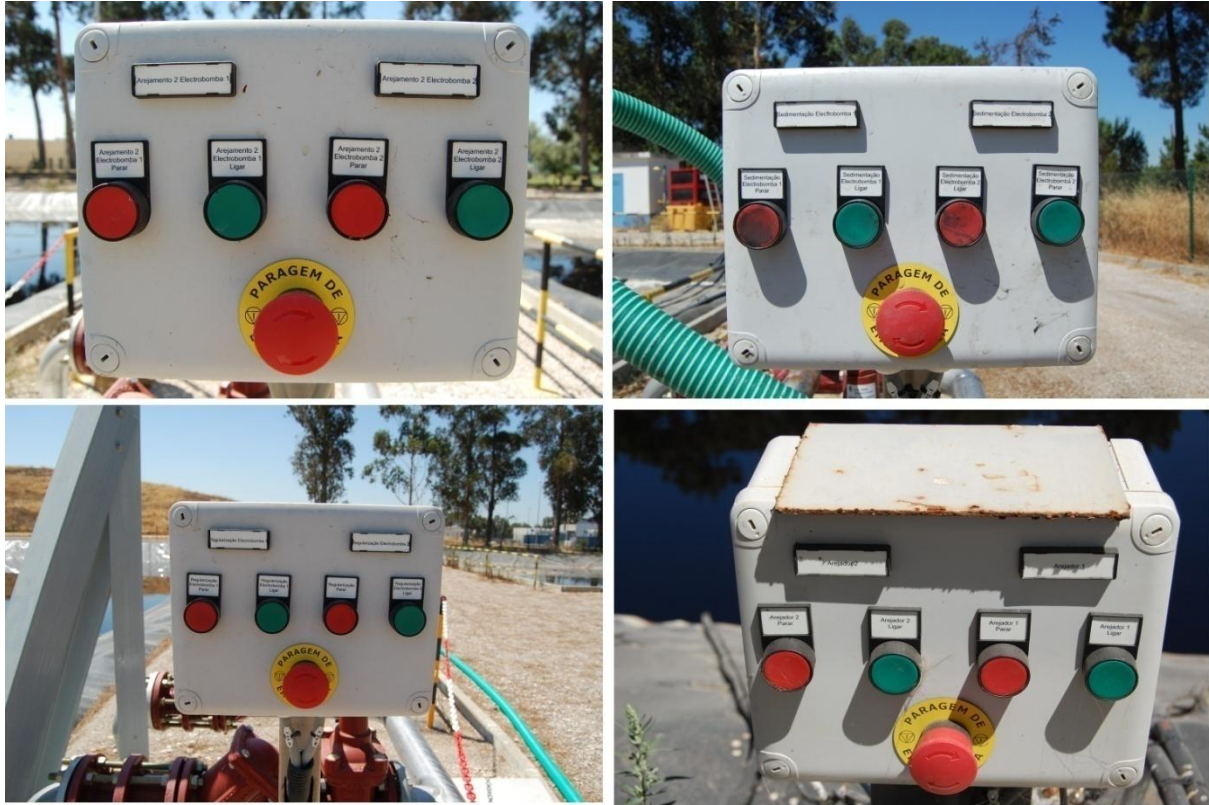


Figura 3.7 - Dispositivos de controlo das bombas.

A lagoa de sedimentação contém também uma sonda de medição de nível para assim recolher essa informação com precisão.

É fundamental referir que o início da construção desta lagoa de regularização é datada no mês de Agosto de 2011, e a conclusão da sua construção data no mês de Fevereiro de 2012. Tendo estas datas em consideração o período analisado não contempla com o funcionamento desta lagoa, e esse facto será tomado em conta na elaboração da análise que se segue.

As lagoas de arejamento I e II têm, cada uma delas, um volume de 2080 m³, altura útil igual a 4 m e um sistema de arejamento composto por 2 arejadores que funcionam em simultâneo e com 11 kW de potência. As lagoas de arejamento são dotadas também de um sistema de recirculação que promove a transferência da lagoa de arejamento II para a lagoa de arejamento I.

Na figura 4.8 é possível observar as placas de identificação de cada uma das lagoas de arejamento com a informação relativamente a capacidade volúmica e altura útil.



Figura 3.8 - Placas de sinalização das lagoas de arejamento.

O sistema de recirculação utilizado nesta EPTAL é baseado num grupo de bombagem com as seguintes características de funcionamento:

- $Q=16.3 \text{ m}^3/\text{h}$;
- $H=6.9 \text{ mca}$ (lagoa de arejamento).

As bombas utilizadas são de modelo CO 35-15 da Flyght e mais uma vez cada uma destas bombas tem associadas ao seu funcionamento uma válvula de retenção, uma válvula de seccionamento e uma junta de desmontagem da marca Fucolli.

No sistema de recirculação são utilizadas tubagens em PEAD com diâmetro nominal (DN) 90.

As lagoas de arejamento são dotadas de sondas de medição de oxigénio dissolvido de forma a controlar o nível de oxigenação que os arejadores efectuem.

Nas imagens que se seguem observam-se as lagoas de arejamento, em destaque a lagoa de arejamento II, e o conjunto de arejadores da lagoa de arejamento II.



Figura 3.9 - Lagoa de arejamento II.



Figura 3.10 - Arejadores da lagoa de arejamento II.

É importante referir que a relação de C:N:P necessária nas lagoas de arejamento para promover o crescimento apropriado da biomassa seria de 100:5:2. O tempo de retenção associado também a este dispositivo será o de 15 dias.



Figura 3.11 - Placa de identificação da lagoa de decantação.

A lagoa de decantação tem um volume de 323 m^3 , altura útil de 2,5 m, tal como se observa na placa de identificação na figura 4.11, e é dotada também de um sistema de recirculação que promove a transferência da água a tratar da lagoa de decantação para as lagoas de arejamento II e I. O sistema de recirculação é composto por um grupo de bombagem com as seguintes características:

- $Q=16.3 \text{ m}^3/\text{h}$;
- $H=6.7 \text{ mca}$.

As bombas utilizadas são de modelo CO 35-15 da Flyght e mais uma vez cada uma destas bombas tem associadas ao seu funcionamento uma válvula de retenção, uma válvula de seccionamento e uma junta de desmontagem da marca Fucolli.

A lagoa de sedimentação contém também uma sonda de medição de nível para assim recolher essa informação com precisão.

A figura seguinte apresenta a lagoa de decantação do ecoparque de Palmela.



Figura 3.12 - Lagoa de decantação.

A estação elevatória, tal como referido anteriormente, é a parcela do sistema que liga o efluente tratado à rede municipal para que este seja tratado na ETAR da zona industrial da AUTOEUROPA e/ou na ETAR do Barreiro.

3.3 ETAR URBANAS DA SIMARSUL QUE RECEBEM O EFLUENTE APÓS O PRÉ-TRATAMENTO

Após o pré-tratamento na EPTAL localizada no ecoparque de Palmela o lixiviado é descarregado na rede de colectores municipais com o intuito de ser tratado numa ETAR.

O lixiviado pode, no entanto, ser encaminhado para ETAR da zona industrial da AUTOEUROPA ou para a ETAR do Barreiro para se proceder ao seu tratamento e descarga num local apropriado.

A ETAR da zona industrial da AUTOEUROPA situa-se na freguesia da Quinta do Anjo, no concelho de Palmela e o seu funcionamento iniciou-se em 1995. Esta ETAR tem uma capacidade de tratamento de 6.245 m³/dia no ano horizonte e é dotada de um nível de tratamento secundário.

O processo de tratamento desta ETAR conta com sistema de pré-tratamento utilizado para remover sólidos grosseiros, areias e gorduras, constituído por uma desarenador e um desengordurador.

O tratamento primário é garantido através de um decantador primário lamelar que conta com uma zona de adição de reagentes. O tratamento secundário é obtido através de um reator biológico com arejamento por difusores de membrana.

É importante referir que esta ETAR possui um tanque de mistura e de lamas e espessador, digestor anaeróbio e um tanque de desidratação de lamas, que diminui a quantidade de lamas a armazenar e transportar para o destino final.

A ETAR do Barreiro situa-se no limite dos concelhos do Barreiro e da Moita, no parque industrial do Barreiro. Esta ETAR tem uma capacidade de tratamento de 65.000 m³/dia no ano horizonte e é dotada de um nível de tratamento terciário.

O pré-tratamento é efectuado em desarenadores arejados por forma a garantir a remoção das partículas sólidas, areia e gorduras presentes no afluente. O tratamento primário é realizado através de decantadores lamelares e de processos de coagulação e floculação em paralelo.

O tratamento secundário é um sistema de lamas activadas em regime de média carga. Este sistema é composto por reactores biológicos, sistemas de agitação e arejamento. O tratamento terciário de desinfecção é realizado por um sistema de tratamento por radiação ultravioleta.

Importa referir que esta ETAR é dotada também de um sistema de tratamento de lamas e valorização de biogás. As lamas geradas estão sujeitas a um espessamento e estabilização por digestão anaeróbia e desidratação, com o intuito de diminuir a quantidade a transportar e armazenar.

A produção de biogás que resulta do processo de digestão anaeróbia é utilizado de forma a obter energia eléctrica utilizada para a rede e energia térmica aproveitada para aquecer os digestores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS DADOS RELATIVOS ÀS CARACTERÍSTICAS DO LIXIVIADO

4.1 VOLUME DE LIXIVIADOS TRATADOS NA EPTAL DO ECOPARQUE DE PALMELA

Quadro 4.1 - Volume de lixiviado tratado no ano de 2011.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Volume total tratado (m ³ x1000)	15	11	9.4	4.1	4.3	2.0	2.1	5.9	1.4	1.1	11.0	8.0
Caudal médio diário (m ³ /dia)	498	404	304	137	138	65	69	190	48,2	35,3	367,4	259,5

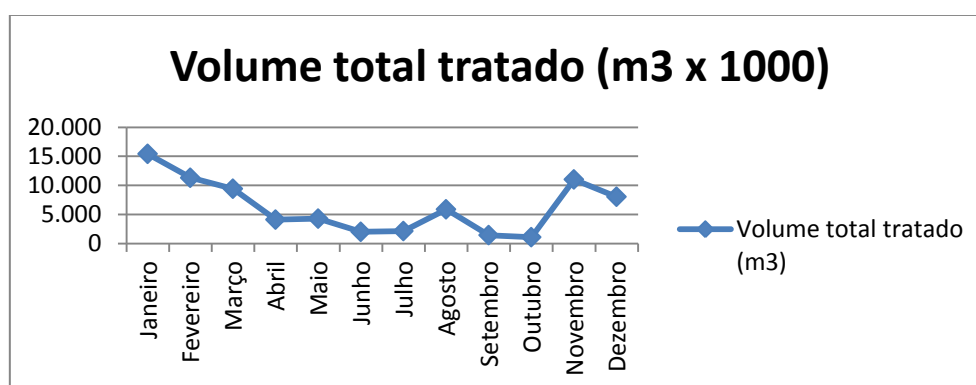


Figura 4.1 - Volume de lixiviado tratado no ano de 2011.

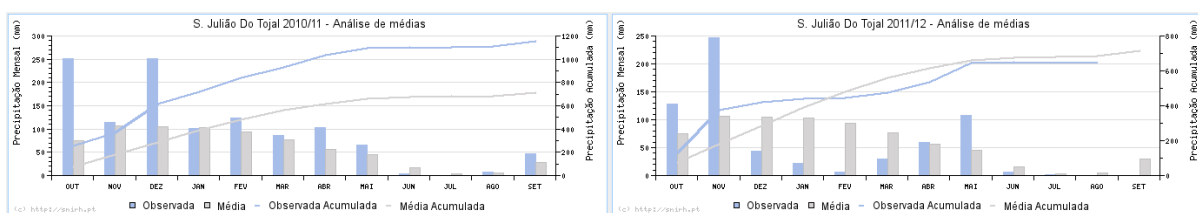


Figura 4.2 - Precipitação média na estação de S Julião do Tojal (19).

De acordo com o quadro 4.1 e a figura 4.13 e 4.14 facilmente se percebe que o volume tratado pela EPTAL não é constante, variando de acordo com a precipitação que se verifica no mês anterior. Isto é, a elevada precipitação que se verificou no mês de Dezembro de 2010 resulta num volume de lixiviado tratado também ele elevado, enquanto no mês de Janeiro, Fevereiro, Março e Abril se verificaram valores inferiores de precipitação que se traduzem em valores mais baixos de volume de lixiviado tratado. Em Outubro e Novembro de 2011 verificaram-se também valores elevados de precipitação que resultaram em volumes de lixiviado tratado também eles elevados nos meses de Novembro e Dezembro.

Quadro 4.2 - Volume de lixiviado tratado entre 2003 e 2011.

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Volume total tratado (m3 x1000)	1.770	1.711	1.422	3.776	2.552	3.451	4.021	5.876	6.350
Caudal médio diário (m3/dia)	5	5	47	126	86	113	133	193	210

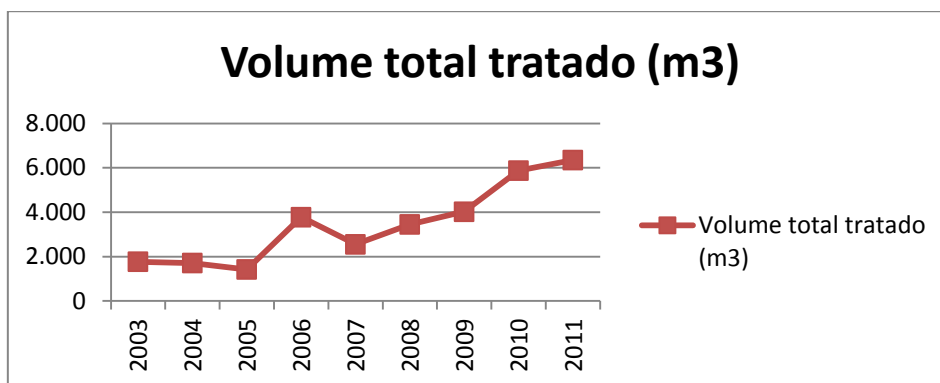


Figura 4.3 - Volume de Lixiviado tratado entre 2003 e 2011.

O volume total de lixiviado tratado por ano tem sofrido um aumento constante tal como se verifica no quadro 4.2 e na figura 4.15. A este aumento do volume tratado está associado a selagem de várias células, bem como início de exploração de muitas outras ao longo dos 9 anos correspondentes aos dados disponibilizados, sem não esquecer o facto de o principal factor ser a precipitação que se verifica num ano. Quer isto dizer que se o volume de águas lixiviantes a serem tratadas depende da precipitação sobre a área de exploração da célula, início de exploração de novas células do AS resulta num aumento de área que contribui para o volume total tratado.

Apesar do esforço que tem sido realizado pelas entidades responsáveis pela gestão de resíduos em Portugal, de acordo com os objectivos definidos no sentido de minimizar os resíduos depositados em AS o aumento da deposição de resíduos em AS continua a ser considerável, tendo-se verificado nos últimos dois anos um aumento de cerca de 1.5 do volume total tratado que pode ser associado á exploração de um número superior de células do AS.

4.2 CARÊNCIA BIOQUÍMICA EM OXIGÊNIO

Quadro 4.3 - Valores de CBO5 no lixiviado no ano de 2011.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
CBO5 (mgO2/L) - Afluente	776	1380	2300	3560	2620	688	679	3040	4120	620	876	1770
CBO5 (mgO2/L) - Efluente	712	46	913	179	1650	1210	2050	3590	995	105	4590	771
Eficiência de remoção (%)	8	97	60	95	37	0	0	0	76	83	0	56

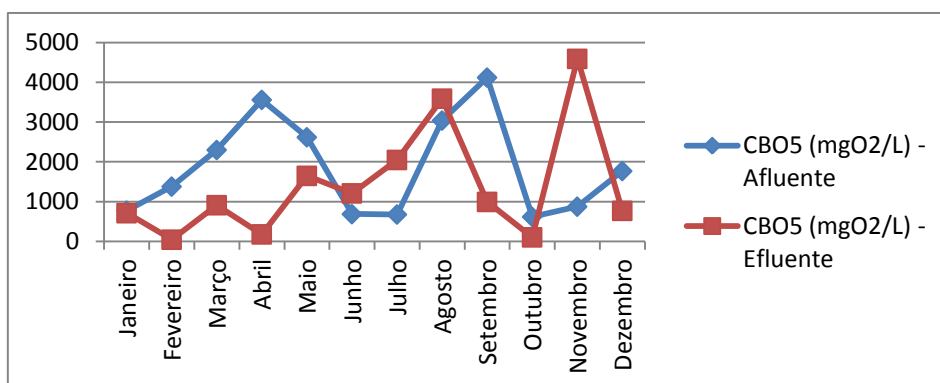


Figura 4.4 - Valores de CBO5 no lixiviado no ano de 2011.

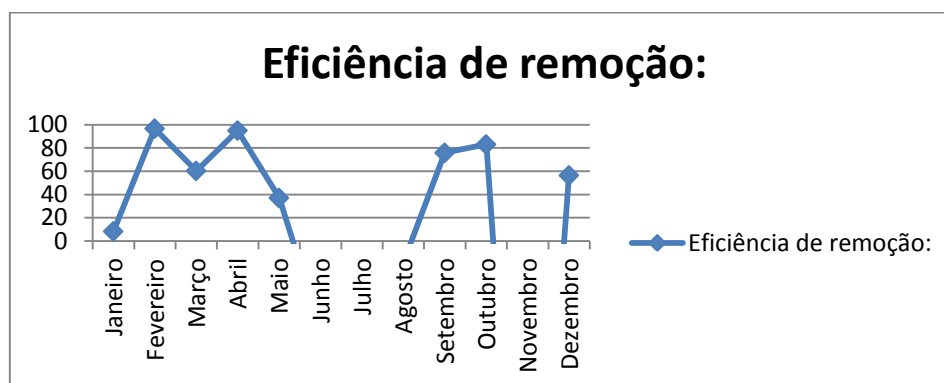


Figura 4.5 - Valores de eficiência de remoção de CBO5 no lixiviado no ano de 2011.

De acordo com o quadro 4.3 e as figuras 4.16 e 4.17 onde se indicam os valores de carência bioquímica em oxigênio no lixiviado afluente e efluente e a eficiência de remoção de CBO₅, verifica-se que o tratamento a que o lixiviado está sujeito exibe falhas que se traduzem numa baixa remoção de CBO₅. Os valores de CBO₅ medidos à entrada da estação de pré-tratamento apresentam-se pouco constantes, o que dificulta o tratamento do lixiviado e conseqüentemente valores medidos à saída também eles pouco constantes e por vezes superiores ao VLE.

Nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Setembro, Outubro e Dezembro verifica-se que existe a remoção de CBO₅ com eficiências de 8%, 97%, 60%, 95%, 37%, 76%, 83% e 56% respectivamente.

O valor limite de emissão (VLE) definido no regulamento de exploração do serviço público de saneamento de águas residuais do sistema multimunicipal da península de Setúbal a cargo da SIMARSUL para a CBO₅ é de 1000 mgO₂/L. Este valor é respeitado apenas nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Setembro, Outubro e Dezembro sendo então considerado que nos restantes meses a eficiência de tratamento é ineficaz.

Os principais factores que levam com que a remoção de CBO₅ seja inferior ao esperado para que cumpra o VLE prende-se ao facto de o caudal entrado e carente de tratamento ser superior ao caudal de projecto e à não utilização dos arejadores 3 e 4 na lagoa de arejamento. Os valores de remoção de CBO₅ são justificados nos meses de Janeiro, Maio, Junho, Julho, Agosto, Novembro e Dezembro de acordo com o parecer técnico presente no relatório, pela não utilização do sistema osmose inversa neste mesmo mês.

Quadro 4.4 - Evolução da CBO5 entre 2003 e 2011.

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CBO5 (mgO ₂ /L) - Afluente	485	683	559	678	338	839	1735	990	1869
CBO5 (mgO ₂ /L) - Efluente	242	132	413	311	236	403	429	342	1401
Eficiência de remoção:	50	81	26	54	30	52	75	66	25

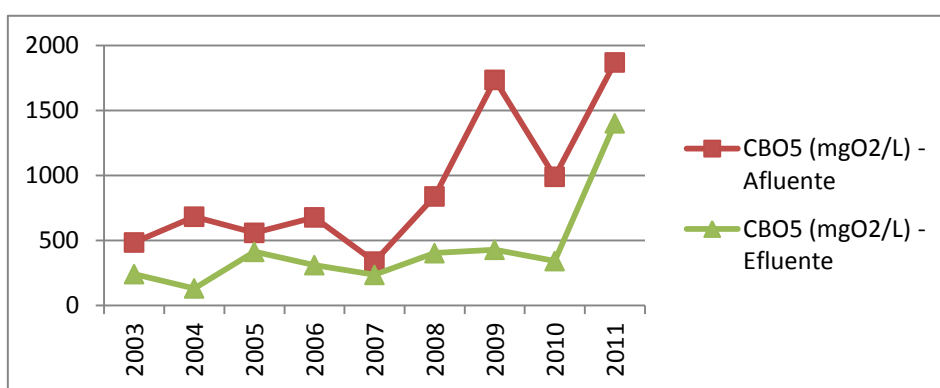


Figura 4.6 - Evolução da presença de CBO5 entre 2003 e 2011.

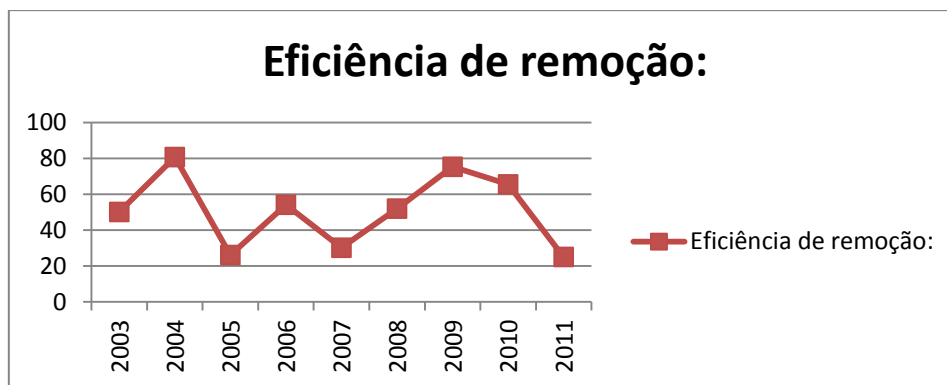


Figura 4.7 - Evolução da eficiência de remoção da CBO₅ no lixiviado entre 2003 e 2011.

Através do quadro 4.4 e das figuras 4.18 e 4.19 constata-se que a eficiência de remoção da CBO₅ tenha sofrido um grave decréscimo no ano de 2011. Entre 2003 e 2009 os valores relativos à eficiência de remoção de CBO₅ foram sempre bastante baixos, à excepção de 2004. No ano de 2009 com a instalação de um sistema de osmose inversa é notável o aumento da eficiência de remoção da CBO₅ que decresce no ano de 2011 justificada pela não utilização do sistema de osmose inversa aliado ao facto dos arejadores 3 e 4 não se encontrarem em funcionamento.

Um estudo realizado pela ECOserviços solicitado pela AMARSUL com o intuito de estudar possíveis alternativas para o processo de tratamento do lixiviado com base em dados relativamente às características do lixiviado produzido entre Janeiro de 2008 e Fevereiro de 2010, ensaios realizados em laboratórios e testes realizados no local determina as mesmas dificuldades no tratamento biológico do lixiviado, obtendo eficiências de remoção de CBO₅ abaixo do que seria esperado.

Os valores observados no ano de 2011 também se apresentam abaixo do esperado e as condições de funcionamento da EPTAL são, à excepção de algumas alterações efectuadas depois do estudo, nomeadamente a substituição dos arejadores nas lagoas, semelhantes às referidas no estudo. Deste modo algumas das sugestões realizadas no estudo são ainda válidas e os valores de eficiências possivelmente válidos.

Para aumentar a eficiência de remoção de CBO₅ na EPTAL é necessário melhorar as condições que se verificaram menos eficazes. Foi detectado, no estudo realizado pela ECOserviços, que o teor de oxigénio introduzido dos arejadores não passou dos 1,82 mg/L sendo que o mesmo estudo aconselha que o valor de oxigénio a introduzir deve ser de 2,0 mg/L, ainda que o valor mínimo para o correcto funcionamento da uma lagoa de arejamento

seja de 0,5 mg/L. É também proposto a instalação de um sistema de recirculação de lamas que, com o oxigénio que será introduzido, cria condições de desenvolvimento e crescimento da biomassa favoráveis à remoção de CBO_5 .

Outra das sugestões realizadas no estudo efectuado pela ECOserviços consiste na introdução de uma etapa de tratamento físico-químico, após a etapa de tratamento biológico. O tratamento seria composto por uma câmara de mistura rápida onde seria adicionado coagulante ao lixiviado a tratar, uma câmara de mistura lenta onde seria efectuada a adição de floculante e um decantador circular em betão com uma ponte raspadora. Os testes de bancada realizados pela ECOserviços demonstram que este tratamento consegue remover cerca de 50% da CBO_5 que passa por esta etapa. A introdução desta etapa de tratamento seria uma mais-valia que decerto aumentaria a qualidade do efluente produzido no sentido de obter valores de concentração de CBO_5 que respeitassem o VLE.

4.3 CARÊNCIA QUÍMICA EM OXIGÉNIO

Quadro 4.5 - Valores de CQO no lixiviado no ano de 2011.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
CQO (mgO ₂ /L) - Afluente	1650	3320	5900	8510	7800	1840	1870	7450	11200	1430	2110	3410
CQO (mgO ₂ /L) - Efluente	2980	273	2240	426	4550	3870	5100	5930	1780	290	10200	2240
Eficiência de remoção (%)	0	92	62	95	42	0	0	20	84	80	0	34

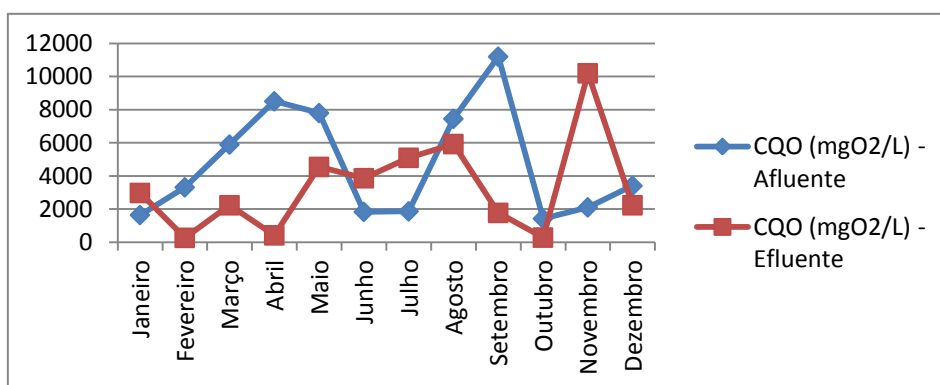


Figura 4.8 - Valores de CQO no lixiviado no ano de 2011.

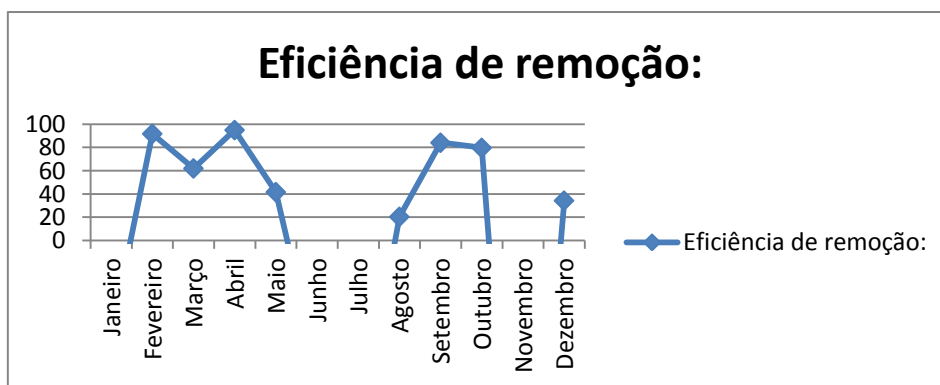


Figura 4.9 - Valores de CQO no lixiviado no ano de 2011.

Ao analisarmos o quadro 4.5 e as imagens 4.20 e 4.21 indubitavelmente se verifica que os valores de CQO registados à entrada da estação de pré-tratamento não são constantes e que aos valores mais elevados de CQO presente no efluente estão associados os valores mais elevados de CQO presentes no afluente.

O valor limite de emissão (VLE) definido no regulamento de exploração do serviço público de saneamento de águas residuais do sistema multimunicipal da península de Setúbal a cargo

da SIMARSUL para a CQO é de 3000 mgO₂/L. Este valor é respeitado nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Setembro, Outubro e Dezembro ainda que tenha atingido valores muito próximos do VLE nos mês de junho mas ainda assim superior.

Tal como na remoção da CBO₅ também se verificam remoções bastante abaixo daquilo que é esperado relativamente à CQO. Nos meses de Janeiro, Junho, Julho e Novembro a eficiência de remoção considera-se ineficaz. A este facto estão associadas características como caudais excessivos para tratar, que tal como já referido anteriormente se traduzem em tempos de retenção inferiores ao tempo de retenção de projecto, e a não utilização do sistema de osmose inversa. As cargas de CBO e CQO medidos à entrada da EPTAL resultam num índice de biodegradabilidade que nestes meses também apresenta valores acima do recomendado para a EPTAL do ecoparque de Palmela

Quadro 4.6 - Evolução da presença de CQO entre 2003 e 2011.

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CQO (mgO ₂ /L) - Afluente	1645	2981	2620	3008	3382	4616	4726	3007	4708
CQO (mgO ₂ /L) - Efluente	1111	1859	2325	2140	2726	3657	2017	1169	3323
Eficiência de remoção:	33	38	11	29	19	21	57	61	30

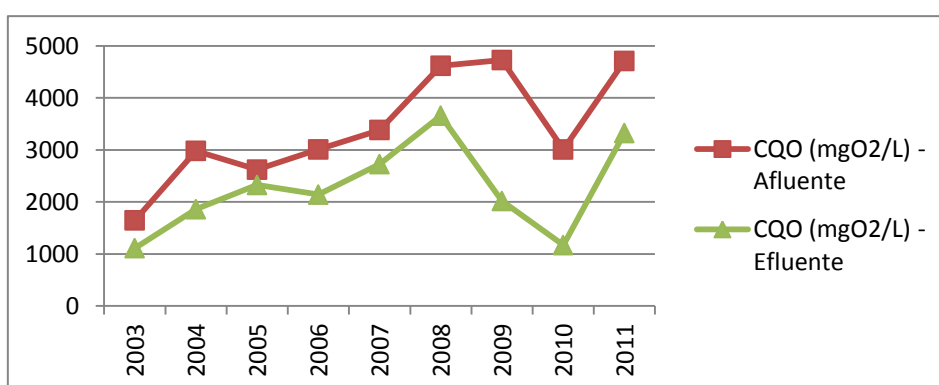


Figura 4.10 - Evolução da presença de CQO entre 2003 e 2011.

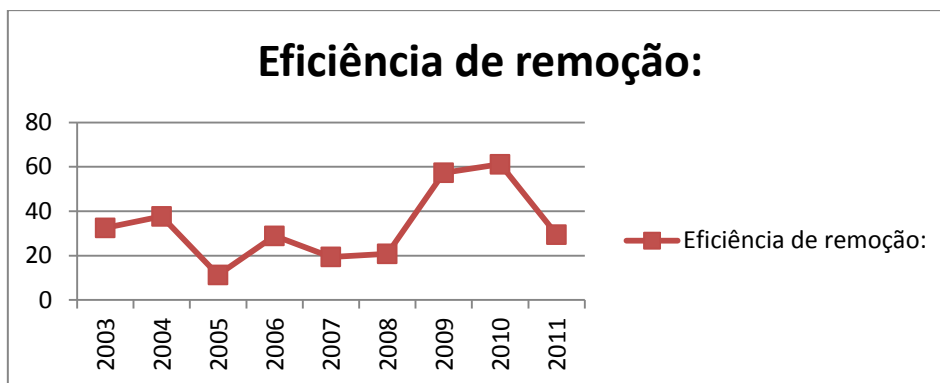


Figura 4.11 - Evolução da eficiência de remoção da CQO no lixiviado entre 2003 e 2011.

Através do quadro 4.6 e das figuras 4.22 e 4.23 facilmente se verifica que a eficiência de remoção da CQO apresenta um decréscimo elevado no ano de 2011. Entre 2003 e 2009 os valores de eficiência de remoção de CBO foram sempre baixos, nunca passando mesmo dos 40% de eficiência de remoção. No ano de 2009 com a instalação de um sistema de osmose inversa é visível o aumento da eficiência de remoção da CQO obtendo-se valores na ordem dos 60%. A remoção de CQO no ano de 2011 é justificada pela não utilização do sistema de Osmose Inversa aliado ao facto dos arejadores 3 e 4 não se encontrarem em funcionamento.

As etapas de tratamento referidas anteriormente para a melhoria da remoção de CBO_5 seriam também elas eficazes na remoção de CQO. De acordo com os testes realizados pela ECOserviços a implementação das etapas de tratamento já referidas possibilitam eficiências de remoção de CQO à saída das lagoas de arejamento na ordem dos 29%, e após o tratamento físico-químico na ordem dos 28%.

4.4 SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS

Quadro 4.7 - Valores de SST presentes no lixiviado em 2011.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
SST (mg/L) - Afluente	199	215	255	805	1135	1778	847	1540	788	880	668	455
SST (mg/L) - Efluente	237	215	684	765	287	1050	1280	1635	638	452	524	320
Eficiência de remoção (%)	0	0	0	5	75	1	0	0	20	49	22	30

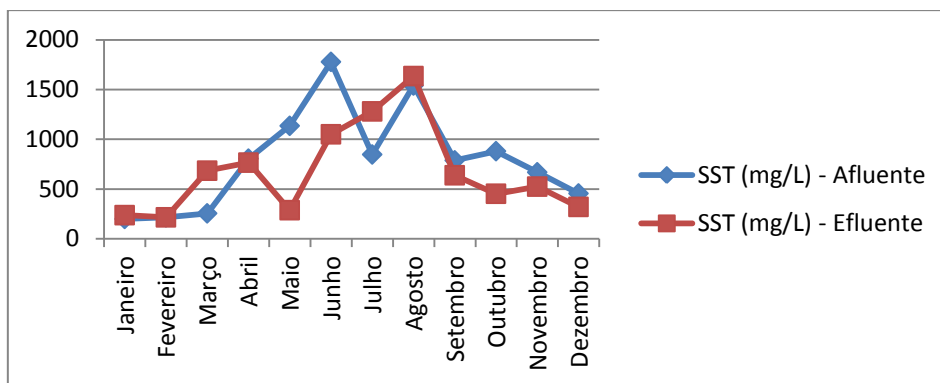


Figura 4.12 - Valores de SST presentes no lixiviado em 2011.

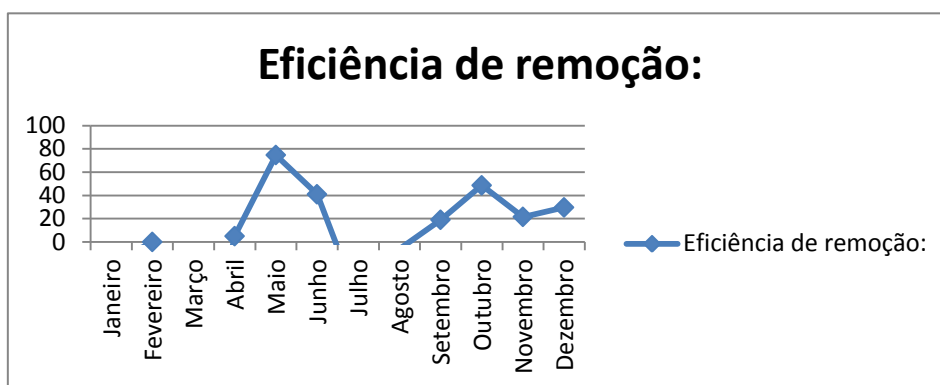


Figura 4.13 - Valores da eficiência de remoção de SST do lixiviado em 2011.

Através do quadro 4.7 e das figuras 4.24 e 4.25 facilmente se verifica que o valor de SST medido no afluente varia em todos os meses e o valor de SST medido no efluente varia de acordo com o valor entrado.

O valor limite de emissão (VLE) definido no regulamento de exploração do serviço público de saneamento de águas residuais do sistema multimunicipal da península de Setúbal a cargo da SIMARSUL para os SST é de 1000 mg SST/L. Este valor é respeitado nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro. Nos restantes meses este valor não é respeitado ainda que no mês de Junho o valor medido seja muito próximo do VLE (1050 mg SST/L).

Nos meses de Janeiro, Março, Julho e Agosto verificaram-se valores de SST superiores na medição realizada a jusante do pré-tratamento do que na medição realizada a montante do pré-tratamento. Os baixos valores de remoção de SST e o aumento que se verifica mesmo em alguns destes meses, é justificado pelo aumento de caudal que se verifica nestes meses e que origina tempos de retenção inferiores aos recomendados pelo projecto, e que assim não se

consideram suficientes para que ocorra a decantação desejada, e à falta de regularidade na limpeza das lamas acumuladas nas lagoas de arejamento e decantação.

Quadro 4.8 - Evolução de SST presente no Lixiviado entre 2003 e 2011.

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
SST (mg/L) - Afluente	140	240	438	1001	799	973	1147	478	797
SST (mg/L) - Efluente	338	276	755	987	620	913	810	320	674
Eficiência de remoção:	0	0	0	1	22	6	29	33	15

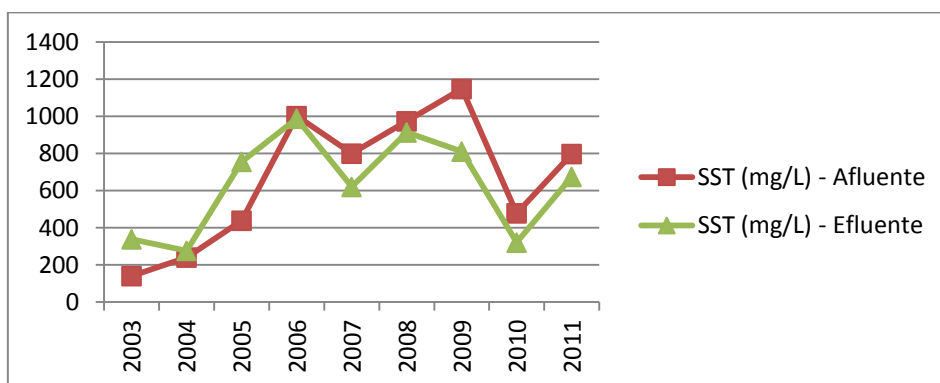


Figura 4.14 - Evolução de SST presente no lixiviado entre 2003 e 2011.

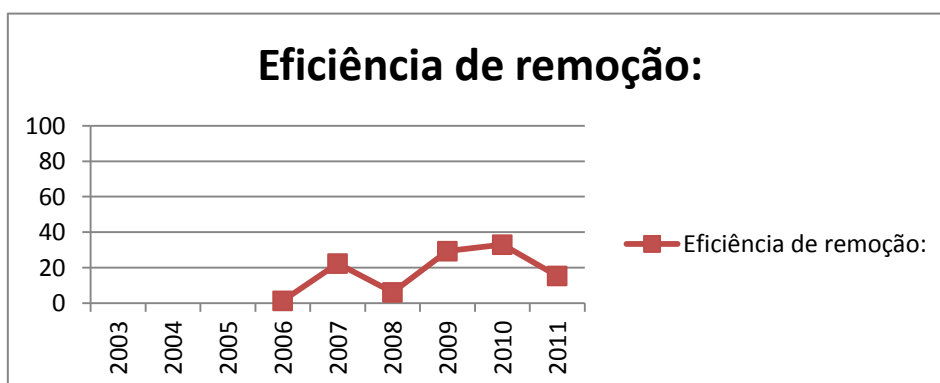


Figura 4.15 - Evolução da eficiência de remoção de SST do lixiviado entre 2003 e 2011.

No quadro 4.8 e nas figuras 4.26 e 4.27 pode-se observar a evolução dos valores de SST medidos no afluente à estação de pré-tratamento e no efluente da estação de pré-tratamento.

Entre os anos de 2003 e 2006 os resultados obtidos na remoção de SST foram sempre baixos enquanto a partir do ano de 2006 se verificou uma aumento de eficiência atingindo os níveis desejados para a remoção de SST à exceção dos anos de 2008 e 2011.

4.5 AZOTO AMONIAL

Quadro 4.9 - Valores de azoto amoniacal presentes no lixiviado em 2011.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
N-NH4 (mg/L) - Afluente	714	974	1380	2440	1940	816	1230	2250	3200	560	314	1720
N-NH4 (mg/L) - Efluente	709	81	751	63	864	978	648	976	258	49	972	534
Eficiência de remoção (%)	1	92	46	97	56	0	47	57	92	91	0	69

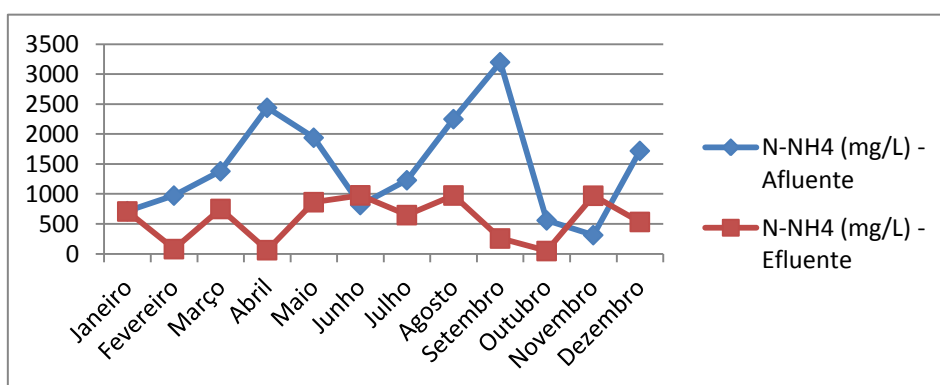


Figura 4.16 - Valores de azoto amoniacal presente no lixiviado em 2011.

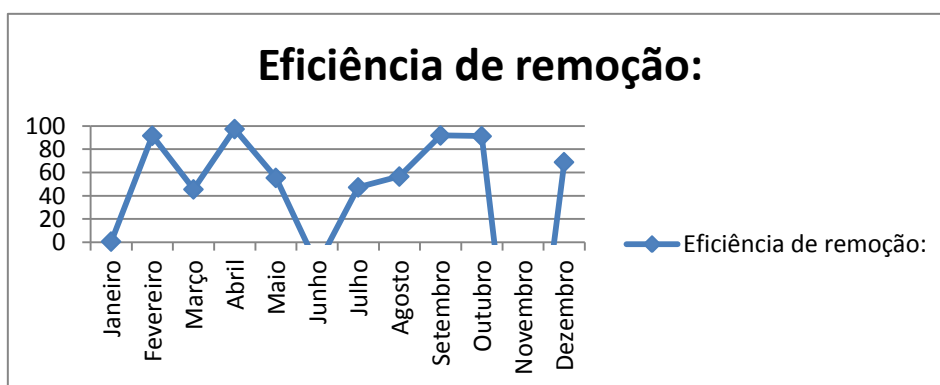


Figura 4.17 - Valores da eficiência de remoção de azoto amoniacal no lixiviado em 2011.

Através do quadro 4.9 e das imagens 4.28 e 4.29 é perceptível que os valores medidos à entrada da estação de pré-tratamento são, de uma forma geral, superiores aos valores medidos à saída da estação de pré-tratamento. Verifica-se também uma variação considerável dos

valores de azoto amoniacal medido à entrada da estação de pré-tratamento, este factor pode ser determinante para obter eficiências de remoção do azoto amoniacal consideradas eficazes.

O valor limite de emissão (VLE) definido no regulamento de exploração do serviço público de saneamento de águas residuais do sistema multimunicipal da península de Setúbal a cargo da SIMARSUL para os N-NH₄ é de 450 mg N-NH₄/L. O VLE é respeitado apenas nos meses de Fevereiro, Abril, Setembro e Outubro. Nos restantes meses o VLE não é atingido e chega com frequência elevada a duplicar o VLE no efluente descarregado no colector municipal. Considera-se assim que nestes meses o tratamento é ineficaz perante as exigências que lhe são propostas.

Quadro 4.10 – Evolução dos valores de azoto amoniacal presente no lixiviado entre 2003 e 2011.

Ano	2010	2011
N-NH ₄ (mg/L) - Afluente	1208	1462
N-NH ₄ (mg/L) - Efluente	362	574
Eficiência de remoção:	70,03311	61

A medição do Azoto amoniacal presente o afluente recebido e no efluente tratado foi apenas monitorizada a partir de 2010. Dai os dados relativos aos anos de exploração da estação de pré-tratamento apenas revelarem dados de 2010 e 2011.

De acordo com os dados referentes à concentração de azoto amoniacal dos anos de 2010 e 2011 facilmente se percebe que no ano de 2010 o VLE foi cumprido em média ao invés do ano de 2011 onde a média das concentrações obtidas no efluente tratado é superior ao VLE.

Tal como referido anteriormente um estudo realizado pela ECOserviços solicitado pela AMARSUL com o intuito de estudar possíveis alternativos para o processo de tratamento do lixiviado com base nos dados relativamente às características do mesmo entre Janeiro de 2008 e Fevereiro de 2010, ensaios realizados em laboratórios e testes realizados no local determina as mesma dificuldades na remoção de azoto amoniacal que se verificaram no ano de 2011.

De acordo com o estudo apresentado era considerável a nitrificação nas lagoas de arejamento. Nos meses de Junho e Novembro ocorre também a nitrificação no tratamento do lixiviado,

apesar de nos restantes meses de 2011 não ocorrer nitrificação os valores da eficiência de remoção atingidos são aproximadamente baixos e não atingem o VLE obrigatório.

Para melhorar a remoção de azoto amoniacal através de processos de tratamento biológico é necessário criar condições para que ocorra a nitrificação/desnitrificação. Sendo assim é necessário promover uma sequência anóxica-aeróbia. De acordo com o estudo realizado pela ECOserviços tal condição pode ser garantida através de interrupções diárias dos arejadores de uma das lagoas de arejamento em períodos diários. A eficiência de remoção espetável com esta alteração, associada à recirculação de lamas já referida anteriormente, pode chegar ao 27% o que já significa que nalguns meses o VLE seria cumprido.

4.6 FÓSFORO

Quadro 4.11 - Valores de fósforo presente no lixiviado no ano de 2011.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
P (mg/L) - Afluente	6	14	14	3	13	15	8	24	1	1	0	6
P (mg/L) - Efluente	5,6	3,8	5,7	2,6	1,8	8,1	14,3	20,7	0,9	0,3	46,6	6
Eficiência de remoção (%)	7	73	591	13	86	46	0	14	10	70	0	0

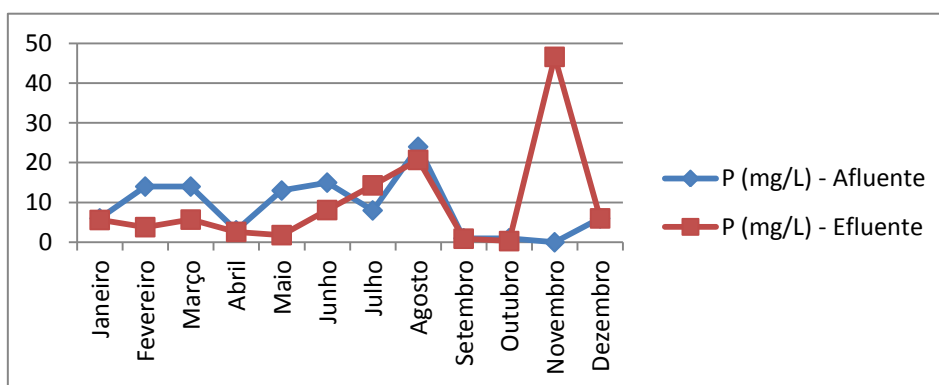


Figura 4.18 - Valores de fósforo presente no lixiviado no ano de 2011.

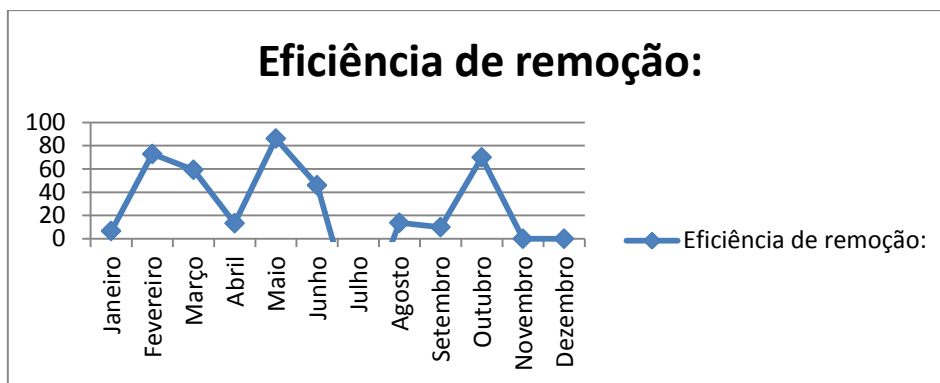


Figura 4.19 - Eficiência de remoção de fósforo no lixiviado no ano de 2011.

De acordo com o quadro 4.11 e as figuras 4.30 e 4.31 facilmente se percebe que a concentração de fósforo medido no afluente é baixa tendo como valor máximo 24 mg P/L e valor mínimo 0 mg P/L.

O valor limite de emissão (VLE) definido no regulamento de exploração do serviço público de saneamento de águas residuais do sistema multimunicipal da península de Setúbal a cargo da SIMARSUL para o fósforo - P é de 20 mg P/L. Este valor apenas não é respeitado nos meses de Março, Abril, Agosto e Novembro sendo que no mês de Agosto o valor é próximo do VLE (20 mg P/L).

Do ponto de vista de eficiência de remoção de fósforo é atingido no ano de 2011 um nível aproximado daquilo que é necessário para respeitar o VLE. Os valores baixos de fósforo medidos no afluente são prejudiciais ao tratamento por lagoas de arejamento uma vez que de acordo com os parâmetros estabelecidos para o tratamento através de lagoas de arejamento seria necessário atingir um valor de fósforo que respeita-se a relação de C:N:P que é 100:5:2 e com isto não comprometer o crescimento da biomassa suspensa da lagoa de arejamento. Este valor é obtido apenas no mês de Junho (2.2).

Quadro 4.12 - Evolução da remoção de fósforo no lixiviado entre 2010 e 2011.

Ano	2010	2011
P (mg/L) - Afluente	8	9
P (mg/L) - Efluente	2,6	9,7
Eficiência de remoção:	67,5	0

Relativamente à evolução da remoção de fósforo, através do quadro 4.12 facilmente se percebe que o VLE é respeitado de forma clara nos anos de 2010 e 2011.

4.7 PH

Quadro 4.13 - Valores de pH no lixiviado no ano de 2011.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
pH - Afluente	7,9	8,1	7,9	8,1	8	8	8	8,1	8,1	8,3	7,8	7,7
pH - Efluente	8,3	7,8	8,3	7	7,5	8,3	8,2	8,4	7,8	7,2	8	8

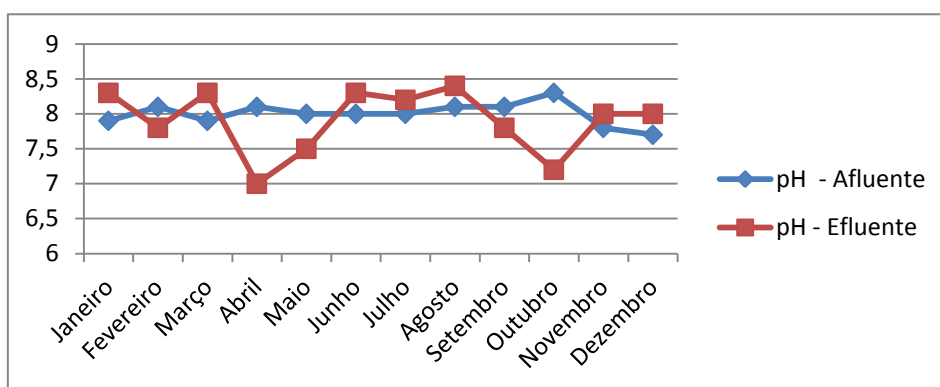


Figura 4.20 - Gráfico de evolução dos valores de pH no lixiviado no ano de 2011.

De acordo com o quadro 4.13 e a figura 4.32 é imediato a percepção de que o pH varia com amplitude fraca no lixiviado afluente e de forma menos constante no efluente tratado. Os valores de pH medidos à entrada da estação de pré-tratamento variam entre 7.7 e 8.3 enquanto os valores medidos à saída da estação de pré-tratamento variam entre 7 e 8.3.

O valor limite de emissão (VLE) definido no regulamento de exploração do serviço público de saneamento de águas residuais do sistema multimunicipal da península de Setúbal a cargo da SIMARSUL para o pH é estabelecido pelo intervalo de valores de 6,0 – 9,0. Os valores medidos no ano de 2011 estão dentro da gama de valores definidos como VLE.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como principal objectivo determinar as eficiências de remoção das cargas poluentes presentes no lixiviado produzido pelo aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos no ecoparque de Palmela explorado pela AMARSUL e verificar se as exigências de descarga em colector municipal, exigidas no regulamento de exploração do serviço público de saneamento de águas residuais do sistema multimunicipal da península de Setúbal a cargo da SIMARSUL, são respeitadas

As conclusões auferidas com a realização deste trabalho incidem essencialmente nos seguintes pontos.

- O funcionamento da estação de pré-tratamento das águas lixivantes manifestou-se ineficaz perante as situações a que era exposto. As principais causas identificadas neste sentido foram o excesso que caudal verificado em meses de precipitação intensa que se traduziu em tempos de retenção inferiores aos recomendados pelo projecto, a oxigenação insuficiente, relação de C:N:P em poucas ocasiões correspondente ao recomendado pelo projecto, sendo caracterizada por valores de azoto muito superiores ao que o sistema de tratamento se encontra preparado para remover e valores de fósforo inferiores ao necessário, e a falta limpeza das lamas que acabam por sedimentar no fundo das lagoas de arejamento.
- É essencial e indispensável a introdução de uma lagoa de regularização na estação de pré-tratamento. Os principais problemas identificados estão associados em parte à falta de regularização dos caudais que se verifica em períodos de chuva intensa, tal como em períodos de precipitação escassa onde o caudal tratado é inferior ao recomendado em projecto. Num sistema de tratamento por lagoas de arejamento e decantação estas situações podem ser determinantes para conseguir um tratamento eficaz e remover as cargas poluentes necessárias.
- O tratamento efectuado pelas lagoas de arejamento verificou-se inferior ao que seria de esperar, resultando em eficiências de remoção de CBO₅ e CQO também elas inferiores ao que seria necessário atingindo mesmo valores superiores ao VLE. Para solucionar tal situação será necessário recorrer à correcção do sistema de arejamento das lagoas arejamento. O objectivo de corrigir o seu funcionamento deve garantir taxas de oxigenação suficiente para o seu correcto comportamento, a complementação

do sistema de tratamento com a introdução de uma etapa de tratamento físico-químico e um sistema de recirculação de lamas que de acordo com os ensaios e testes realizados pela ECOserviços, que serão suficientes para garantir que os VLE serão cumpridos na descarga em colectores municipais.

- O funcionamento da lagoa de decantação mostrou-se igualmente ineficaz quando se deparava com situações de caudais excessivos e superiores ao recomendado pelo projecto. Os baixos tempos de retenção associados aos caudais de tratamento de lixiviados elevados traduzem-se numa eficácia de tratamento e sedimentação das lamas na lagoa de decantação inferiores aos esperados. A falta de limpeza de lamas sedimentadas na lagoa, traduziu-se em problemas de arrastamento de SST no efluente. Em alguns meses o aumento dos SST está associado à falta de limpeza das lagoas e do excesso de caudal verificado.
- O sistema de tratamento por osmose inversa revelou-se eficiente quando utilizado em 2009. Deste modo a utilização desta etapa de tratamento pode ser uma chave importante para que sejam removidas com eficiência as cargas poluentes presentes no lixiviado tratar e cumprir assim os VLE.
- A introdução de uma etapa de tratamento físico-química seria uma mais-valia para esta estação de pré-tratamento. Os problemas de funcionamento da estação de pré-tratamento identificados e os testes realizados pela ECOserviços sugerem que se obteriam valores de remoção das cargas poluentes presentes no lixiviado dentro dos limites exigidos legalmente.

Revelou-se assim que os principais factores que determinam por vezes o baixo grau de depuração das águas após o tratamento são definidos como a inexistência de regularização do caudal que necessita de tratamento, situação que se encontra resolvida neste momento, o não funcionamento dos arejadores 3 e 4, condições desfavoráveis ao crescimento da biomassa nas lagoas de arejamento e a necessidade de complementar o tratamento existente com uma etapa físico-química. Estes factores tem de ser corrigidos para que o sistema de tratamento adquira o correcto funcionamento e deste modo atinga os valores das cargas poluentes presentes no efluente descarregado inferiores aos VLE.

BIBLIOGRAFIA

1. *Resíduos Urbanos em 2010*. s.l. : APA, APA 2010.
2. Regulamento de exploração do serviço público de saneamento de águas residuais do sistema multimunicipal da península de Setúbal.
3. **Piedade, M. e Aguiar, P.** Opções de Gestão de Resíduos Urbanos. Lisboa : Ersar, 2010.
4. **White, P. R., Frankie, M. e P.Hindle.** *Integrated solid waste management: a life cycle inventory* . s.l. : Blackie Academic and Professional, 1995.
5. **Ribeiro, A.M.** Poluentes Orgânicos Prioritários em Lixiviados de Aterros Sanitários. Porto : FEUP, 2001.
6. **Gonçalves e Martinho, G.** *Gestão de Resíduos*. s.l. : Edição Universidade Aberta, 2000.
7. **Levy, J. Q. e Cabeças, A. J.** *Resíduos Sólidos Urbanos - Princípios e Processos*. Lisboa : AEPSA, 2006.
8. **Tchbanoglous, G., Theisen, H. e Vigil, S.** *Inetgrated solid waste management: engineering principles and management issues*. New York : McGraw-Hill, 1993.
9. **Qasim, S. R. e Chiang, W.** *Sanitary Landfill Leachate: Generation, control and treatment*. USA, Lancaster : Teachnomic Publishing Company,Inc., 1994.
10. *Gestão de Lixiviados*. **Faria, A. L.** Lisboa : APESB, 1997. Jornadas Técnicas Internacionais de Resíduos.
11. **Santos, M.** *Diagnóstico e Avaliação da Gestão de Lixiviados Produzidos em Aterros Sanitários de Resíduos Urbanos*. Lisboa : s.n., 2008.
12. **Martinho, G., et al.** *Gestão e tratamento de lixiviados produzidos em aterros sanitarios de resíduos urbanos*. s.l. : IRAR/FCT, 2008.
13. **Santana, J. Q. e Levy.** *Funcionamento das estações de tratamento e águas lixiviantes e acções para a sua beneficiação*. Lisboa : CESUR, 2004.
14. **Mcbean, E. A., Rovers, F. A. e Farquar, G. J.** *Solid Waste Landfill Engineering and design*. USA : Prentice-Hall Inc., 1995.

15. **Mano, A. P.** Remoção de Nutrientes por via Biológica. s.l., Portugal : DCEA-FCT/UNL, 2006.
16. **Oliveira, J. S.** *Operações e Processos Fundamentais em Engenharia Sanitária - Vol III.* Monte da Caparica : DEA-FCT/UNL, 1983.
17. *Removal of Organics from leachates by anaerobic filter.* **Henry, J.G., Prasad, D. e Young, H.** 1987, Water Res., pp. 1395-1399.
18. **Amarsul.** <http://www.amarsul.pt/index.php/pt/rsu>. *amarsul*. [Online] 10 de Setembro de 2012. [Citação: 10 de Setembro de 2012.] <http://www.amarsul.pt/index.php/pt/rsu>.
19. **snirh.** www.snirh.pt. *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*. [Online] 2012. [Citação: 27 de Julho de 2012.] <http://snirh.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.1>.
20. **Rodriguez, J., et al.** Removal of non-biodegradable organic matter from leachates landfill by adsorption - Water Res. 2004, pp. 3297-3303.
21. **Pohland, F. G. e Harper, S. R.** *Critical review and summary of leachate and gas production form landfills.* Cincinnati, Ohio : EPA, 1985.
22. *Controlled Landfill management of municipal solid waste and hazardous wastes.* **Pohland, F. G., et al.** Chicago : s.n., 1990. National Specialty Conference on Water Quality Management of Landfills. pp. 3-16.
23. **Pohland, F.G. e Kang, S. J.** *Sanitary Landfill Stabilization with Leachate Recycle and residual treatment.* 1975.
24. *Landfill management with moisture control.* **Leckie, J. O., Pacey, J. G. e Halvadakis, C.** 1979, Journal Environmental Engineering Division, pp. 337-355.
25. **Rocha, C. A. M.** Bioreactor de Membranas e Osmose Inversa no Tratamento de Lixiviados de Aterros de RSU's. Porto : FEUP, 2003.
26. **McDougall, F. R., et al.** 2001.
27. **Levy, J. Q. e Santana, C. (2004).** **Funcionamento das estações de tratamento de águas lixivantes e acções para a sua beneficiação, CESUR, Lisboa. Estudo elaborado para o INR.** 2004.

28. **IRAR.** Gestão e tratamento de lixiviados produzidos em aterros sanitários de resíduos urbanos. Dezembro de 2008.
29. Declaração de Rectificação n.º74/2009, de 9 de Outubro. *Rectifica o Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto.*
30. Decreto-Lei n.º152/2002, de 23 de Maio . *Estabelece o regime jurídico a que fica sujeito o procedimento para a emissão de licença, instalação, exploração, encerramento e manutenção pós-encerramento de aterros.*
31. Decreto-Lei n.º183/2009, de 10 de Agosto . *Revoga o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio.*
32. Portaria n.º187/2007, de 12 de Fevereiro. *Aprova o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II).*
33. Portaria n.º 851/2009, de 7 de Agosto. *Caracterização prévia dos resíduos produzidos .*
34. **Russo, Mário Augusto Tavares.** *Tratamento de resíduos sólidos.* s.l. : Faculdade de ciências e tecnologias da universidade de Coimbra, 2003.
35. **Ceçen, F. e Aktas, O.** Effect of PAC addition in combined treatment of landfill leachate and domestic wastewater in semi-continuousfed-batch and continuous.flow reactors. 2001, pp. 1179-1186.
36. **Chian, E. S. K. e DeWalle, F.B.** Sanitary landfill leachates and their treatment. 1976, pp. 411-431.

LEGISLAÇÃO

Declaração de Rectificação n.º74/2009, de 9 de Outubro. (s.d.). *Rectifica o Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto.*

Decreto-Lei n.º152/2002, de 23 de Maio . (s.d.). *Estabelece o regime jurídico a que fica sujeito o procedimento para a emissão de licença, instalação, exploração, encerramento e manutenção pós-encerramento de aterros .*

Decreto-Lei n.º183/2009, de 10 de Agosto . (s.d.). *Revoga o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio .*

Portaria n.º 851/2009, de 7 de Agosto. (s.d.). *Caracterização prévia dos resíduos produzidos .*

Portaria n.º187/2007, de 12 de Fevereiro. (s.d.). *Aprova o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II) .*

ANEXOS

Anexo A – Características do Lixiviado no ano de 2011

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n.º 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Janeiro de 2011

Dia	Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR			
	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SST %	
1	Sáb																									
2	Dom																									
3	Seg																									
4	Ter																									
5	Qua	7,8			210	8,4	510	71	360			8,3	420	81	340				8,3			260				-23,8
6	Qui																									
7	Sex																									
8	Sáb																									
9	Dom																									
10	Seg																									
11	Ter																									
12	Qua	8,2	1650	776	330	8,2	440	66	290	8,2	985	3300	8,4	350	71	250	8,3	708	2850	8,3	2980	712	210	-80,6	8,2	36,4
13	Qui																									
14	Sex																									
15	Sáb																									
16	Dom																									
17	Seg																									
18	Ter																									
19	Qua	7,8			57	8,6	600	73	440			8,4	800	56	450				8,4			240				-321,1
20	Qui																									
21	Sex																									
22	Sáb																									
23	Dom																									
24	Seg																									
25	Ter																									
26	Qua	*			*	*	*		*			*	*		*				*			*				
27	Qui																									
28	Sex																									
29	Sáb																									
30	Dom																									
31	Seg																									
MINIMO		7,8	1650	776	57	8,2	440	66	290	8,2	985	3300	8,3	350	56	250	8,3	708	2850	8,3	2980	712	210	-80,6	8,2	-321,1
MÁXIMO		8,2	1650	776	330	8,6	600	73	440	8,2	985	3300	8,4	800	81	450	8,3	708	2850	8,4	2980	712	260	-80,6	8,2	36,4
MÉDIA		7,9	1650	776	199	8,4	517	70	363	8,2	985	3300	8,4	523	69	347	8,3	708	2850	8,3	2980	712	237	-80,6	8,2	-102,8

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

* A empresa transportadora não efectuou a recolha das amostras não tendo sido por este motivo possível efectuar a análise das amostras, a respectiva reclamação já foi efectuada, a Luságua pede desde já desculpa pelo sucedido.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n.º 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Fevereiro de 2011

Dia		Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Calxa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Calxa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR		
		pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SSV %
1	Ter																									
2	Qua	8,5			340	8,4	400	90	360				8,5	480	81	390				8,5			350			-2,9
3	Qui																									
4	Sex																									
5	Sáb																									
6	Dom																									
7	Seg																									
8	Ter																									
9	Qua	8,5	3320	1380	330	8,8	480	75	360	8,8	2000	5330	8,6	550	73	400	8,6	2070	5080	6,1	273	46	20	91,8	96,7	93,9
10	Qui																									
11	Sex																									
12	Sáb																									
13	Dom																									
14	Seg																									
15	Ter																									
16	Qua	7,4			40	8,5	410	73	300				8,5	350	80	280				8,3			250			-525,0
17	Qui																									
18	Sex																									
19	Sáb																									
20	Dom																									
21	Seg																									
22	Ter																									
23	Qua	7,9			150	8,5	670	72	480				8,5	960	65	620				8,2			240			-60,0
24	Qui																									
25	Sex																									
26	Sáb																									
27	Dom																									
28	Seg																									
MINIMO		7,4	3320	1380	40	8,4	400	72	300	8,8	2000	5330	8,5	350	65	280	8,6	2070	5080	6,1	273	46	20	91,8	96,7	-525,0
MÁXIMO		8,5	3320	1380	340	8,8	670	90	480	8,8	2000	5330	8,6	960	81	620	8,6	2070	5080	8,5	273	46	350	91,8	96,7	93,9
MÉDIA		8,1	3320	1380	215	8,6	490	78	375	8,8	2000	5330	8,5	585	75	423	8,6	2070	5080	7,8	273	46	215	91,8	96,7	-123,5

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n° 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Março de 2011

Dia	Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR			
	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SST %	
1	Ter																									
2	Qua	7,9			120	8,6	750	76	570			8,5	600	72	430				8,0			140			-16,7	
3	Qui																									
4	Sex																									
5	Sáb																									
6	Dom																									
7	Seg																									
8	Ter																									
9	Qua	7,9	5900	2300	300	8,6	650	80	520	8,6	1580	3170	8,4	940	74	700	8,5	1590	3100	8,3	2240	913	340	62,0	60,3	-13,3
10	Qui																									
11	Sex																									
12	Sáb																									
13	Dom																									
14	Seg																									
15	Ter																									
16	Qua	8,0			640	8,5	1140	79	900			8,4	2180	61	1340				8,5			820			-28,1	
17	Qui																									
18	Sex																									
19	Sáb																									
20	Dom																									
21	Seg																									
22	Ter																									
23	Qua	7,7			120	8,6	1660	66	1100			8,5	1740	63	1100				8,5			620			-116,7	
24	Qui																									
25	Sex																									
26	Sáb																									
27	Dom																									
28	Seg																									
29	Ter																									
30	Qua	7,8			97	8,7	1240	69	860			8,4	570	77	440				8,4			1500,0			-1446,4	
31	Qui																									
MÍNIMO		7,7	5900	2300	97	8,5	650	66	520	8,6	1580	3170	8,4	570	61	430	8,5	1590	3100	8,0	2240	913	140	62,0	60,3	-1446,4
MÁXIMO		8,0	5900	2300	640	8,7	1660	80	1100	8,6	1580	3170	8,5	2180	77	1340	8,5	1590	3100	8,5	2240	913	1500	62,0	60,3	-13,3
MÉDIA		7,9	5900	2300	255	8,6	1088	74	790	8,6	1580	3170	8,4	1206	69	802	8,5	1590	3100	8,3	2240	913	684	62,0	60,3	-384,2

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n° 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Abril de 2011

Dia		Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR		
		pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SSV %
1	Sex																									
2	Sáb																									
3	Dom																									
4	Seg																									
5	Ter																									
6	Qua																									
7	Qui	7,8			580	8,5	1600	56	900			8,7	1950	54	1050				5,6			10			98,3	
8	Sex																									
9	Sáb																									
10	Dom																									
11	Seg																									
12	Ter																									
13	Qua	8,1	8510	3560	390	8,6	1420	58	820	8,6	3980,0	9420,0	8,4	630	67	420	8,5	2490,0	6690,0	6,9	426	179	410	95,0	95,0	-5,1
14	Qui																									
15	Sex																									
16	Sáb																									
17	Dom																									
18	Seg																									
19	Ter	8,1			1300	8,7	1700	85	1450			8,5	1300	88	1150				8,5			2500			-92,3	
20	Qua																									
21	Qui																									
22	Sex																									
23	Sáb																									
24	Dom																									
25	Seg																									
26	Ter																									
27	Qua	8,5			950	8,7	2050	61	1250			8,5	2200	55	1200				6,9			140			85,3	
28	Qui																									
29	Sex																									
30	Sáb																									
MINIMO		7,8	8510	3560	390	8,5	1420	56	820	8,6	3980	9420	8,4	630	54	420	8,5	2490	6690	5,6	426	179	10	95,0	95,0	-92,3
MÁXIMO		8,5	8510	3560	1300	8,7	2050	85	1450	8,6	3980	9420	8,7	2200	88	1200	8,5	2490	6690	8,5	426	179	2500	95,0	95,0	98,3
MÉDIA		8,1	8510	3560	805	8,6	1693	65	1105	8,6	3980	9420	8,5	1520	66	955	8,5	2490	6690	7,0	426	179	765	95,0	95,0	21,6

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n° 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Maio de 2011

Dia	Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR			
	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SST %	
1	Dom																									
2	Seg																									
3	Ter																									
4	Qua	8,1		640	8,6	1950	62	1200				8,5	2360	57	1350				7,3		200			68,8		
5	Qui																									
6	Sex																									
7	Sáb																									
8	Dom																									
9	Seg																									
10	Ter																									
11	Qua	7,9	7800	2620	1650	8,5	1700	62	1050	8,5	1670,0	6120,0	8,5	1550	65	1000	8,5	1480,0	4700,0	8,2	4550	1650	500	41,7	37,0	69,7
12	Qui																									
13	Sex																									
14	Sáb																									
15	Dom																									
16	Seg																									
17	Ter																									
18	Qua	7,9		1850	8,5	1980	53	1050				8,5	3360	52	1750				5,8		18			99,0		
19	Qui																									
20	Sex																									
21	Sáb																									
22	Dom																									
23	Seg																									
24	Ter																									
25	Qua	7,9		400	8,4	820	44	360				8,4	640	75	480				8,5		430			-7,5		
26	Qui																									
27	Sex																									
28	Sáb																									
29	Dom																									
30	Seg																									
31	Ter																									
MÍNIMO		7,9	7800	2620	400	8,4	820	44	360	8,5	1670	6120	8,4	640	52	480	8,5	1480	4700	5,8	4550	1650	18	41,7	37,0	-7,5
MÁXIMO		8,1	7800	2620	1850	8,6	1980	62	1200	8,5	1670	6120	8,5	3350	75	1750	8,5	1480	4700	8,5	4550	1650	500	41,7	37,0	99,0
MÉDIA		8,0	7800	2620	1135	8,5	1613	55	915	8,5	1670	6120	8,5	1973	62	1145	8,5	1480	4700	7,5	4550	1650	287	41,7	37,0	57,5

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n° 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Junho de 2011

Dia		Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR		
		pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SST %
1	Qua	7,8			1320	8,5	2000	50	1000				8,5	1180	63	740				8,0			1240			6,1
2	Qui																									
3	Sex																									
4	Sáb																									
5	Dom																									
6	Seg																									
7	Ter																									
8	Qua	8,4	1840	688	860	8,5	1760	55	960	8,5	1250,0	4850,0	8,6	1640	48	780	8,6	1300,0	4120,0	8,5	3870	1210	500	-110,3	-75,9	41,9
9	Qui																									
10	Sex																									
11	Sáb																									
12	Dom																									
13	Seg																									
14	Ter																									
15	Qua	7,9			3950	8,2	2700	50	1350				8,4	3200	47	1500				8,9			120			97,0
16	Qui																									
17	Sex																									
18	Sáb																									
19	Dom																									
20	Seg																									
21	Ter	8,1			2200	8,4	2400	56	1350				8,5	2650	45	1200				8,4			2800			-27,3
22	Qua																									
23	Qui																									
24	Sex																									
25	Sáb																									
26	Dom																									
27	Seg																									
28	Ter																									
29	Qua	8,0			560	8,1	2060	62	1280				8,1	1900	54	1020				7,9			40			92,9
30	Qui																									
MINIMO		7,8	1840	688	560	8,1	1760	50	960	8,5	1250	4850	8,1	1180	45	740	8,6	1300	4120	7,9	3870	1210	40	-110,3	-75,9	-27,3
MÁXIMO		8,4	1840	688	3950	8,5	2700	62	1350	8,5	1250	4850	8,6	3200	63	1500	8,6	1300	4120	8,9	3870	1210	2800	-110,3	-75,9	97,0
MÉDIA		8,0	1840	688	1778	8,3	2184	55	1188	8,5	1250	4850	8,4	2114	51	1048	8,6	1300	4120	8,3	3870	1210	940	-110,3	-75,9	42,1

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n.º 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Julho de 2011

Dia	Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR			
	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SST %	
1	Sex																									
2	Sáb																									
3	Dom																									
4	Seg																									
5	Ter																									
6	Qua																									
7	Qui	7,8			780	8,1	1360	72	980			8,5	580	93	540				7,6			320			59,0	
8	Sex																									
9	Sáb																									
10	Dom																									
11	Seg																									
12	Ter																									
13	Qua	8,0	1870	679	440	8,3	2800	59	1650	8,3	2030,0	5650,0	8,5	2550	57	1450	8,5	2070,0	5470,0	8,5	5100	2050	2450	-172,7	-201,9	-456,8
14	Qui																									
15	Sex																									
16	Sáb																									
17	Dom																									
18	Seg																									
19	Ter																									
20	Qua	8,2			1320	8,3	2800	63	1750			8,3	1000	62	620				8,4			1070			18,9	
21	Qui																									
22	Sex																									
23	Sáb																									
24	Dom																									
25	Seg																									
26	Ter																									
27	Qua																									
28	Qui																									
29	Sex																									
30	Sáb																									
31	Dom																									
MINIMO		7,8	1870	679	440	8,1	1360	59	980	8,3	2030	5650	8,3	580	57	540	8,5	2070	5470	7,6	5100	2050	320	-172,7	-201,9	-456,8
MÁXIMO		8,2	1870	679	1320	8,3	2800	72	1750	8,3	2030	5650	8,5	2550	93	1450	8,5	2070	5470	8,5	5100	2050	2450	-172,7	-201,9	59,0
MÉDIA		8,0	1870	679	847	8,2	2320	65	1460	8,3	2030	5650	8,4	1377	71	870	8,5	2070	5470	8,2	5100	2050	1280	-172,7	-201,9	-126,3

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n.º 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Agosto de 2011

Dia	Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR			
	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SST %	
1	Seg																									
2	Ter																									
3	Qua	8,3			2000	8,5	2400		1350			8,4	1550		950				8,0			700			65,0	
4	Qui																									
5	Sex																									
6	Sáb																									
7	Dom																									
8	Seg																									
9	Ter																									
10	Qua	8,1	7450	3040	1250	8,5	1720	70	1200	8,5	2180,0	6380,0	8,3	3200	49	1580	8,5	1890,0	5620,0	8,5	5930	3590	900	20,4	-18,1	28,0
11	Qui																									
12	Sex																									
13	Sáb																									
14	Dom																									
15	Seg																									
16	Ter																									
17	Qua																									
18	Qui																									
19	Sex																									
20	Sáb																									
21	Dom																									
22	Seg																									
23	Ter																									
24	Qua	8,2			2650	8,6	3150	56	1750				8,5	2400	63	1500				8,5			2480			6,4
25	Qui																									
26	Sex																									
27	Sáb																									
28	Dom																									
29	Seg																									
30	Ter																									
31	Qua	7,6			260	8,7	3350	55	1850				8,6	3600	56	2000				8,6			2460			-846,2
MINIMO		7,6	7450	3040	260	8,5	1720	55	1200	8,5	2180	6380	8,3	1550	49	950	8,5	1890	5620	8,0	5930	3590	700	20,4	-18,1	-846,2
MÁXIMO		8,3	7450	3040	2650	8,7	3350	70	1850	8,5	2180	6380	8,6	3600	63	2000	8,5	1890	5620	8,6	5930	3590	2480	20,4	-18,1	65,0
MÉDIA		8,1	7450	3040	1540	8,6	2655	60	1538	8,5	2180	6380	8,5	2688	56	1508	8,5	1890	5620	8,4	5930	3590	1635	20,4	-18,1	-186,7

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n° 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Setembro de 2011

Dia	Aflente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR			
	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SSV %	
1	Qui																									
2	Sex																									
3	Sab																									
4	Dom																									
5	Seg																									
6	Ter																									
7	Qua	8,2			210	8,6	1800	60	1080			8,6	940	66	620				7,0			90			57	
8	Qui																									
9	Sex																									
10	Sáb																									
11	Dom																									
12	Seg																									
13	Ter																									
14	Qua	7,9	11200	4120	860	8,5	1440	67	960	8,6	2270,0	7070,0	8,5	1040	69	720	8,5	2120,0	8600,0	7,2	1780	995	140	84	76	84
15	Qui																									
16	Sex																									
17	Sáb																									
18	Dom																									
19	Seg																									
20	Ter																									
21	Qua	7,9			1800	8,4	2180	60	1300			8,5	4760	54	2580				8,3			1320			27	
22	Qui																									
23	Sex																									
24	Sáb																									
25	Dom																									
26	Seg																									
27	Ter																									
28	Qua	8,2			280	8,6	1920	57	1100			8,6	2040	65	1320				8,5			1000			-257	
29	Qui																									
30	Sex																									
MÍNIMO		7,9	11200	4120	210	8,4	1440	57	960	8,6	2270	7070	8,5	940	54	620	8,5	2120	8600	7,0	1780	995	90	84	76	-257
MÁXIMO		8,2	11200	4120	1800	8,6	2180	67	1300	8,6	2270	7070	8,6	4760	69	2580	8,5	2120	8600	8,5	1780	995	1320	84	76	84
MÉDIA		8,1	11200	4120	788	8,5	1835	61	1110	8,6	2270	7070	8,6	2195	64	1310	8,5	2120	8600	7,8	1780	995	638	84	76	-22

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n° 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Outubro de 2011

Dia	Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR			
	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SST %	
1	Sab																									
2	Dom																									
3	Seg																									
4	Ter	8,5			1200	8,5	1640	59	960				8,5	2100	56	1180				8,5			1340			-12
5	Qua																									
6	Qui																									
7	Sex																									
8	Sáb																									
9	Dom																									
10	Seg																									
11	Ter																									
12	Qua	8,0	1430	620	230	8,4	3000	50	1500	8,4	130,0	7140,0	8,5	2150	65	1400	8,6	2270,0	8540,0	6,6	290	105	10	80	83	96
13	Qui																									
14	Sex																									
15	Sáb																									
16	Dom																									
17	Seg																									
18	Ter																									
19	Qua	8,7			1220	8,4	1740	59	1020				8,6	2380	56	1340				6,6			16			99
20	Qui																									
21	Sex																									
22	Sáb																									
23	Dom																									
24	Seg																									
25	Ter																									
26	Qua	7,9			870	8,3	1700	62	1060				8,1	1320	58	760				7,0			440			49
27	Qui																									
28	Sex																									
29	Sáb																									
30	Dom																									
31	Seg																									
MÍNIMO		7,9	1430	620	230	8,3	1640	50	960	8,4	130	7140	8,1	1320	56	760	8,6	2270	8540	6,6	290	105	10	80	83	-12
MÁXIMO		8,7	1430	620	1220	8,5	3000	62	1500	8,4	130	7140	8,6	2380	65	1400	8,6	2270	8540	8,5	290	105	1340	80	83	99
MÉDIA		8,3	1430	620	880	8,4	2020	58	1135	8,4	130	7140	8,4	1988	59	1170	8,6	2270	8540	7,2	290	105	452	80	83	58

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n° 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Novembro de 2011

Dia	Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR			
	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SSV %	
1	Ter																									
2	Qua	8,0			2440	8,4	1410	55	770				8,5	800	54	430				8,5			620			75
3	Qui																									
4	Sex																									
5	Sáb																									
6	Dom																									
7	Seg																									
8	Ter																									
9	Qua	8,2	2110	876	280	8,6	480	94	450	8,2	5000,0	11500,0	8,6	880	77	680	8,2	2560,0	8380,0	8,6	10200	4590		-383	-424	
10	Qui																									
11	Sex																									
12	Sáb																									
13	Dom																									
14	Seg																									
15	Ter																									
16	Qua	7,5			260	8,6	720	72	520				8,6	2220	59	1300				8,5			980		-277	
17	Qui																									
18	Sex																									
19	Sáb																									
20	Dom																									
21	Seg																									
22	Ter																									
23	Qua	7,6			260	8,5	680	68	460				8,5	260	62	160				8,3			460		-77	
24	Qui																									
25	Sex																									
26	Sáb																									
27	Dom																									
28	Seg																									
29	Ter	7,6			100	8,6	640	75	480				8,6	2320	59	1380				6,0			34		66	
30	Qua																									
MINIMO		7,5	2110	876	100	8,4	480	55	450	8,2	5000	11500	8,5	260	54	160	8,2	2560	8380	6,0	10200	4590	34	-383	-424	-277
MÁXIMO		8,2	2110	876	2440	8,6	1410	94	770	8,2	5000	11500	8,6	2320	77	1380	8,2	2560	8380	8,6	10200	4590	980	-383	-424	75
MÉDIA		7,8	2110	876	668	8,5	786	73	536	8,2	5000	11500	8,6	1296	62	790	8,2	2560	8380	8,0	10200	4590	524	-383	-424	-53

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

EPTAR DO ECO PARQUE DE PALMELA

TABELA n.º 3 RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA E RENDIMENTOS

Dezembro de 2011

Dia	Afluente Bruto				Lagoa Facultativa I				Caixa da Lagoa Arejada I			Lagoa Facultativa II				Caixa da Lagoa Arejada II			Efluente final				Rendimentos ETAR			
	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	SST mg/l	SSV %	SSV mg/l	pH	CBO mg/L	CQO mg/L	pH	CQO mg/l	CBO mg/l	SST mg/l	CQO %	CBO %	SST %	
1	Qui																									
2	Sex																									
3	Sáb																									
4	Dom																									
5	Seg																									
6	Ter	*																								
7	Qua																									
8	Qui																									
9	Sex																									
10	Sáb																									
11	Dom																									
12	Seg																									
13	Ter																									
14	Qua	7,7	3410	1770	720	8,6	821	73	600	8,7	2410,0	7290,0	8,4	3400	60	2040	8,6	5500,0	13800,0	7,2	2240	771	240	34	56	67
15	Qui																									
16	Sex																									
17	Sáb																									
18	Dom																									
19	Seg																									
20	Ter																									
21	Qua	7,6			190	8,6	550	75	410				8,6	490	78	380				8,4			330			-74
22	Qui																									
23	Sex																									
24	Sáb																									
25	Dom																									
26	Seg																									
27	Ter																									
28	Qua	**				8,6	790	68	540				8,6	780	78	610				8,4			390			
29	Qui																									
30	Sex																									
31	Sáb																									
MINIMO		7,6	3410	1770	190	8,6	550	68	410	8,7	2410	7290	8,4	490	60	380	8,6	5500	13800	7,2	2240	771	240	34	56	-74
MÁXIMO		7,7	3410	1770	720	8,6	821	75	600	8,7	2410	7290	8,6	3400	78	2040	8,6	5500	13800	8,4	2240	771	390	34	56	67
MÉDIA		7,7	3410	1770	455	8,6	720	72	517	8,7	2410	7290	8,5	1557	72	1010	8,6	5500	13800	8,0	2240	771	320	34	56	-4

Domingos e Feriados.

A vermelho encontram-se os valores que se encontram abaixo do limite de quantificação.

* Esta recolha foi efectuada mas devido a problemas com a transportadora não foi entregue no laboratório

** A recolha da obra de entrada não foi efectuada devido a não haver caudal afluente derivado da limpeza da lagoa facultativa 1.

Anexo B – Características do Lixiviado obtidos pela ECOserviços na realização do estudo e ensaios.

ANEXO III - AFLUÊNCIAS E EFLUÊNCIAS MENSAIS, DE ACORDO COM OS RELATÓRIOS DE EXPLORAÇÃO DA LUSÁGUA

PARÂMETRO	UNID	Jan-08	Fev-08	Mar-08	Abr-08	Mai-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Set-08	Out-08	Nov-08	Dez-08	Jan-09	Fev-09	Mar-09	Abr-09	Mai-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Set-09
AFLUENTE BRUTO																						
Q.eff.	m ³ c ⁻¹	156,3	162,2	103,4	140,5	153,0	93,0	72,8	66,6	68,2	69,8	64,8	197,5	341,9	271,6	124,7	134,8	134,7	70,7	93,8	90,5	49,1
COO	mg l ⁻¹	4.225	3.445	8.245	5.535	3.185	4.360	3.410	6.480	4.390	6.090	3.520	2.510	3.560	3.845	6.755	6.110	3.185	7.670	7.115	8.970	1.985
CBO ₅	mg l ⁻¹	1.127	1.251	2.365	553	998	597	690	646	437	642	468	322	1.246	538	2.520	1.497	968	3.115	2.515	4.810	798
SST	mg l ⁻¹	884	753	1.878	1.056	570	340	656	1.205	743	2.120	1.595	596	393	618	968	1.662	625	2.366	3.470	793	482
SSV	mg l ⁻¹	360	760	770	460	400	280	280	280	240	1.400	580		180	210	1.200	490	400	1.400	2.850	N/A	
N	mg l ⁻¹	1.232	2.020	2.030	1.820	1.580	1.190	1.780	1.800	1.820	1.890	2.110	2.261	721	1.060	2.190	1.070	1.580	2.480	2.410	N/A	1.140
N-NO ₃	mg l ⁻¹	115	20	15	17	18	13	16	105	16	89	131	932	160	7	12	10	18	5	74	N/A	27
P	mg l ⁻¹	2	5	12	19	12	15	15	18	9	15	10	7	2	6	8	0,03	12	15	27	N/A	0,03
Cloratos	mg l ⁻¹	2.030	3.220	3.250	3.320	3.220	3.670	3.550	4.390	2.890	4.610	3.650		1.090	2.030	2.870	2.430	3.220	3.750	4.660	N/A	
Condutividade	mS cm ⁻¹	13,7	21,1	21,1	20,8	18,2	21,4	20,8	25,6	16,6	25,7	21,3		7,5	14,0	16,0	14,5	18,2	23,6	27,5	N/A	
pH	-	8,1	8,3	8,3	8,5	8,4	8,3	8,4	8,4	8,4	8,5	8,4	8,3	8,2	8,1	8,3	8,5	8,4	8,3	8,3	8,2	8,3
EFLUENTE FINAL																						
COO	mg l ⁻¹	2.625	2.530	1.720	3.125	2.740	3.440	4.410	4.695	5.130	4.125	5.860	3.480	2.035	1.540	2.565	3.930	2.740	4.071	6.680	51	43
CBO ₅	mg l ⁻¹	568	842	358	236	337	197	446	321	450	226	368	482	324	259	646	604	337	1.178	1.745	10	10
SST	mg l ⁻¹	396	560	543	723	403	375	538	1.123	683	2.460	2.206	946	353	488	1.100	1.842	735	1.800	3.338	13	13
SSV	mg l ⁻¹	220	230	370	340	280	220	320	260	270	1.700	560		200	220	1.050	520	290	1.150	2.200	N/A	10
N	mg l ⁻¹	1.192	876	1.160	862	817	954	774	1.080	1.460	1.870	2.140	1.910	857	650	1.030	1.360	817	3.070	2.210	N/A	40
N-NO ₃	mg l ⁻¹	470	11	15	66	83	127	427	476	727	1.360	1.150	3	240	3,0	4,4	7,5	83,1	0,4	50,4	N/A	2,5
P	mg l ⁻¹	0	5	2	15	8	15	13	12	0	18	19		3	2	6	5	8	13	26	N/A	0
Cloratos	mg l ⁻¹	2.650	2.630	1.630	2.580	3.060	3.410	3.840	4.470	4.540	4.790	4.980		2.260	1.090	2.140	2.740	3.060	3.650	5.060	N/A	51
Condutividade	mS cm ⁻¹	13,6	14,1	10,0	14,1	14,6	18,1	19,1	22,7	22,0	23,5	22,9		12,5	7,5	13,7	16,0	14,6	21,7	23,1	N/A	497,0
pH	-	8,0	8,3	8,5	8,4	8,4	8,4	8,1	7,9	7,8	7,5	7,6	7,9	8,5	8,5	8,6	8,6	8,5	8,6	8,6	8,2	5,9
EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO																						
COO	%	38%	27%	73%	44%	14%	21%	0%	28%	0%	32%	0%	0%	43%	50%	56%	36%	14%	47%	6%	99%	96%
CBO ₅	%	50%	35%	85%	57%	65%	67%	35%	50%	0%	65%	15%	0%	74%	59%	74%	60%	60%	62%	31%	100%	96%
SST	%	40%	26%	61%	32%	29%	0%	18%	7%	8%	0%	0%	0%	10%	21%	0%	0%	0%	24%	4%	88%	97%
SSV	%	39%	71%	52%	28%	30%	21%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	0%	30%	18%	17%	N/A	0%
N	%	3%	57%	43%	53%	48%	20%	57%	40%	20%	1%	0%	16%	0%	39%	53%	0%	49%	0%	8%	N/A	98%
N-NO ₃	%	0%	45%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	55%	63%	27%	0%	92%	32%	N/A	91%
P	%	100%	0%	87%	18%	28%	0%	10%	93%	100%	0%	0%	100%	0%	58%	21%	0%	28%	13%	3%	N/A	100%
Cloratos	%	0%	18%	50%	22%	5%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	47%	25%	0%	5%	0%	0%	N/A	0%