

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Mestrado em Engenharia Química - Tecnologias de Proteção Ambiental  
Dissertação/Estágio  
2013/2014



# OTIMIZAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA ETAR DAS TERMAS DE S. VICENTE, PENAFIEL

AUTORA:

**Diana Castro**

ORIENTADORES (ISEP)

**Doutora Sónia Figueiredo**

**Doutora Olga Freitas**

ORIENTADOR (PENAFIEL VERDE E.M.)

**Engenheiro Álvaro Pedroso**



Mestrado em Engenharia Química: Tecnologias de  
Proteção Ambiental

***Otimização do Funcionamento da ETAR das Termas  
de S. Vicente, Penafiel***

Relatório da Disciplina de Dissertação/Estágio

**Diana Castro**



Departamento de Engenharia Química

Orientadores (ISEP)

**Doutora Sónia Figueiredo**

**Doutora Olga Freitas**

Orientador (Penafiel Verde E.M.)

**Engenheiro Álvaro Pedroso**

**Outubro de 2014**



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais pelo apoio incondicional a todos os níveis.

Os meus agradecimentos às orientadoras desta tese, Doutora Sónia Figueiredo e Doutora Olga Freitas, pelo apoio e disponibilidade prestada na realização deste trabalho.

Ao orientador da Penafiel Verde, E.M., o Engenheiro Álvaro Pedroso, que sempre esteve disponível para esclarecer todas as dúvidas.

Aos amigos, colegas e a toda a gente que agora ficou a saber um bocadinho mais sobre o funcionamento de uma estação de tratamento de águas residuais.

Muito Obrigada a todos!



## SUMÁRIO

A água é um recurso natural único, escasso e essencial a todos os seres vivos, o que a torna um bem de extrema importância. Nos dias de hoje, o desperdício deste bem, aliado ao aumento da sua procura, tornou-se um problema devido à decrescente disponibilidade de água doce no nosso planeta.

Todas as águas que rejeitamos depois da sua utilização para diversos fins, designadas de águas residuais, necessitam de tratamento antes de serem devolvidas ao meio ambiente. O seu tratamento é realizado numa Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) e o processo de tratamento depende das suas características.

A ETAR das Termas de S. Vicente, em Penafiel, trabalha no seu limite de capacidade, apresenta uma sobrecarga hidráulica gerada por uma afluência de águas pluviais e o processamento das lamas geradas não permite uma secagem tão completa como seria desejável. Assim, este trabalho teve como objetivo o estudo do funcionamento desta ETAR com a finalidade de propor soluções que o possam otimizar.

As soluções propostas para otimizar o funcionamento da ETAR em estudo são: i) a substituição de grades de limpeza manual por grades de limpeza automática de forma a reduzir a necessidade da intervenção do operador ao nível da remoção e condicionamento dos gradados; ii) a construção de um desarenador arejado que além de remover areias de diâmetro superior a 0,2 mm promove também a remoção de gorduras, protegendo desta forma os equipamentos a jusante da abrasão/desgaste prematuros e reduzindo a formação de depósitos nas tubagens; iii) a construção de um tanque de equalização de forma a garantir uma distribuição mais uniforme dos caudais e da carga poluente; iv) a substituição do enchimento do leito percolador por um meio de suporte plástico que permite atingir melhores eficiências de remoção neste tratamento biológico; v) a alteração do agente de desinfecção para radiação ultravioleta, evitando a adição de produtos químicos na água residual e possível formação de subprodutos prejudiciais ao ambiente, como ocorreria no caso da cloragem; e vi) a substituição da desidratação de lamas em leitos de secagem por filtros de banda, que é um processo mais rápido, que ocupa menos espaço e permite atingir elevadas eficiências de remoção de humidade. Para cada uma das sugestões são apresentadas as correspondentes especificações técnicas e dimensionamento.

As sugestões de melhoria apresentadas neste trabalho constituem uma alternativa mais económica do que a ampliação da ETAR, que genericamente corresponde à duplicação da linha de tratamento atual. Devido à menor complexidade em termos de construção, estas sugestões podem vir a ser implementadas num futuro próximo, prolongando assim um pouco mais a vida útil da ETAR atual.



## ABSTRACT

Water is a unique natural resource, scarce and essential to all living beings, making it a good of the utmost importance. Daily, we use water in various activities without being aware of its importance. Today, the waste of this resource, coupled with the increase on its demand, has become a problem due to the decreasing fresh water availability on our planet.

All rejected waters, after their use for various purposes, designated wastewaters, require treatment before return them to the environment. The treatment is performed in a Wastewater Treatment Plant (WWTP) and the treatment process depends on their characteristics.

The Wastewater Treatment Plant of Termas de S. Vicente, in Penafiel, works at its limit capacity, features a hydraulic overload generated by an influx of rainwater and the processing of the sludge generated does not allow such a complete drying as it would be desirable. This work aims at studying the operation of this WWTP in order to find solutions to optimize it.

At the end of this work the solutions to optimize the operation of the WWTP under study were: i) to replace the manual cleaned bar racks by mechanically cleaned in order to reduce the need for operator intervention at the conditioning and removing screenings level; ii) to build an aerated grit chamber, which besides removing grit diameter exceeding 0.2 mm also promotes the removal of fats, thereby protecting downstream equipment from premature abrasion / wear and reducing the formation of deposits in the pipes; iii) to build an equalization tank in order to ensure a more uniform distribution of flow and pollutant load; iv) to replace the trickling bed by a plastic medium that allows to achieve better efficiencies in the biological treatment; v) changing the disinfecting agent for ultraviolet radiation, avoiding the addition of chemicals in the wastewater and possible formation of environmentally harmful by-products, as it would occur in the case of chlorination; vi) and to replace the sludge dewatering drying beds by belt filters presses which allows a faster process that needs less space and achieves high removal efficiencies of moisture. For each of the suggestions the relevant technical specifications and design are presented.

The given suggestions for improvement represent a cheaper alternative than the expansion of the WWTP, which corresponds to a duplication of the processing line. Due to less complexity in terms of building, these suggestions could be implemented in a near future, thus prolonging a little more the life of the current WWTP.



## ÍNDICE

Lista de abreviaturas .....	xxi
Nomenclatura.....	xxi
1. Introdução .....	1
1.1. A importância da água .....	1
1.2. Águas residuais.....	1
1.3. Legislação.....	2
1.4. Estrutura da dissertação .....	3
2. Tratamento de águas residuais urbanas.....	5
2.1. Pré-tratamento .....	5
2.2. Tratamento primário.....	8
2.3. Tratamento secundário .....	8
2.4. Tratamento terciário .....	9
3. Tratamento de lamas.....	11
3.1. Condicionamento .....	12
3.2. Espessamento .....	12
3.3. Desidratação.....	12
3.4. Estabilização e ou/desinfecção.....	12
3.5. Secagem térmica .....	13
4. Descrição da ETAR das Termas de S. Vicente, Penafiel.....	15
5. Análise ao funcionamento da ETAR das Termas de S. Vicente, Penafiel.....	23
5.1. Gradagem.....	23
5.2. Tanque de equalização.....	24
5.3. Unidade de desarenamento e desengorduramento.....	25
5.4. Tanque Imhoff.....	25
5.5. Leito Percolador.....	26
5.6. Decantador secundário .....	27
5.7. Desinfecção.....	27
5.8. Tratamento de lamas .....	27

5.8.1. Desidratação .....	28
5.8.1.1. Centrifuga.....	28
5.8.1.2. Filtros de banda.....	29
5.8.2. Destino final.....	30
6. Especificações técnicas das alternativas processuais propostas.....	33
6.1. Grades de limpeza automática.....	33
6.2. Volume do tanque de equalização .....	33
6.3. Desarenador arejado.....	39
6.4. Enchimento do leito percolador .....	40
6.5. Filtro Rápido.....	40
6.6. Sistema de desinfecção por UV .....	41
6.7. Filtro de banda .....	42
7. Conclusão .....	45
Sugestões para trabalhos futuros.....	47
Bibliografia .....	49
Anexos.....	51
A. Análises do efluente .....	51
B. Volumes obtidos para o tanque de equalização.....	53
B.1. Caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia.....	53
B.2. Caudal calculado em cada dia.....	59
C. Dimensionamentos .....	67
C.1. Tanque de equalização .....	67
C.2. Agitador do tanque de equalização .....	67
C.3. Desarenador .....	67
C.4. Filtro rápido .....	69
C.5. Sistema de desinfecção por UV .....	69
C.6. Filtro de banda .....	70
D. Fichas Técnicas.....	73
D.1. Dura-Pac.....	73

D.2. Dura-Dek..... 75



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – A importância da água [3].....	1
Figura 2.1 – Grades de limpeza manual [4].....	6
Figura 2.2 – Grades de limpeza automática [4] .....	6
Figura 2.3 – Esquema de um Desarenador Convencional [10].....	7
Figura 2.4 – Sistema de Flutuação (sem recirculação) [8].....	7
Figura 4.1 – Planta da ETAR das Termas de S. Vicente, Penafiel. ....	17
Figura 4.2 - Esquema de uma Estação Elevatória com grupos eletrobomba submersíveis [15].....	18
Figura 4.3 - Esquema representativo de um Tanque Imhoff [16] .....	19
Figura 4.4 - Esquema representativo de um Leito Percolador [17] .....	20
Figura 4.5 - Esquema representativo de um Decantador Secundário circular [18] .	21
Figura 4.6 - Esquema de Leitos de Secagem [15].....	22
Figura 5.1 – Esquema de uma Centrífuga (adaptado de [25]) .....	29
Figura 5.2 – Esquema de um Filtro de Banda (adaptado de [25]).....	30
Figura 6.1 – Representação gráfica do volume acumulado versus tempo para o dia 8 de Abril de 2014.....	36
Figura 6.2 – Valores obtidos para o volume do tanque equalização, utilizando um caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia (cenário i), para cada mês .....	37
Figura 6.3 – Valores obtidos para o volume do tanque equalização, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia (cenário ii), para cada mês .....	38
Figura B.1 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Setembro de 2013 .....	53

Figura B.2 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Outubro de 2013.....	54
Figura B.3 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Novembro de 2013 .....	54
Figura B.4 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Dezembro de 2013 .....	55
Figura B.5 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Janeiro de 2014 .....	55
Figura B.6 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Fevereiro de 2014.....	56
Figura B.7 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Março de 2014.....	56
Figura B.8 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Abril de 2014.....	57
Figura B.9 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Maio de 2014 .....	57
Figura B.10 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Junho de 2014 .....	58
Figura B.11 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m <sup>3</sup> /dia, ao longo do mês de Julho de 2014 .....	58

Figura B.12 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m<sup>3</sup>/dia, ao longo do mês de Agosto de 2014..... 59

Figura B.13 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Setembro de 2013 ..... 59

Figura B.14 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Outubro de 2013..... 60

Figura B.15 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Novembro de 2013 ..... 60

Figura B.16 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Dezembro de 2013 ..... 61

Figura B.17 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Janeiro de 2014..... 61

Figura B.18 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Fevereiro de 2014..... 62

Figura B.19 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Março de 2014..... 62

Figura B.20 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Abril de 2014 ..... 63

Figura B.21 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Maio de 2014..... 63

Figura B.22 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Junho de 2014..... 64

Figura B.23 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Julho de 2014 ..... 64

Figura B.24 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Agosto de 2014..... 65

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Etapas de tratamento das lamas [4, 14].....	11
Tabela 4.1 – Dados considerados no dimensionamento da ETAR.....	15
Tabela 4.2 – Valores Limite de Emissão da licença de descarga para a ETAR das Termas de S. Vicente .....	16
Tabela 5.1 – Valores limite de metais pesados nas lamas destinadas à utilização agrícola.....	31
Tabela 5.2 – Valores de concentrações obtidos numa análise das lamas.....	32
Tabela 6.1 – Valores de Caudais Horários da ETAR das Termas de S. Vicente, de volume acumulado e de défice para o dia 8 de Abril de 2014 .....	35
Tabela A.1 – Valores das análises realizadas ao efluente de entrada e saída da ETAR e respetivos valores limites de emissão.....	51
Tabela A.2 - Percentagens de Remoção da ETAR para CBO, CQO e SST .....	51



## LISTA DE ABREVIATURAS

CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
CBO <sub>5</sub>	Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias
CQO	Carência Química de Oxigénio
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
SST	Sólidos Suspensos Totais
VLE	Valor Limite de Emissão
UV	Ultravioleta

## NOMENCLATURA

$A_{\text{tanque}}$	Área do tanque, m <sup>2</sup>
$A_{\text{canal}}$	Área do canal, m <sup>2</sup>
$A_{\text{desarenador}}$	Área do desarenador, m <sup>2</sup>
$A_{\text{filtro}}$	Área do filtro, m <sup>2</sup>
$A_{\text{secção transversal}}$	Área da secção transversal, m <sup>2</sup>
$A_{\text{secção transversal da manga}}$	Área da secção transversal da manga, m <sup>2</sup>
$C_{\text{desarenador}}$	Comprimento do desarenador, m
$D_{\text{tanque}}$	Diâmetro do tanque, m
$esp_{\text{lamp}}$	Espaçamento entre lâmpadas, mm
$F$	Caudal de sólidos no filtrado, L/dia
$g$	Aceleração da gravidade, m/s <sup>2</sup>
$h_{\text{canal}}$	Altura do canal, m
$h_{\text{desarenador}}$	Altura do desarenador, m
$h_{\text{tanque}}$	Altura do tanque, m
$h_{\text{útil}}$	Altura útil, m
$L_{\text{banda}}$	Largura da banda, m
$L_{\text{desarenador}}$	Largura do desarenador, m
$\dot{m}_{\text{lamas}}$	Quantidade de lamas produzidas numa semana, kg/semana
$\dot{m}_{\text{sólidos}}$	Quantidade de sólidos presentes nas lamas, kg/semana

P	Potência, W
Q	Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /s
Q <sub>água de lavagem</sub>	Caudal de água de lavagem, m <sup>3</sup> /dia
Q <sub>ar requerido</sub>	Caudal de ar requerido, m <sup>3</sup> /min
Q <sub>ar total</sub>	Caudal de ar total, m <sup>3</sup> /min
Q <sub>lamas diário</sub>	Caudal de lamas diário, m <sup>3</sup> /dia
Q <sub>ponta</sub>	Caudal de ponta, L/s
Q <sub>tratado por lâmpada</sub>	Caudal tratado por lâmpada, L/min.lamp
S	Caudal de sólidos no bolo, L/dia
t	Tempo, h
t <sub>r</sub>	Tempo de retenção, min
V <sub>acumulado</sub>	Volume acumulado, m <sup>3</sup>
V <sub>desarenador</sub>	Volume do desarenador, m <sup>3</sup>
V <sub>máx canal</sub>	Velocidade máxima do canal, m/s
V <sub>tanque</sub>	Volume do tanque, m <sup>3</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A água (Figura 1.1) é um recurso natural único, escasso e essencial à vida de todos os seres vivos. Nos dias de hoje, o desperdício deste bem, aliado ao aumento da sua procura, tornou-se um problema devido à decrescente disponibilidade de água doce no nosso planeta [1, 2].

Diariamente usamos a água nas mais diversas atividades (higiene pessoal, alimentação, limpeza, agricultura, indústria) e na maioria das vezes não temos a noção da sua importância, o que prova que ainda temos muito que aprender relativamente à importância deste recurso [2].

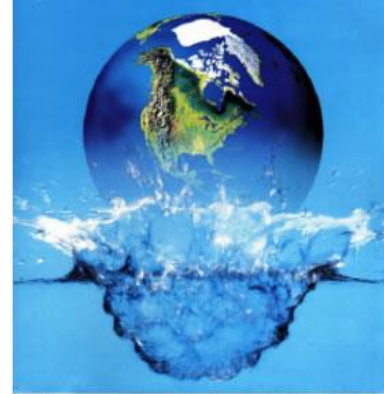


Figura 1.1 – A importância da água [3]

### 1.2. ÁGUAS RESIDUAIS

Todas as águas que rejeitamos depois da sua utilização para diversos fins, são designadas de **águas residuais** e, dependendo da sua origem, podem ser de três tipos: domésticas, industriais e de infiltração ou pluviais [4].

As **águas residuais domésticas** são as águas resultantes de serviços e instalações residenciais, comerciais ou institucionais, e na sua maioria são provenientes do metabolismo humano e atividades domésticas [4].

Designam-se por **águas residuais industriais** as águas oriundas de qualquer tipo de atividades que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas ou pluviais e onde predominam resíduos industriais [4, 5].

No que diz respeito às **águas residuais de infiltração**, estão incluídas as águas que entram nos sistemas coletores por meios diretos ou indiretos. Estas entram através de quebras, rachaduras ou por paredes porosas, e são maioritariamente águas pluviais. **As águas pluviais** são provenientes da chuva ou dos degelos e são recolhidas pelos coletores de águas pluviais [4].

Às águas residuais domésticas, ou a mistura destas com as águas residuais industriais e/ou as águas pluviais, é dado o nome de **águas residuais urbanas**.

Estas águas contêm uma grande quantidade de materiais poluentes que, se não forem removidos antes da sua descarga no meio recetor, podem prejudicar a qualidade da água dos rios, colocando em risco não só toda a fauna e flora destes meios, como

também todas as utilizações dessa água, como a pesca, a navegação, a geração de energia, etc. [6].

O sistema de recolha e drenagem das águas residuais, que as transporta até uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR), inclui [7]:

- coletores – tubagens onde o escoamento decorre com superfície livre, usados nos sistemas coletores de águas residuais e pluviais;
- estações elevatórias – transportam o caudal das águas residuais sob pressão até à ETAR ou até um ponto superior a partir do qual o escoamento possa ocorrer de forma gravítica;
- caixas de visita – órgão dos sistemas de drenagem que permitem o acesso para operações de manutenção, através de tampas;
- sumidouros – dispositivos com entrada lateral ou superior das águas de escorrência, normalmente situados na via pública.

Estes sistemas podem ser unitários ou separativos. Num sistema unitário o mesmo coletor serve para a drenagem das águas residuais e das águas pluviais. Já no sistema separativo as águas residuais e pluviais são drenadas para dois coletores independentes. Existem ainda sistemas mistos onde partes da rede são separativas e outras partes são unitárias [7].

Os sistemas separativos são mais eficientes, pois ao evitarem a mistura das águas pluviais, que não necessitam de tratamento e possuem um caudal elevado, com as águas residuais, evitam o sobredimensionamento da ETAR [7].

### 1.3. LEGISLAÇÃO

As águas residuais coletadas pelos municípios e comunidades devem ser devolvidas ao meio ambiente ou então reutilizadas, necessitando para isso de ser tratadas numa ETAR. Quanto à recolha, tratamento e descarga das águas residuais urbanas no meio aquático deve ser respeitado o Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho, que define o nível de tratamento exigido de acordo com a dimensão do aglomerado populacional e com meio de descarga da água residual tratada (zona sensível). O não cumprimento das mesmas está sujeito à aplicação de sanções, estando estas descritas no artigo 14º do mesmo Decreto- Lei.

De forma a proteger a saúde pública, os recursos hídricos e preservar o meio ambiente, é obrigatório o cumprimento dos valores limites de emissão (VLE) presentes no Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto. No que diz respeito às descargas de águas residuais, os VLE a ter em consideração estão presentes no anexo XVIII do decreto de

lei referido. O não cumprimento destes VLE implica a aplicação de sanções, sendo estas definidas de acordo com o artigo 77º do mesmo decreto de lei.

Ao nível da gestão de águas residuais urbanas, é também importante referir o Decreto-Lei nº 276/2009 de 2 de outubro, que promove uma utilização correta de lamas de depuração em solos agrícolas, provenientes de estações de tratamento de águas residuais domésticas, urbanas, de atividades agropecuárias, de fossas sépticas ou outras de composição similar, de forma a evitar efeitos nocivos para o homem e o meio ambiente.

#### **1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A dissertação tem a estrutura que se descreve em seguida.

Neste primeiro capítulo é feita uma pequena introdução sobre a importância da água, explicando a necessidade do tratamento das águas residuais, a legislação aplicada ao seu tratamento e às lamas geradas, é apresentado o objetivo deste trabalho e é ainda descrita a estrutura da dissertação.

No capítulo 2 é descrito brevemente o processo de tratamento das águas residuais.

O capítulo 3 é relativo ao tratamento de lamas, descrevendo resumidamente as etapas deste processo.

A descrição da ETAR em estudo, características e funcionamento, e a análise crítica do seu funcionamento é apresentada nos capítulos 4 e 5, respetivamente.

O capítulo 6 descreve detalhadamente as propostas de melhoria identificadas no capítulo anterior, bem como o dimensionamento/especificações técnicas de alguns órgãos de tratamento sugeridos para a otimização do processo.

As conclusões finais são apresentadas no capítulo 7, evidenciando as sugestões de otimização propostas ao longo do trabalho.

Finalmente são apresentadas sugestões para os trabalhos futuros, referências bibliográficas e anexos.



## 2. TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS

É necessário selecionar o processo de tratamento a utilizar, de forma a que fique garantida a proteção da saúde pública e do meio ambiente [4].

A seleção do processo de tratamento é feita tendo em conta as características da água residual a tratar, as características requeridas no final do tratamento e o custo e disponibilidade de terreno [8].

O tratamento pode ser realizado através de processos físicos, químicos e biológicos, sendo agrupados em diversos níveis de tratamento, tais como [4]:

- pré-tratamento;
- tratamento primário;
- tratamento secundário;
- tratamento terciário.

### 2.1. PRÉ-TRATAMENTO

No pré-tratamento, ou tratamento preliminar, é promovida a remoção dos sólidos mais grosseiros, como por exemplo panos, paus, madeira flutuante, areias e gorduras, de forma a não provocar problemas operacionais no processo e sistemas auxiliares, tais como, entupimentos ou danos nos equipamentos a jusante, e redução da eficácia do processo ou contaminação de algumas vias [4].

A remoção dos sólidos pode ser feita através da gradagem ou tamisagem, onde são usados respetivamente grades e tamisadores.

Na **gradagem** as grades podem ser de malha grossa ou malha fina, e podem ser constituídas por barras paralelas, rede ou por uma placa perfurada. As grades usadas possuem aberturas, normalmente de dimensões uniformes, que podem ser de forma circular ou retangular. Nas grades, como o espaçamento é maior, a limpeza pode ser feita de forma manual (Figura 2.1) ou mecânica (Figura 2.2) [4].

Nos **tamisadores**, o espaçamento é menor permitindo a remoção de sólidos de menores dimensões e a sua limpeza é geralmente mecânica [4].

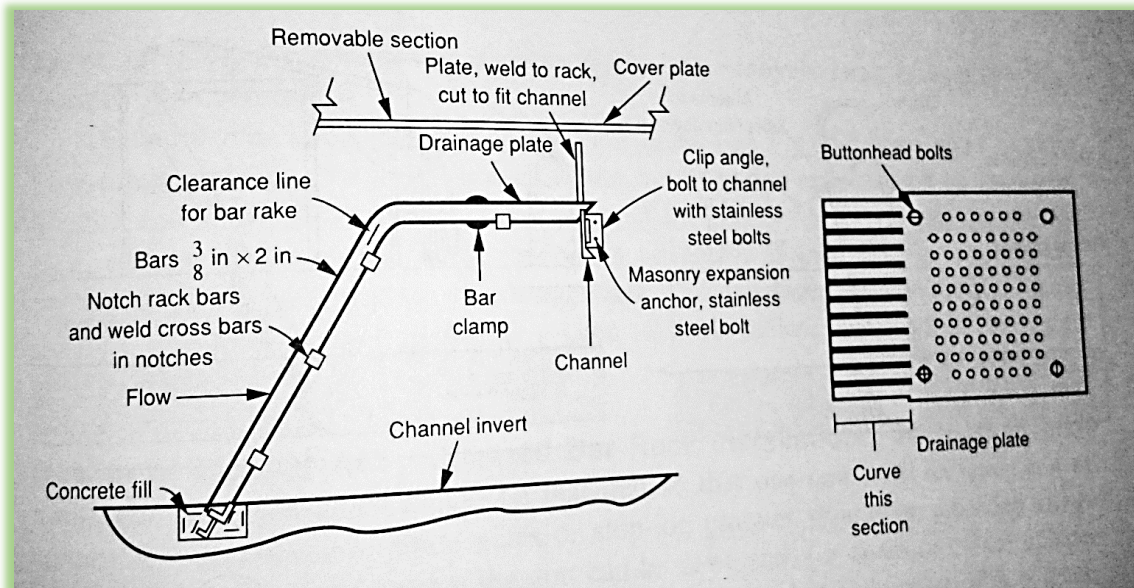


Figura 2.1 – Grades de limpeza manual [4]

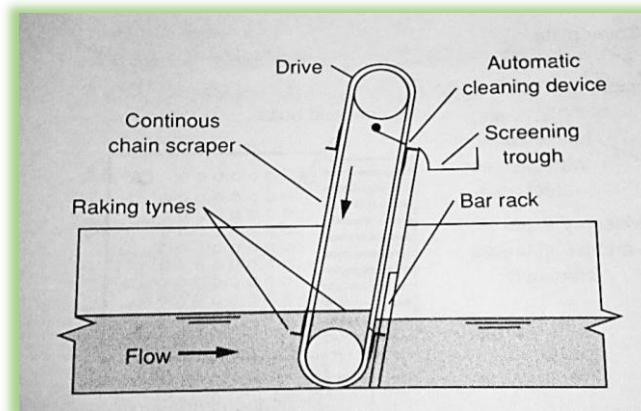


Figura 2.2 – Grades de limpeza automática [4]

O processo de **desarenamento** consiste na remoção de areias e outros detritos minerais inertes e pesados, que possuam velocidades de sedimentação superiores às dos sólidos orgânicos. Este processo pode ser realizado em tanques como o da Figura 2.3, e normalmente encontra-se a seguir ao processo de gradagem [4, 9].

A utilização de desarenadores tem como objetivo proteger os equipamentos mecânicos de abrasão e desgaste, e reduzir a formação de depósitos em canais e condutas [4].

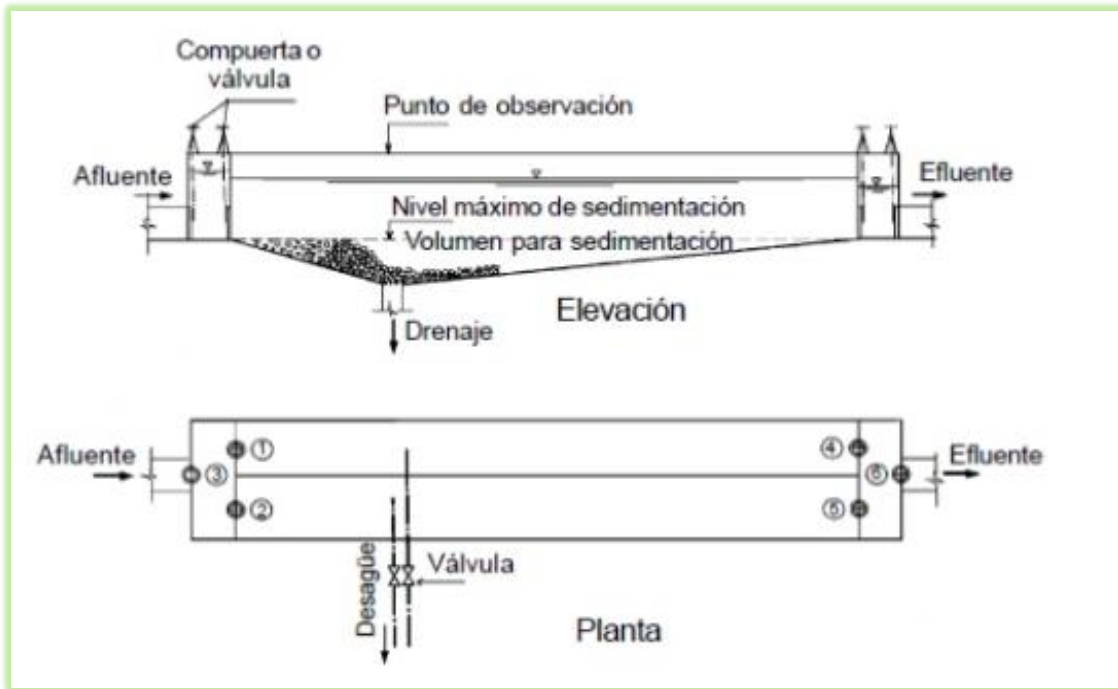


Figura 2.3 – Esquema de um Desarenador Convencional [10]

No **desengorduramento** são removidos óleos e gorduras por flotação. A flotação é uma operação unitária utilizada para separar partículas sólidas ou líquidas a partir de uma fase líquida. Esta separação é causada pela introdução de bolhas de ar na fase líquida. As bolhas de ar introduzidas aderem ao material particulado e fazem com que este suba até à superfície sendo posteriormente removido. A remoção de gorduras pode ser feita isoladamente (Figura 2.4) ou simultaneamente com a remoção de areias. [4].

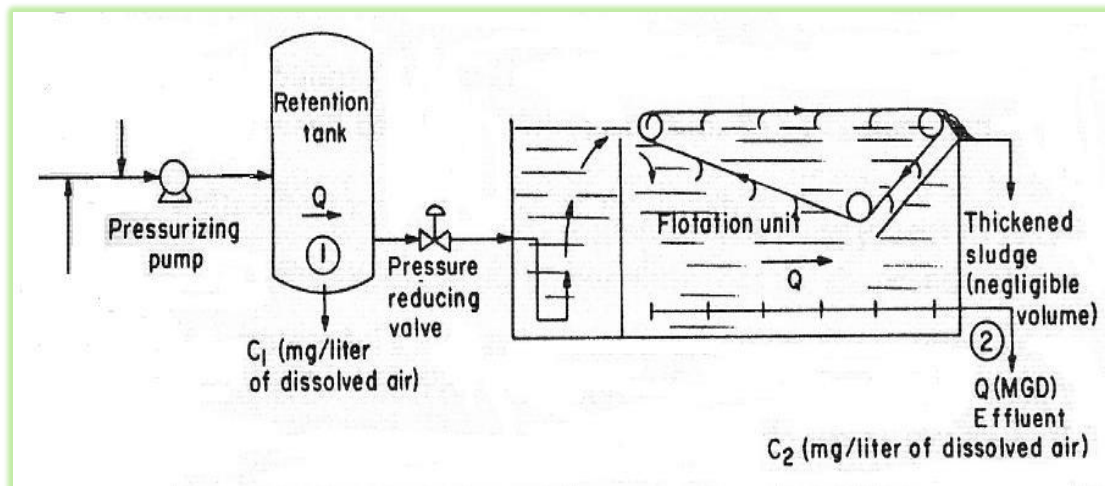


Figura 2.4 – Sistema de Flutuação (sem recirculação) [8]

A água residual, depois do pré-tratamento, está apta para passar às fases seguintes no processo de tratamento. No entanto, pode ser necessário a realização de um

processo de **equalização**, geralmente aplicado quando se verificam grandes variações de caudais, composição ou de pH, sendo adequado quando se pretende uma neutralização prévia. Estes processos uniformizam as características do efluente e melhoram o desempenho do processo, permitindo o prolongamento da vida útil das estações de tratamento [4].

## 2.2. TRATAMENTO PRIMÁRIO

Após o pré-tratamento segue-se o tratamento primário, onde se dá a remoção de parte dos sólidos suspensos e da matéria orgânica, através de processos de decantação. Este processo normalmente é de origem física, mas pode ser melhorado através da adição de produtos químicos ou por uma filtração [4].

Alguns tipos de operações usadas no tratamento primário são a sedimentação, a flutuação e a coagulação/floculação [4].

A remoção por **sedimentação** tem por base a diferença de densidade entre as partículas sólidas e a fase líquida. Na **flutuação** ocorre a separação de partículas sólidas ou líquidas através da introdução de um gás, normalmente ar, na fase líquida. Aqui, ao contrário da sedimentação, as partículas são recolhidas na superfície [4, 8].

Na **coagulação/floculação** são adicionados produtos químicos que promovem a agregação de pequenas partículas formando flocos, tornando a separação destes mais fácil. A separação pode ser por sedimentação ou flutuação [4].

O processo de **equalização/neutralização** também pode ser considerado um tratamento primário, uma vez que tem por objetivo conferir determinadas características (p.e. pH e carga orgânica) adequadas ao tratamento biológico.

## 2.3. TRATAMENTO SECUNDÁRIO

O tratamento secundário é do tipo biológico, realizado por microrganismos que degradam a matéria orgânica, na presença ou ausência de oxigénio. Dos **processos aeróbios**, destacam-se como exemplos os seguintes tipos: lamas ativadas, reator fechado sequencial (*Sequential Batch Reactor* - SBR), leitos percoladores, discos biológicos e lagunagem. São também utilizados reatores biológicos que operam na ausência de oxigénio, **digestores anaeróbios**, geralmente utilizados na degradação de efluentes com carga orgânica muito elevada, que muitas vezes antecede um tratamento biológico aeróbio [4].

O tratamento por lamas ativadas é um tratamento que opera com elevadas concentrações de biomassa em suspensão e garante elevadas eficiências de remoção.

Embora este seja o tratamento aeróbio mais usado, sendo geralmente adequado para tratamento de caudais elevados, na ETAR em estudo é usado o tratamento por leitos percoladores. Este é um processo de biomassa fixa (está aderente a um suporte) e tem a vantagem de ser bastante resistente a alterações nas características do efluente a tratar, nomeadamente variações de caudal, e apresenta menores gastos energéticos (apenas os correspondentes à distribuição do efluente no leito percolador). Esta alternativa de tratamento é mais frequente em estações de tratamento de águas de pequenas dimensões, como é o caso da ETAR das Termas de S. Vicente.

#### **2.4. TRATAMENTO TERCIÁRIO**

O tratamento terciário ou tratamento avançado consiste na remoção de sólidos residuais em suspensão e de outros constituintes, nomeadamente microrganismos e nutrientes, que permaneceram após o tratamento secundário. Este tipo de tratamento pode ser químico, físico e/ou biológico [4].

Algumas das operações usadas nesta etapa do tratamento são a tamisagem, a filtração, a coagulação/floculação, a adsorção (usando carvão ativado), a osmose inversa, a permuta iónica, a eletrodialise, a oxidação química (cloragem e ozonização), e os métodos para remoção de nutrientes, principalmente azoto e fósforo. A remoção de fósforo pode ser efetuada por precipitação química ou por via biológica (p.e. e assimilação de fósforo pelos microrganismos na sequência anerobiose/aerobiose); a remoção biológica de azoto pode ser feita pelo processo de nitrificação/desnitrificação [8].



### 3. TRATAMENTO DE LAMAS

No processo de tratamento de águas residuais é inevitável a produção de lamas. As lamas são produzidas em grandes quantidades e atendendo às suas características deve ser escolhido o destino final adequado [12, 13].

As lamas produzidas são normalmente processadas para reduzir o teor de água, a sua tendência de fermentação e o teor de agentes patogénicos. O processo de tratamento a realizar irá depender das características da lama e do seu destino final (valorização orgânica, energética ou deposição em aterro sanitário). Na Tabela 3.1 apresenta-se um resumo das diferentes etapas no tratamento das lamas [13].

*Tabela 3.1 – Etapas de tratamento das lamas [4, 14]*

Etapas	Tipos de processos	Objetivos
<b>Condicionamento</b>	Condicionamento químico Condicionamento térmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificação da estrutura da lama</li> <li>• Melhoria dos tratamentos complementares</li> </ul>
<b>Espessamento</b>	Espessamento gravítico Flotação por ar dissolvido Centrifugação Tambor rotativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtenção da densidade, estrutura e teor de sólidos que permita o encaminhamento para processos complementares</li> <li>• Redução do teor de humidade das lamas</li> </ul>
<b>Desidratação</b>	Leitos de secagem Centrifugação Filtro banda Filtro prensa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do teor de humidade das lamas</li> </ul>
<b>Estabilização e/ou desinfeção</b>	<p><b>Processos biológicos:</b> Digestão aeróbia Digestão anaeróbia Compostagem</p> <p><b>Processos químicos:</b> Estabilização com cal</p> <p><b>Processos físicos:</b> Pasteurização Secagem térmica</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução de odores</li> <li>• Redução de agentes patogénicos presentes nas lamas</li> </ul>
<b>Secagem térmica</b>	Direta Indireta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução elevada do teor de humidade das lamas</li> </ul>

### 3.1. CONDICIONAMENTO

O condicionamento tem como finalidade melhorar as características de desidratação das lamas. Os dois métodos de condicionamento mais utilizados envolvem a adição de produtos químicos e calor. Alguns dos produtos químicos usados incluem o cloreto férrico, a cal, sulfato de alumínio e polímeros orgânicos [4].

### 3.2. ESPESSAMENTO

O espessamento visa a redução do volume das lamas ao reduzir o seu teor de humidade. Os processos de espessamento mais utilizados são o espessamento gravítico, a mesa de espessamento, a flotação por ar dissolvido, a centrifugação e o tambor rotativo [4, 14].

### 3.3. DESIDRATAÇÃO

O primeiro passo no tratamento definitivo das lamas é a desidratação, normalmente efetuada por processos mecânicos. A desidratação é uma operação unitária física que reduz o teor de humidade das lamas produzidas para que estas possam ser manipuladas e/ou processadas como um semi-sólido em vez de um líquido [4, 15].

A desidratação das lamas é muito importante e traz vantagens em diversas situações: o custo com o transporte das lamas para o local de deposição final é substancialmente mais baixo, visto o volume de lamas ser mais reduzido; o manuseamento das lamas torna-se mais fácil; remover o excesso de humidade antes da incineração das lamas permite aumentar o teor de energia; a desidratação das lamas antes destas irem para deposição em aterro reduz a produção de lixiviados [4].

Os processos de desidratação mais comumente usados utilizam centrífugas, filtros de bandas, filtros de prensa e leitos de secagem [4].

### 3.4. ESTABILIZAÇÃO E OU/DESINFECÇÃO

A estabilização tem como objetivo reduzir ou eliminar o potencial de putrefação das lamas, remover microrganismos patogénicos presentes nas lamas e eliminar odores. Os principais métodos de estabilização das lamas são: a estabilização alcalina, a digestão aeróbia ou anaeróbia, a compostagem e a secagem térmica [7, 14].

A desinfeção é importante quando se considera a reutilização ou a aplicação das lamas em solos agrícolas. Alguns processos de estabilização também promovem

desinfecção, ou seja, a eliminação de microrganismos patogénicos. No entanto, um dos processos mais usados é a pasteurização [4].

A pasteurização consiste em aquecer as lamas a uma temperatura de 70 a 80°C por um curto período de tempo (cerca de 30 minutos), permitindo assim a redução de microrganismos patogénicos nas lamas [13].

### **3.5. SECAGEM TÉRMICA**

A secagem térmica das lamas é um processo utilizado quando se pretende atingir uma concentração de sólidos superior à verificada nos processos de desidratação. Este processo tem especial importância quando o destino final das lamas é a incineração. As temperaturas atingidas permitem apenas remover a humidade presente na lama, mantendo assim grande parte da quantidade inicial de sólidos [4].



#### 4. DESCRIÇÃO DA ETAR DAS TERMAS DE S. VICENTE, PENAFIEL

A ETAR das Termas de S. Vicente, em Penafiel, foi projetada com a finalidade de tratar as águas residuais provenientes das freguesias de Paredes, Cabeça Santa, Portela, Perozelo, Pinheiro, Oldrões e Valpedre, pretendendo assim garantir a melhoria das condições de salubridade e de qualidade ambiental nos cursos de água existentes nos aglomerados populacionais em causa.

No que respeita ao projeto da ETAR, foi tido em conta um período de 20 anos, tendo iniciado a sua operação em 1996 e sendo o horizonte de projeto o ano 2016. Relativamente à capitação de carência bioquímica de oxigénio (CBO<sub>5</sub>) para todo o período de projeção da obra, foi considerado um valor de 54 gramas por habitante e por dia.

Tendo em conta todos estes pressupostos, apresenta-se na Tabela 4.1 uma síntese dos dados considerados no dimensionamento da ETAR em causa.

*Tabela 4.1 – Dados considerados no dimensionamento da ETAR*

	1996		2016	
	Sem População Flutuante	Com População Flutuante	Sem População Flutuante	Com População Flutuante
População (habitantes)	2147	2747	2722	3497
Caudal médio diário anual (m <sup>3</sup> /dia)	137	214	218	333
Caudal ponta (m <sup>3</sup> /dia)	544	855	873	1331
Carga orgânica afluyente (kg CBO <sub>5</sub> /dia)	116	148	147	189
CBO <sub>5</sub> (mg/L)	846	693	674	567

Na Tabela 4.2 apresentam-se os valores limites de emissão presentes na licença de descarga para a ETAR das Termas de S. Vicente.

**Tabela 4.2 – Valores Limite de Emissão da licença de descarga para a ETAR das Termas de S. Vicente**

Parâmetro	Valor Limite de Emissão
pH	6 – 9
Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO <sub>5</sub> )	25 mg/L
Carência Química de Oxigénio (CQO)	125 mg/L
Sólidos Suspensos Totais (SST)	35 mg/L

Devido à existência de uma dada cota de chegada do esgoto à ETAR, foi necessária a instalação de um sistema elevatório à cabeça das instalações de tratamento.

O processo de tratamento adotado foi um sistema biológico com leito percolador de alta carga precedido de um tanque Imhoff, o qual, comparado com outras soluções recomendadas para a dimensão em causa, se revelou mais vantajoso em termos económicos.

Depois do tratamento, a água é descarregada na ribeira de Camba, uma linha de água afluente do rio Tâmega. Uma vez que as captações do sistema de abastecimento de água do concelho de Penafiel se situam no rio Tâmega, e próximas da confluência daquela linha de água, foi previsto um sistema de desinfeção antes da descarga final.

A ETAR inclui as seguintes etapas:

- remoção de sólidos grosseiros através de um sistema de grades de limpeza manual;
- elevação do efluente bruto à cabeça da ETAR;
- decantação primária no andar superior dum tanque Imhoff;
- depuração biológica aeróbia num leito percolador de alta carga;
- recirculação de parte do efluente à saída do leito percolador para montante do mesmo órgão, por intermédio dum sistema de elevação;
- separação dos flocos biológicos, provenientes do leito percolador, num decantador secundário e condução dessas lamas para montante do tanque Imhoff;
- medição de caudal em canal Parshall;
- desinfeção final do efluente, por injeção de solução de hipoclorito de sódio em tanque de contato com chicanas, com vista a assegurar um tempo mínimo de contacto entre o efluente e o agente de desinfeção, antes da rejeição final;
- descarga do efluente tratado no meio recetor;

- digestão anaeróbia das lamas primárias e secundárias no andar inferior do tanque Imhoff;
- desidratação das lamas digeridas em leitos de secagem natural.

Na Figura 4.1 apresenta-se a planta da ETAR em estudo com a respetiva legenda das etapas, as quais se descrevem detalhadamente a seguir.

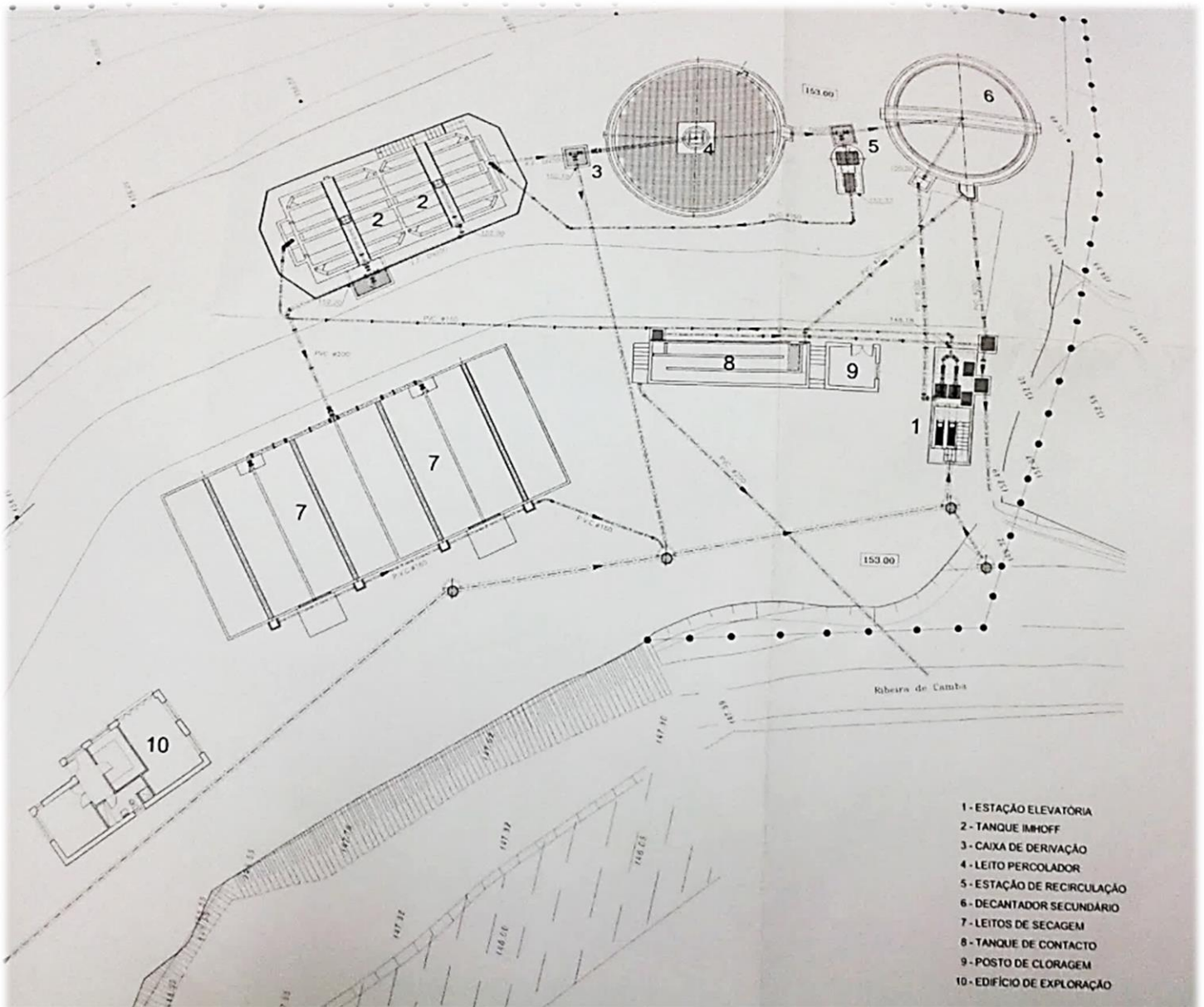


Figura 4.1 – Planta da ETAR das Termas de S. Vicente, Penafiel.

### ✓ Gradagem

A gradagem é realizada em dois canais com grades de limpeza manual, constituídas por barras de aço com secção retangular 32x5 mm espaçadas 30 mm.

A gradagem fica situada a montante da estação elevatória.

### ✓ Estação Elevatória

A estação elevatória (do tipo da apresentada na Figura 4.2) bomba a totalidade dos caudais provenientes da rede, dos leitos de secagem e do decantador secundário, até ao tanque Imhoff. Os caudais provenientes dos leitos de secagem são referentes às escorrências das lamas e os provenientes do decantador secundário são relativos à extração das lamas.

Esta estação utiliza dois grupos submersíveis, sendo que um é de reserva, instalados numa câmara de bombagem e que possuem uma altura manométrica de 11,1 m.c.a, um caudal de ponta de 70 m<sup>3</sup>/h e um caudal médio de 18 m<sup>3</sup>/h.

A montante da câmara de bombagem existem dois canais com grades de limpeza manual, e a jusante desta encontra-se a câmara de manobras de controlo hidráulico dos grupos.

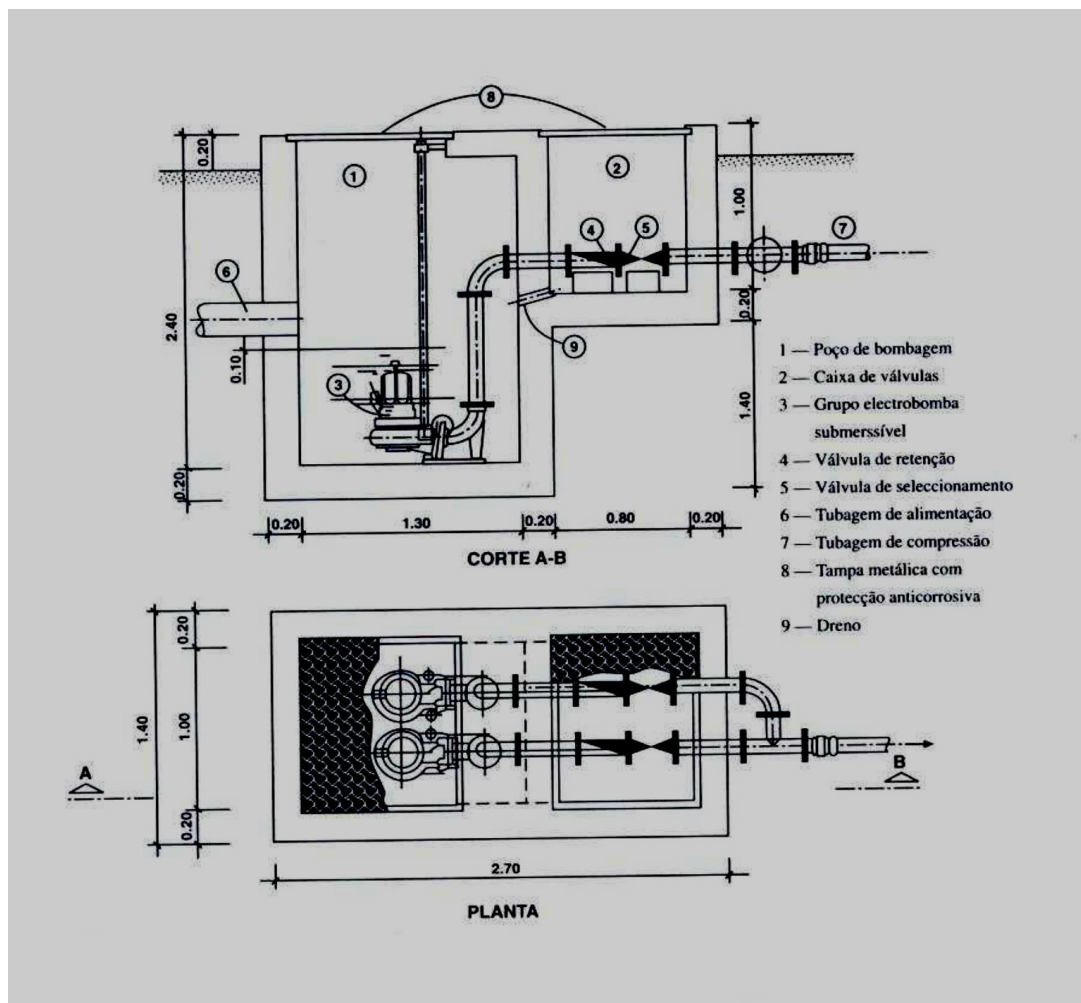


Figura 4.2 - Esquema de uma Estação Elevatória com grupos eletrobomba submersíveis [15]

### ✓ Tanque Imhoff

O tanque Imhoff (cujo esquema se apresenta na Figura 4.3) é de forma retangular em planta e semienterrado, e tem na sua parte superior 2 canais de decantação paralelos, com 13,05 m de comprimento e 1,70 m de largura, e uma secção transversal de 3,23 m<sup>2</sup>. Na parte inferior deste tanque, encontra-se um digestor anaeróbio de lamas constituído por 2 células com as seguintes características: 6,40 m de comprimento e largura; 2,40 m de altura da secção paralelepípedica; 1,80 m de altura da secção tronco piramidal e um volume de 310 m<sup>3</sup>.

Entre a zona de decantação e de digestão há uma distância de 0,50 m onde se encontra uma zona de transição.

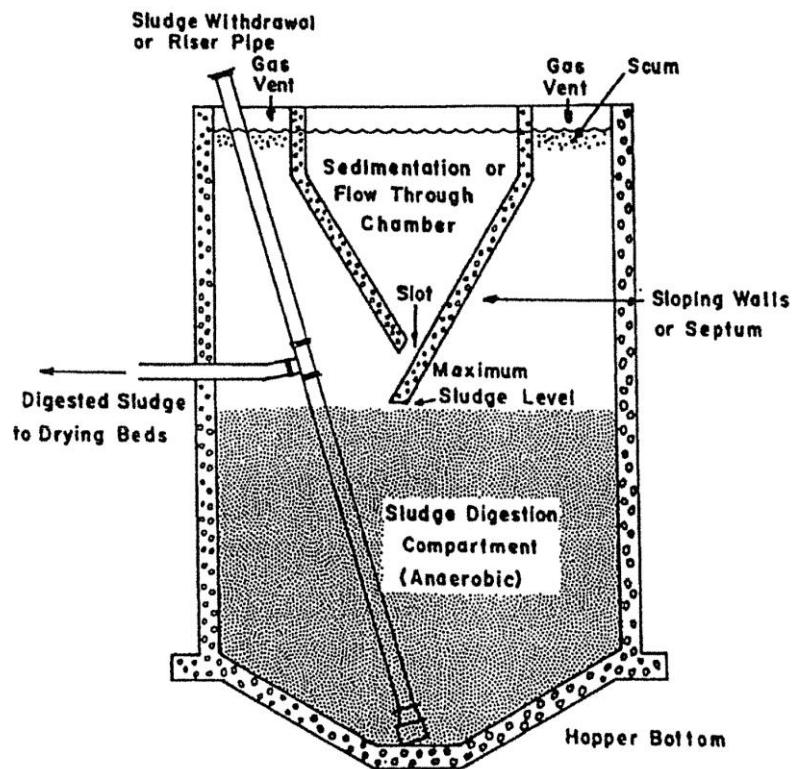


Figura 4.3 - Esquema representativo de um Tanque Imhoff [16]

### ✓ Leito Percolador

O leito usado (Figura 4.4) é circular, com um diâmetro de 11 m e uma altura de 2 m para a camada filtrante.

O enchimento do leito percolador é constituído por brita com diâmetro de 10 a 15 cm nas primeiras camadas junto ao fundo. Segue-se depois 1,5 m de altura de brita com

diâmetro de 4 a 6 cm. Os últimos 30 cm serão preenchidos com brita com diâmetro de 6 a 10 cm.

Para a alimentação ao leito percolador ser efetuada de um modo uniforme por toda a sua superfície, este possui um distribuidor rotativo com um diâmetro nominal de 11,0 m e um caudal médio de 25 L/s.

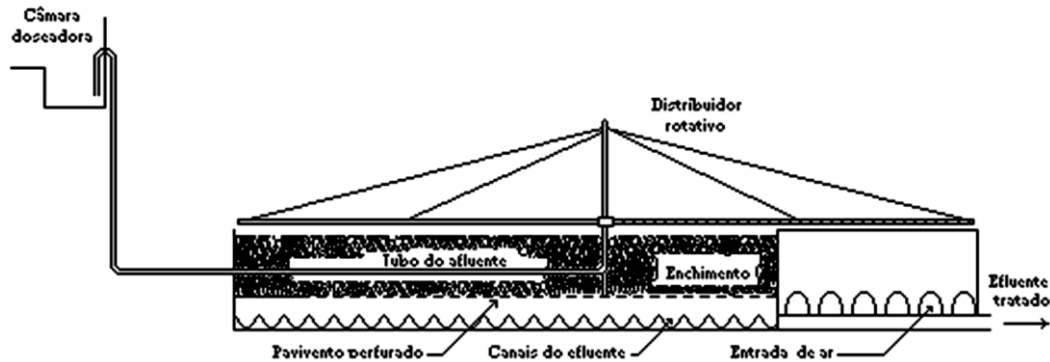


Figura 4.4 - Esquema representativo de um Leito Percolador [17]

A recirculação ao leito percolador é efetuada de jusante para montante, por uma estação de recirculação alimentada por derivação no circuito de ligação do leito percolador ao decantador secundário, e que eleva para a câmara de carga do distribuidor rotativo que se encontra à saída do tanque Imhoff. O leito percolador é de alta carga e funciona com recirculação para equalizar a carga orgânica aplicada ao longo do dia.

Esta estação dispõe de dois grupos de eletrobombas submersíveis, sendo um de reserva, instalados numa câmara de bombagem circular, com uma altura manométrica de 6,2 m.c.a. e um caudal de 73 m<sup>3</sup>/h.

### ✓ Decantador Secundário

O decantador secundário (esquematizado na Figura 4.5) é um órgão de planta circular, com uma parte superior cilíndrica de 9,0 m de diâmetro e 1,20 m de altura, e uma parte inferior troncocónica com 6,0 m de altura e um diâmetro na secção inferior de 0,60 m.

A extração das lamas é efetuada de forma manual, através de uma válvula existente para esse efeito. Estas lamas são encaminhadas para a estação elevatória que realiza a elevação para o tanque Imhoff.

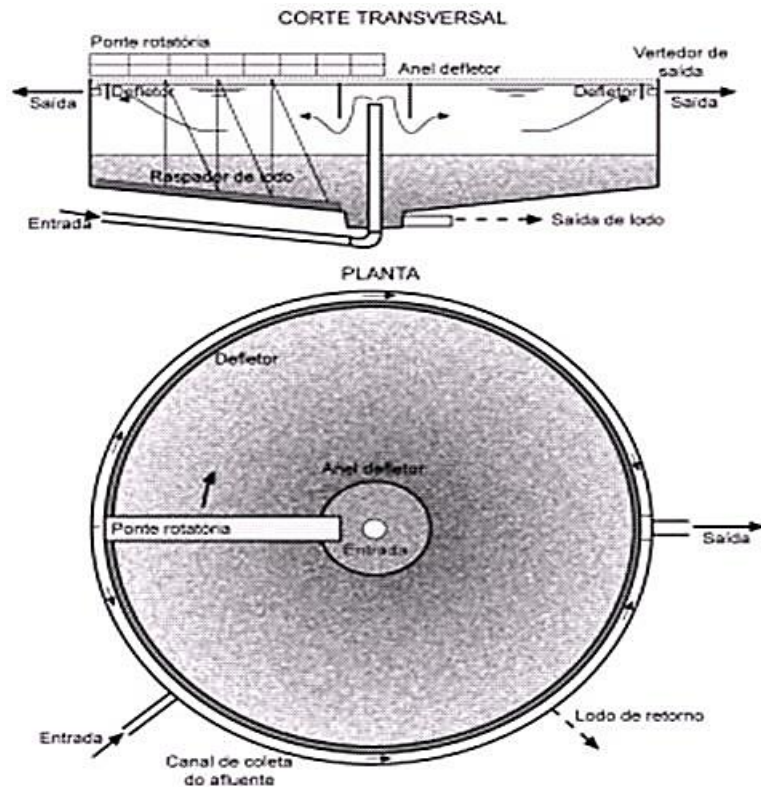


Figura 4.5 - Esquema representativo de um Decantador Secundário circular [18]

### ✓ Desinfecção

A jusante da linha de tratamento secundário encontra-se um sistema de desinfecção final do efluente antes de este ser descarregado na ribeira de Camba. Este sistema é constituído por um sistema de dosagem em linha, sendo o desinfetante usado o hipoclorito de sódio, com regulação diretamente proporcional ao caudal e por um tanque de contacto com chicanas, assegurando assim o tempo de retenção necessário para que a reação se complete antes da descarga.

O efluente passa por um medidor de caudal em canal, do tipo Parshall, que provoca um ressalto hidráulico com uma queda de 0,60 m, criando uma zona de turbulência favorável a uma rápida mistura e dispersão do agente desinfetante, injetado neste ponto.

Antes da descarga final e para garantir que a reação ocorra por completo, o efluente atravessa o tanque de contacto, que é constituído por 3 canais em série, com uma secção 0,80 m x 1,20 m e um comprimento total de 28,5 m, no qual são asseguradas condições de escoamento do tipo pistão.

Atualmente este processo não se está a realizar na ETAR, pois na licença de descarga não são impostos valores referentes a parâmetros microbiológicos, podendo assim o efluente resultante ser descarregado no meio recetor sem desinfecção prévia.

### ✓ Leitos de Secagem

A desidratação das lamas é efetuada de forma natural, em leitos de secagem (esquematisados na Figura 4.6). A ETAR possuiu 4 leitos para o efeito, cada leito tem dimensões de 10 x 5,9 m<sup>2</sup>.

Estes leitos possuem uma drenagem de fundo e as escorrências obtidas são reintroduzidas no início do circuito de tratamento.

As lamas secas são removidas de forma manual e, atendendo ao facto de serem provenientes de uma estação de tratamento de águas residuais domésticas, não apresentam problemas particulares quanto ao seu destino final, uma vez que podem ser usadas em solos agrícolas de acordo com o previsto no Decreto-Lei nº 276/2009 de 2 de outubro.

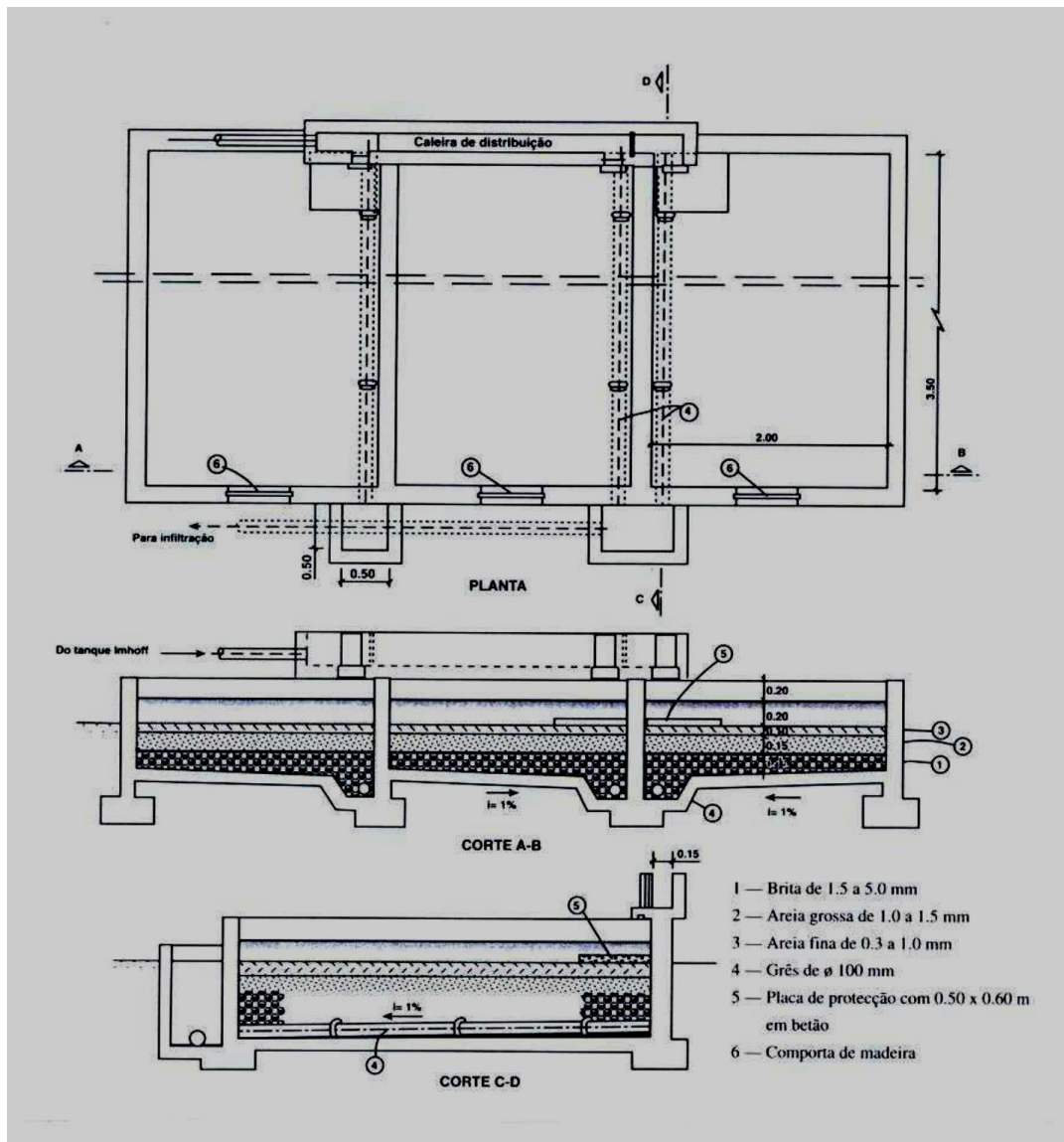


Figura 4.6 - Esquema de Leitos de Secagem [15]

## 5. ANÁLISE AO FUNCIONAMENTO DA ETAR DAS TERMAS DE S. VICENTE, PENAFIEL

A ETAR atual das Termas de S. Vicente encontra-se a funcionar no limite da sua capacidade. Apesar da rede de saneamento ter sido recentemente ampliada e já se encontrar concluída, falta no entanto a realização das ligações das habitações à rede, que é realizada mediante o pedido de ligação por parte da população. Uma vez concluídas estas ligações, a ETAR vai ter um maior caudal afluente e como já está a trabalhar no limite da sua capacidade pode vir a ter dificuldades em cumprir os limites de descarga.

A ETAR tem ainda uma sobrecarga hidráulica gerada por uma afluência excessiva de águas pluviais, apesar da rede ser seletiva. Este problema pode estar relacionado com ligações ilegais à rede de saneamento ou a problemas de infiltração.

Atualmente, não está a ser atingido o tempo de residência requerido para a secagem completa das lamas nos leitos, devido à necessidade de uma maior rotatividade, o que leva a pensar numa alternativa de processamento das mesmas.

Atendendo a estes problemas, já foi elaborado um projeto que visa a ampliação da ETAR que duplica a linha de tratamento, passando a existir assim dois tanques Imhoff, dois leitos percoladores, duas estações de recirculação e dois decantadores secundários, de características iguais aos existentes. E a desidratação das lamas será realizada de forma mecânica num filtro de banda.

Ao longo deste capítulo será analisada cada etapa do tratamento, identificados os eventuais problemas de funcionamento e serão também apresentadas algumas sugestões para a sua resolução, que visem melhorar o funcionamento da ETAR. Estas sugestões de melhoria constituem uma alternativa mais económica do que a duplicação da ETAR existente e que por esse motivo podem vir a ser implementadas num futuro mais próximo, prolongando um pouco mais a vida útil da atual ETAR.

### 5.1. GRADAGEM

Tal como foi descrito no **capítulo 4**, a montante da câmara de bombagem da estação elevatória existem dois canais com grades de limpeza manual. De forma a melhorar esta etapa do tratamento existente na ETAR sugere-se a instalação de um sistema de limpeza automática.

A limpeza manual é usada com frequência em pequenas e médias estações de tratamento de águas residuais, como a da ETAR das Termas de S. Vicente. No entanto, as grades com limpeza automática, apresentam como vantagens minimizar o trabalho manual e reduzir o número de inundações devido ao entupimento. O *design* de grades

com limpeza automática tem evoluído ao longo dos anos para minimizar os problemas de manutenção e melhorar a capacidade de remoção de sólidos grosseiros, e muitos projetos mais recentes já utilizam materiais resistentes à corrosão, incluindo aço inoxidável e plástico [4].

## 5.2. TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

Um dos problemas encontrados na ETAR em estudo está relacionado com o excesso de caudal de água residual a tratar devido a uma afluência excessiva de águas pluviais. Uma solução para resolver este problema seria a utilização de um tanque de equalização.

A equalização tem como principal objetivo minimizar ou controlar flutuações nas características das águas residuais, tais como a carga orgânica, pH, ou possíveis variações de caudal. O tanque de equalização também pode ser usado como um tanque de armazenamento, característica pela qual foi escolhido como solução para este problema [19, 20].

Normalmente é promovida a mistura, de forma a garantir que a equalização se realiza de forma adequada, evitando assim que os sólidos sedimentáveis se depositem no fundo do tanque. A agitação do fluido é feita por meios mecânicos. No caso em que o fluido é um líquido, propriedades como a viscosidade, a massa específica e a relação entre massas específicas e miscibilidade, influenciam a facilidade com que os componentes se misturam [19, 21].

Os tanques onde a mistura é promovida podem ser abertos ou fechados e devem possuir as seguintes características [21]:

- base arredondada para evitar regiões mortas, isto é, regiões onde não ocorra mistura;
- a altura do líquido deve ser igual ao diâmetro do tanque;
- o agitador deve ser colocado na parte superior do tanque;
- em alguns casos é necessária a aplicação de chicanas nas paredes do tanque para evitar a formação de vórtices.

Os três principais tipos de agitadores que existem são: propulsores, pás e turbinas. Os agitadores podem ainda ser divididos em duas classes: fluxo axial e fluxo radial. No caso dos agitadores de fluxo axial as correntes originadas são paralelas ao eixo do agitador. Para os agitadores de fluxo radial, as correntes são tangenciais ou na direção perpendicular ao eixo do agitador [22].

Os propulsores são de fluxo axial e são usados quando se pretende obter correntes verticais intensas, como por exemplo para manter sólidos em suspensão. Os agitadores de pás são de fluxo radial interno, não são utilizados para manter os sólidos em suspensão. Os agitadores de turbinas produzem fluxos axiais e radiais, e são bons para mistura de líquidos com aproximadamente a mesma densidade [22].

Assim sugere-se a construção de um tanque com base arredondada e munido de agitação por propulsores, cujas características/dimensões serão descritas no próximo capítulo. Pode-se ainda, se necessário, utilizar alguns acessórios como o “trop-plein” para fazer face a uma emergência, nomeadamente avarias nas eletrobombas, e um descarregador superficial para remover a matéria flutuante e as espumas.

### **5.3. UNIDADE DE DESARENAMENTO E DESENGORDURAMENTO**

É comum existir nas estações de tratamento de águas residuais uma etapa de desarenamento e desengorduramento, que tem como finalidade remover areias e gorduras existentes na água residual. Visto a ETAR em estudo não possuir uma unidade deste tipo, sugere-se a sua instalação, por forma a evitar a acumulação de areias e gorduras nas etapas seguintes e reduzir a frequência de limpeza do tanque Imhoff causada por acumulação de areias [4, 12].

### **5.4. TANQUE IMHOFF**

O tanque Imhoff é uma unidade de tratamento que permite a decantação primária e a digestão anaeróbia das lamas, simultaneamente. É constituído por um decantador na parte superior, onde os sólidos em suspensão sedimentam, e um digestor na parte inferior, onde as lamas provenientes do decantador são digeridas em condições anaeróbias, tornando-as estáveis. A passagem dos sólidos do decantador para o digestor é realizada através de uma fenda existente no fundo do decantador primário [15, 17].

Uma das principais vantagens da utilização desta unidade de tratamento é a possibilidade de combinar no mesmo equipamento, o decantador e o digestor. O tanque Imhoff requer pouco espaço de construção, tem baixos custos de operação e, é de fácil operação e manutenção. Normalmente é utilizado em estações de tratamento de águas residuais domésticas de pequenas dimensões, cujo caudal seja da ordem dos 950 m<sup>3</sup>/dia [23].

Relativamente ao funcionamento do tanque Imhoff não foram detetados quaisquer problemas. No entanto, a sua eficiência pode ser melhorada com a construção de uma

unidade de desarenamento/desengorduramento a montante, como se explicou anteriormente.

### 5.5. LEITO PERCOLADOR

Como já foi referido anteriormente, o leito percolador contém material de suporte (pedras, plásticos ou madeiras). Este material deve ser quimicamente estável, não tóxico para os microrganismos, deve possibilitar uma máxima área superficial e permitir a existência de espaços vazios para a difusão de ar e passagem de microrganismos que se desprendem [24].

Ao analisar os resultados de algumas análises realizadas ao efluente à entrada e à saída da ETAR (anexo A), verificou-se que o valor de azoto total à saída da ETAR apresenta valores acima dos VLE presentes no decreto-lei nº 152/97.

A origem deste valor pode estar relacionada com a ausência do processo de desnitrificação no leito de percolador. Como o azoto em excesso pode causar processos de eutrofização no meio recetor, sugere-se assim a alteração do material de suporte e o controle de alguns parâmetros que favoreçam a desnitrificação.

O processo de nitrificação seguido de desnitrificação, que tem como finalidade a remoção do azoto.

A nitrificação é um processo aeróbio, em que se converte o ião amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) a ião nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Deve ser fornecida a quantidade necessária de oxigénio dissolvido para que ocorra a nitrificação. A recirculação deve ser otimizada de forma a aumentar a quantidade de oxigénio dissolvido no efluente recirculado para favorecer as condições aeróbias necessárias para que a nitrificação ocorra.

A desnitrificação é um processo que ocorre em ambiente anóxico, na ausência de oxigénio molecular, em que ocorre a redução dos nitratos a azoto gasoso. Num biofilme suficientemente espesso, estas condições têm probabilidade de ocorrer nas camadas mais internas do biofilme. Neste processo é necessária uma fonte de matéria orgânica (garantida pela entrada de efluente bruto), por cada miligrama de  $\text{NO}_3^-$  reduzida teoricamente são consumidas 2,86 mg de carência bioquímica de oxigénio (CBO), mas normalmente são requeridas 4 mg de CBO. A razão  $\text{CBO}/\text{NO}_3^-$  deve ser monitorizada para garantir que há matéria orgânica suficiente para ocorrer a redução do  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{N}_2$ .

O controlo do pH é um parâmetro importante na desnitrificação biológica, uma vez que esta é afetada pelo pH, devendo o valor do pH ser superior a 6,0 e inferior a 8,0. Se este não se encontrar no intervalo desejado deve ser corrigido através da adição de produtos químicos.

## **5.6. DECANTADOR SECUNDÁRIO**

O decantador secundário tem como função remover os sólidos em suspensão do efluente proveniente do leito percolador. Não foram detetados quaisquer problemas no seu funcionamento. Além disso, o tempo de retenção no decantador é superior a duas horas, o que está de acordo com o previsto na literatura [4].

## **5.7. DESINFEÇÃO**

Neste momento a desinfeção na ETAR das Termas de S. Vicente poderia ser realizada através da utilização do desinfetante hipoclorito de sódio. Este agente desinfetante não é o mais indicado pois reage rapidamente com a maioria das moléculas orgânicas, originando produtos organoclorados (por exemplo os tri-halometanos) cuja presença é ambientalmente indesejada. A presença dos tri-halometanos na água potável representa um risco para a saúde pública, devido ao seu potencial carcinogénico. Uma das alternativas para minimizar estes riscos seria a realização de uma descloração através de uma coluna de carvão ativado [11, 16].

Atualmente este processo de desinfeção não está a ser realizado, pois na licença de descarga não é exigido o cumprimento de nenhum parâmetro relativo aos microrganismos, o que faz com que o efluente proveniente do tratamento secundário possa ser descarregado diretamente no meio recetor.

Apesar de este processo não estar a ser realizado, pode vir a ser necessário futuramente, propondo-se, em alternativa à utilização do hipoclorito de sódio como desinfetante, a desinfeção por ação de radiação ultravioleta. Esta alternativa não introduz qualquer produto químico na água, evitando assim riscos para a saúde pública e a realização de uma etapa adicional para remoção de compostos organoclorados e do cloro residual. A sua instalação requer, a construção de um canal para instalação das lâmpadas que emitem radiação ultravioleta e a instalação de um filtro de areia a montante de forma a remover os sólidos em suspensão, evitando que estes reduzam a incidência da radiação ultravioleta, permitindo assim maximizar a eficiência do processo.

## **5.8. TRATAMENTO DE LAMAS**

Na ETAR em estudo as lamas sofrem digestão anaeróbia no tanque Imhoff, de seguida, desidratação em leitos de secagem e no final são recolhidas, transportadas e encaminhadas para destino final por uma empresa certificada para o efeito. De momento as lamas são enviadas para valorização R3, ou seja, há a reciclagem/recuperação de

compostos orgânicos que não são utilizados como solventes em operações de compostagem ou outras transformações biológicas.

Nos próximos subcapítulos vão ser apresentadas diferentes alternativas de desidratação e será ainda analisado se o destino final das lamas é adequado.

### **5.8.1. DESIDRATAÇÃO**

Na ETAR das Termas de S. Vicente, a desidratação é realizada em leitos de secagem, ou seja, a desidratação é realizada de forma natural. Este tipo de desidratação traz alguns inconvenientes: é um processo demorado pois a sua eficiência é afetada pelas alterações climáticas e, no final, exige a intervenção de um operador para retirada manual das lamas secas.

Atendendo aos problemas relacionados com a desidratação serão analisados dois dos processos de desidratação mais comuns, a utilização de centrífugas e de filtros de bandas, por forma a identificar qual a melhor opção.

#### **5.8.1.1. CENTRÍFUGA**

A centrifugação tanto pode ser usada no espessamento como na desidratação das lamas. A separação da fase sólida da fase líquida é conseguida através da aplicação de uma força centrífuga que é muito superior à força gravítica. Essa força é criada num tambor cónico que gira a uma alta velocidade, as partículas de lama são pressionadas contra as paredes do tambor e são transportadas para o exterior através de um parafuso, que gira a uma velocidade ligeiramente diferente da do tambor.

As centrífugas (Figura 5.1) podem ser utilizadas para desidratar lamas sem utilização de condicionamento químico, mas a captura de sólidos e a qualidade da água clarificada é melhorada consideravelmente quando os sólidos são condicionados com polímeros que promovem a sua agregação [4, 14].

As centrífugas podem desidratar com sucesso diferentes tipos de lamas, não exigem acompanhamento permanente do funcionamento do equipamento, são de funcionamento automático e não necessitam de água nem de telas, ocupam pouco espaço e produzem menos odores que os outros processos alternativos. As principais desvantagens são os custos de manutenção elevados, desgaste rápido, níveis de ruído elevados, vibrações e consumos de energia elevados devido ao facto de trabalharem com altas velocidades rotativas [4].

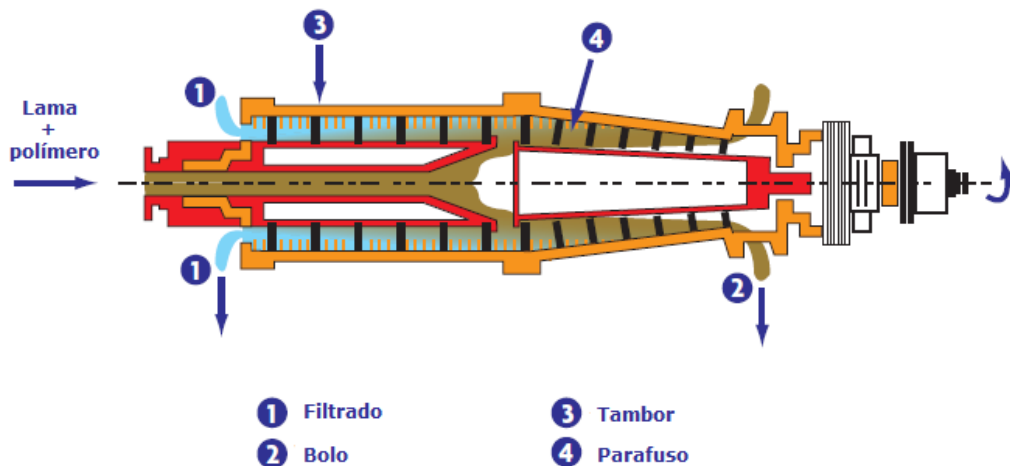


Figura 5.1 – Esquema de uma Centrífuga (adaptado de [25])

#### 5.8.1.2. FILTROS DE BANDA

Os filtros de banda foram introduzidos no início de 1970 e tornaram-se predominantes como dispositivos de desidratação de lamas, sendo a sua utilização eficaz para quase todos os tipos de lamas provenientes de estações de tratamento de águas [4].

No filtro de banda (Figura 5.2) existem quatro processos básicos: o condicionamento, a drenagem por gravidade, a compressão de baixa pressão e a compressão de alta pressão [13].

O condicionamento é geralmente feito com ajuda da adição de um polímero. Este é injetado numa misturadora colocada na linha de alimentação. Uma vez realizado o condicionamento, as lamas são introduzidas na câmara de drenagem por gravidade onde são uniformemente distribuídas sobre uma tela. Nesta etapa é removida a maior parte da água presente nas lamas de forma gravítica através da tela. De seguida as lamas são comprimidas entre duas telas com a ajuda de rolos e por fim, são fortemente comprimidas de forma a induzir a libertação de quantidades adicionais de água presentes nas lamas [4, 15].

Uma das principais vantagens da utilização destes filtros, é o baixo custo de aplicação quando comparada com os filtros prensa, filtros de vácuo ou centrífugas. Outras vantagens estão relacionadas com os baixos consumos de energia, fácil operação e manutenção. Estes podem ainda trabalhar em contínuo e dispõem da possibilidade de regulação das velocidades e pressão em função da qualidade das lamas e da eficácia da lavagem das telas. As desvantagens dos filtros de banda são a sua sensibilidade às características das lamas, a necessidade de adição de um polímero

e ainda a maior necessidade de manutenção ao nível das operações de lavagens das telas, com um consequente aumento do consumo de água [4, 14, 15].

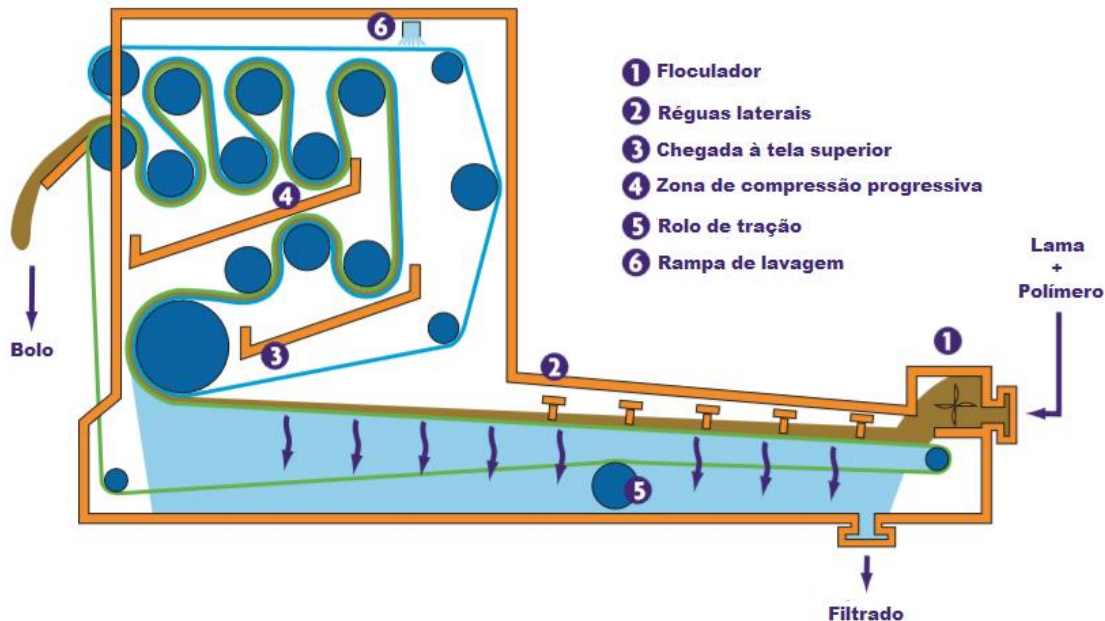


Figura 5.2 – Esquema de um Filtro de Banda (adaptado de [25])

Tendo em conta as dimensões da ETAR em estudo, as vantagens e as desvantagens de cada processo analisado, o processo mais vantajoso a aplicar seria o filtro de banda. Apesar de este apresentar alguns consumos de água para a lavagem das telas e de necessitar da utilização de um polímero, apresenta muito menos custos de instalação, manutenção e operação quando comparado com a centrífuga.

### 5.8.2. DESTINO FINAL

Uma vez desidratadas, as lamas devem ser sujeitas a um tratamento que adequa as suas características ao fim pretendido. Na ETAR em estudo as lamas depois de desidratadas são enviadas para compostagem, tendo em vista a sua valorização como fertilizante agrícola.

A compostagem de lamas permite transformar as lamas num produto de valor agronómico. É um método de tratamento aplicável a resíduos sólidos provenientes do tratamento de águas residuais, no qual os compostos orgânicos se decompõem biologicamente, em condições aeróbias controladas, até atingirem um estado que possibilite a sua manipulação, o seu armazenamento e a sua respetiva aplicação. Este processo gera ainda calor à medida que a degradação vai ocorrendo, atingindo

temperaturas na gama dos 50 a 70 °C, levando à destruição dos organismos patogénicos presentes nas lamas. Sendo um processo aeróbio minimiza ainda o aparecimento de odores desagradáveis. O composto resultante é um excelente fertilizante e adjuvante capaz de enriquecer as propriedades físico-químicas e biológicas dos solos. A sua aplicação deve ser realizada de forma a não provocar efeitos prejudiciais no ambiente [4, 13, 14].

A valorização agrícola de lamas tem sido uma solução de destino final para as lamas provenientes de ETAR's em Portugal. A utilização de lamas residuais nos solos agrícolas é um método especialmente atrativo, quer do ponto de vista da conservação do ambiente, quer do ponto de vista económico. Uma das grandes razões para esta valorização é a presença de nutrientes nas lamas, como azoto, fósforo e potássio, que são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, economizando, com isso, o uso de adubos químicos. Estas lamas contêm ainda, elevados teores de matéria orgânica, que corresponde a uma carência da maior parte dos solos portugueses, e a utilização destas lamas melhora ainda a estrutura do solo, tornando-o mais fértil e produtivo [15, 26].

No entanto, há que ter em atenção a presença de substâncias tóxicas que se podem acumular nos solos. Esta acumulação pode atingir valores que podem ser nocivos diretamente para as sementes, ou uma vez assimilados pelas plantas, podem mesmo tornarem-se perigosos para o ser humano e os animais que se alimentem dessas plantas [14].

Atendendo a este facto existe o Decreto-lei nº 276/2009, que estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas, de forma a evitar efeitos nocivos para o homem, para a água, para os solos, para a vegetação e para os animais, promovendo a sua correta utilização. Neste decreto-lei, são estabelecidos os valores limite de metais pesados presentes nas lamas destinadas à aplicação em solos agrícolas. Esses valores são apresentados na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1 – Valores limite de metais pesados nas lamas destinadas à utilização agrícola**

Parâmetro	Valor limite (mg/kg de matéria seca)
<b>Cádmio</b>	20
<b>Cobre</b>	1000
<b>Níquel</b>	300
<b>Chumbo</b>	750
<b>Zinco</b>	2500
<b>Mercúrio</b>	16
<b>Crómio</b>	1000

Na Tabela 5.2 estão apresentados os valores obtidos numa análise realizada às lamas resultantes do tratamento realizado na ETAR em estudo.

*Tabela 5.2 – Valores de concentrações obtidos numa análise das lamas*

Parâmetro	Valor (mg/kg de matéria seca)
<b>Estrôncio</b>	0,7425
<b>Sólidos Dissolvidos Totais</b>	0,288
<b>Arsénio</b>	0,288
<b>Cádmio</b>	< 1
<b>Cloretos</b>	2520
<b>Cobre</b>	< 3
<b>Crómio</b>	< 1
<b>Fluoretos</b>	0,814
<b>Mercúrio</b>	< 0,1
<b>Chumbo</b>	< 0,1
<b>Níquel</b>	< 5
<b>Molibdénio</b>	< 0,03
<b>Selénio</b>	< 0,3
<b>Carbono Orgânico Dissolvido</b>	156,6
<b>Sulfatos</b>	20295
<b>Zinco</b>	2,016
<b>Bário</b>	< 1

Analisando a Tabela 5.1 e a Tabela 5.2, verifica-se que os valores obtidos nas análises realizadas às lamas para o cádmio, o cobre, o níquel, o chumbo, o zinco, o mercúrio e o crómio, respeitam os valores limites de emissão. Logo as lamas resultantes do tratamento nesta ETAR podem ser enviadas para valorização agrícola, o que significa que o atual destino final é adequado.

## 6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS ALTERNATIVAS PROCESSUAIS PROPOSTAS

Ao longo do capítulo 5 foram sugeridas algumas alterações a considerar na ETAR das Termas de S. Vicente com a finalidade de melhorar o seu funcionamento. Apresenta-se em seguida uma lista com todas as sugestões:

1. substituição de grades de limpeza manual por grades de limpeza automática;
2. construção de uma unidade de desarenamento e desengorduramento;
3. construção de um tanque de equalização;
4. substituir o enchimento do leito percolador;
5. alterar o agente/processo de desinfecção, incluindo uma filtração a montante;
6. substituir a desidratação de lamas em leitos de secagem por desidratação em filtros de banda.

Neste capítulo serão apresentadas as especificações técnicas das alternativas processuais propostas. O dimensionamento que a seguir se apresenta baseou-se em valores atuais de caudais e concentrações, valores base do projeto de ampliação e, quando necessário, recorreu-se à utilização de valores típicos da literatura.

### 6.1. GRADES DE LIMPEZA AUTOMÁTICA

Relativamente às grades de limpeza automática sugere-se a utilização das grelhas mecânicas de barras de limpeza frontal do tipo GSV, que apresenta um ângulo de montagem de 75°, da Ecoplants [27].

Estas grelhas são de fácil instalação, têm baixos consumos energéticos e podem ser instaladas em estações já existentes com pequenas modificações na construção civil.

As características das grades a usar podem manter-se as mesmas das grades atuais.

### 6.2. VOLUME DO TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

Os cálculos para determinar o volume do tanque de equalização foram realizados para todos os dias em que estavam disponíveis dados de caudal horário afluente à estação de tratamento. Como se trata de uma instalação de pequena dimensão e cujos dados do caudal de entrada apresentavam uma grande variabilidade, pretendeu-se identificar a situação mais desfavorável que ocorreu durante o período em estudo, a qual corresponde ao maior valor de volume necessário para o tanque de equalização. Estes cálculos foram realizados para dois cenários diferentes: i) considerando o caudal médio diário constante e igual a 1128,20 m<sup>3</sup>/dia, o qual corresponde ao valor de projeto

da futura ampliação da ETAR, e ii) considerando os valores de caudal médio diário recebidos em cada dia na ETAR, ou seja, para as condições atuais de funcionamento.

Os cálculos necessários para determinar o volume do tanque de equalização a aplicar na ETAR em estudo, foram realizados de acordo com o descrito por Eckenfelder [19].

Com os valores do registo horário diário dos caudais da ETAR calculou-se o valor do volume acumulado através da equação 1.

$$V_{acumulado} = \sum caudal \quad \text{Equação 1}$$

Uma vez calculado o valor do volume acumulado calculou-se, para a situação atual de funcionamento, o valor do caudal horário utilizando a equação 2.

$$Q (m^3/h) = \frac{V_{acumulado}(m^3)}{24 (h)} \quad \text{Equação 2}$$

Para a situação prevista no projeto de ampliação da ETAR, este cálculo não é necessário, basta considerar o novo caudal médio de funcionamento.

De seguida, calculou-se o valor da diferença para cada hora através da equação 3.

$$Diferença = V_{acumulado\ i} - Q \times t_i \quad \text{Equação 3}$$

Uma vez calculados todos os valores da diferença para cada hora e para cada dia, estes foram analisados de forma a identificar o maior valor com sinal negativo (défice) e o maior valor com sinal positivo (excesso), os quais somados permitem obter o valor do volume do tanque de equalização necessário para aquele dia.

O valor do tanque de equalização pode também, ser obtido usando os valores do volume acumulado, representando-se graficamente o volume acumulado versus tempo.

Na Tabela 6.1 e na Figura 6.1 estão representadas as duas possibilidades de determinação (numericamente e graficamente), utilizando o dia 8 de Abril de 2014, o qual apresentou o maior volume para o tanque de equalização utilizando o caudal calculado em cada dia (cenário ii).

**Tabela 6.1 – Valores de Caudais Horários da ETAR das Termas de S. Vicente, de volume acumulado e de défice para o dia 8 de Abril de 2014**

HORA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	VOLUME ACUMULADO (m <sup>3</sup> )	DIFERENÇA (m <sup>3</sup> )
0	80	0	0
1	73	80	25
2	26	153	43
3	34	179	13
4	8	213	-8
5	11	221	-55
6	8	232	-100
7	8	240	-147
8	2	248	-194
9	71	250	-247
10	66	321	-232
11	70	387	-221
12	69	457	-206
13	92	526	-192
14	84	618	-156
15	75	702	-127
16	75	777	-107
17	76	852	-87
18	65	928	-67
19	68	993	-57
20	74	1061	-44
21	67	1135	-25
22	62	1202	-14
23	62	1264	-7
24	80	1326	0

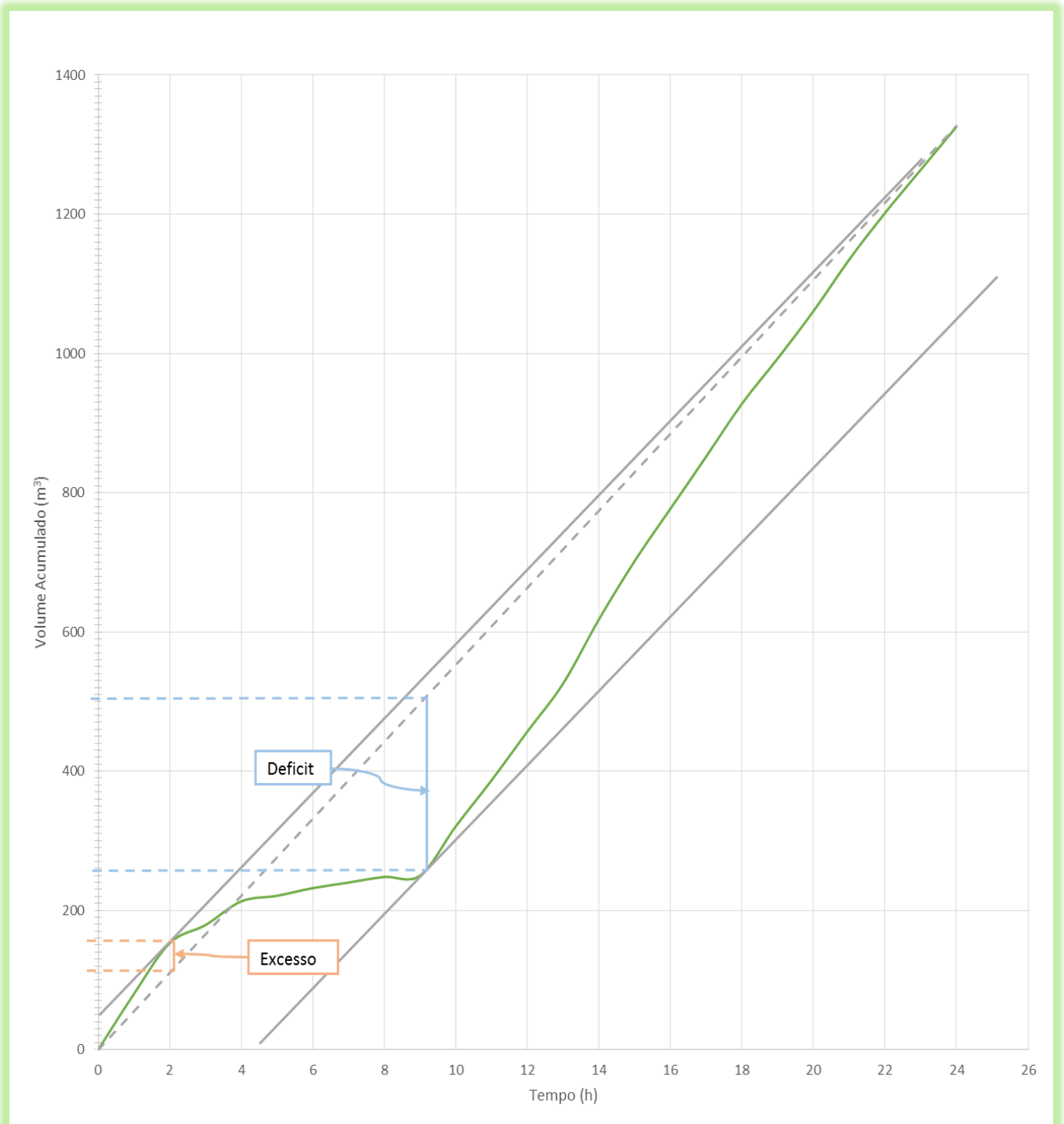


Figura 6.1 – Representação gráfica do volume acumulado versus tempo para o dia 8 de Abril de 2014

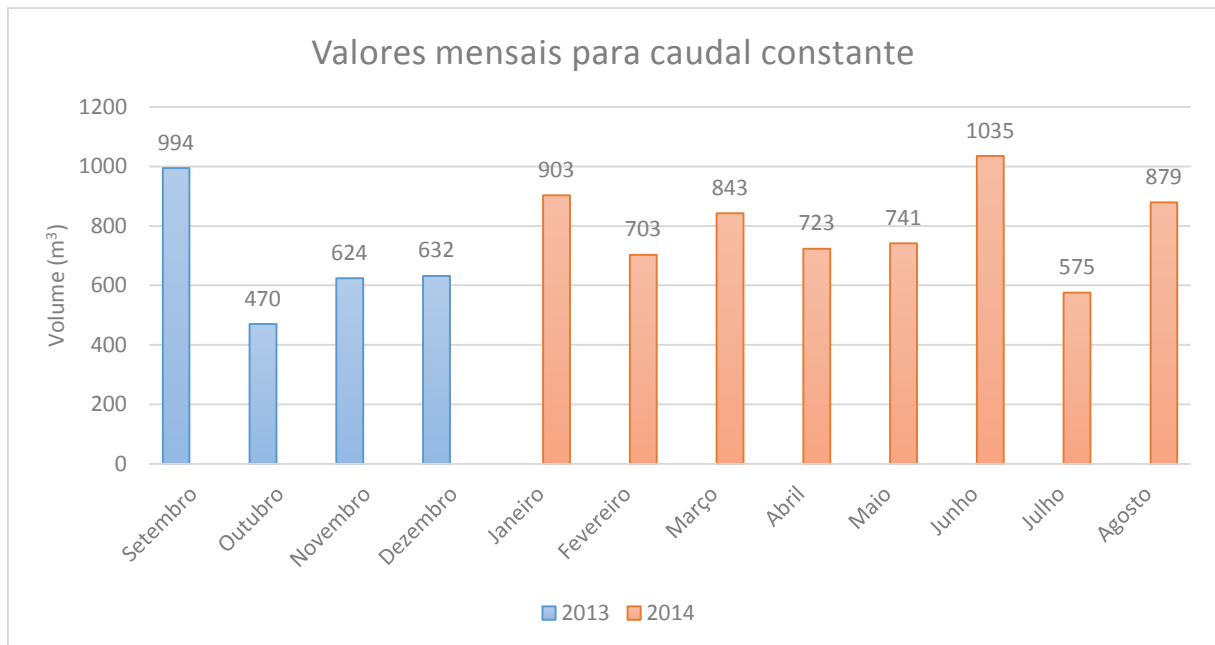
Analisando os valores da diferença presentes na Tabela 6.1, o valor obtido para o volume do tanque é de  $290 \text{ m}^3$  ( $43 \text{ m}^3 + 247 \text{ m}^3$ ).

Pela análise da Figura 6.1, obteve-se um valor para o défice de aproximadamente 246 m<sup>3</sup> (502 m<sup>3</sup> - 256 m<sup>3</sup>) e um valor para o excesso de aproximadamente 45 m<sup>3</sup> (155 m<sup>3</sup> - 110 m<sup>3</sup>). O que dá origem a um volume para o tanque de equalização de 291 m<sup>3</sup>.

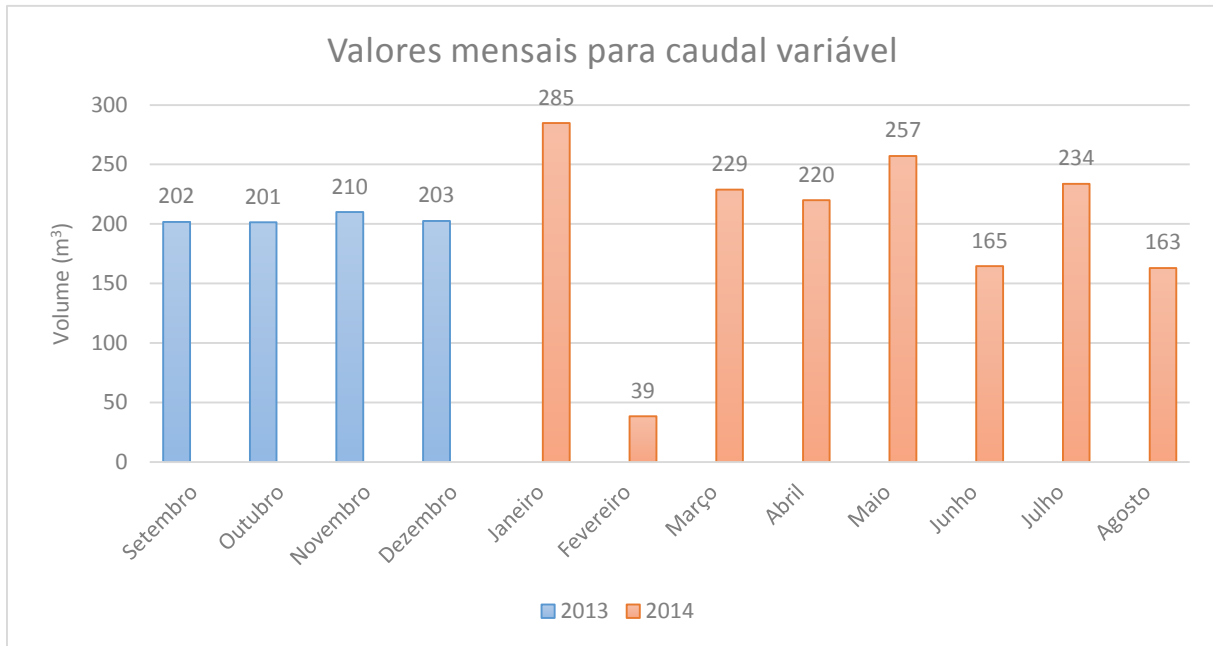
Comparando as duas alternativas de cálculo, a diferença de valores não é muito significativa, mas como o método gráfico engloba alguns erros na leitura dos valores, o valor mais exato para o volume do tanque será o 290 m<sup>3</sup>, o qual foi obtido por cálculo.

Todos os valores obtidos para o volume do tanque de equalização, com caudal constante (cenário i) e com caudal calculado em cada dia (cenário ii), são apresentados no anexo B sobre a forma de representação gráfica.

Nas Figura 6.2 e Figura 6.3 estão apresentados os maiores valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada mês.



**Figura 6.2 – Valores obtidos para o volume do tanque equalização, utilizando um caudal constante de 1128,20 m<sup>3</sup>/dia (cenário i), para cada mês**



**Figura 6.3 – Valores obtidos para o volume do tanque equalização, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia (cenário ii), para cada mês**

Através da análise das Figura 6.2 e Figura 6.3, verifica-se que o maior valor obtido para o volume do tanque de equalização mantendo o caudal contante (cenário i) é de 1035 m<sup>3</sup> e que o maior valor de volume obtido para o caudal calculado em cada dia (cenário ii) é de 290 m<sup>3</sup>.

Esta grande diferença de valores está relacionada com o facto de se considerar no cenário i um caudal constante muito superior à situação real. Apesar de ser o caudal previsto para o início da operação da ETAR ampliada, e que prevê um grande aumento do número de ligações à rede pública de saneamento, pode esta situação não se concretizar. Sendo assim, o dimensionamento do tanque de equalização foi realizado com o maior valor de volume obtido para o caudal calculado em cada dia, considerando ainda um fator de segurança de 10%. O volume final obtido para o tanque de equalização foi de 319 m<sup>3</sup>, arbitrando uma altura para o tanque de 2 m obteve-se um diâmetro de 14 m. Todos os cálculos relativos ao dimensionamento estão presentes no anexo C.1.

Como foi referido anteriormente, o tanque de equalização necessita de agitação. O cálculo do valor da potência necessária para a agitação foi baseado no apresentado por Eckenfelder [19]. O valor de potência obtido foi de 0,96 kW. Todos os cálculos efetuados estão presentes no anexo C.2.

### 6.3. DESARENADOR AREJADO

O desarenador sugerido é um desarenador arejado que além de remover areias, permite ainda a remoção de gorduras. O seu dimensionamento foi realizado segundo o Metcalf & Eddy [4].

Com um caudal de ponta de 19 L/s e assumindo um tempo de retenção ( $t_r$ ) de 3 min [4] calculou-se o volume do desarenador através da equação 4.

$$V_{desarenador} = Q_{ponta} \times t_r \quad \text{Equação 4}$$

Com o volume obtido pela equação 4 e considerando uma altura útil típica ( $h_{\text{útil}}$ ) de 3,6 m [4] e tendo em conta uma margem de segurança de 0,6 m, uma altura do desarenador ( $h_{desarenador}$ ) de 4,2 m calculou-se a área do desarenador através da equação 5.

$$A_{desarenador} = \frac{V_{desarenador}}{h_{\text{útil}}} \quad \text{Equação 5}$$

Uma vez calculado o valor da área pela equação 5 e assumindo que a razão entre o comprimento e a largura do desarenador é de 4:1 [4], calculou-se o comprimento e a largura do desarenador.

Sendo este um desarenador arejado é necessário saber a quantidade de ar requerida. Para tal considerou-se que o caudal de ar necessário por unidade de comprimento é de 0,3 m<sup>3</sup>/m.min [4] e de seguida calculou-se o caudal de ar requerido através da equação 6.

$$Q_{ar\ requerido} = \frac{0,3\ m^3}{m.\min} \times C_{desarenador} \quad \text{Equação 6}$$

Foi considerado um fator de segurança de 2 para o cálculo do caudal de ar total requerido.

Pode ainda estimar-se a quantidade de areia produzida, assumindo que o volume de areia produzida para o caudal de ponta é de 0,015 m<sup>3</sup>/10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> e calculando a quantidade de areia produzida através da equação 7.

$$\text{Areia Produzida} = \frac{0,015 \text{ m}^3}{10^3 \text{ m}^3} \times Q_{\text{ponta}} \quad \text{Equação 7}$$

No final obteve-se um valor de 3,4 m<sup>3</sup> para o volume do desarenador, um comprimento de 1,9 m e uma largura de 0,49 m. O caudal total de ar requerido foi de 1,1 m<sup>3</sup>/min e o volume de areia produzida foi de 25 L/dia. Todos os cálculos efetuados para a obtenção destes valores estão apresentados no anexo C.3.

#### 6.4. ENCHIMENTO DO LEITO PERCOLADOR

Sugere-se a utilização de um meio de enchimento plástico, em alternativa ao atual. O enchimento sugerido é o Dura-Pac da Raschig, disponível em fluxo cruzado e em fluxo vertical (ficha técnica presente no anexo D.1).

O Dura-Pac é um módulo de PVC ondulado projetado especificamente para aplicações de tratamento biológico de leito fixo. Permite uma redistribuição uniforme da água residual e do ar, maximizando o contacto entre o biofilme e a água residual.

Os módulos de Dura-Pac são compostos por folhas de PVC, têm proteção contra a radiação ultravioleta (UV), são resistentes aos fungos, às bactérias, aos ácidos e a substâncias alcalinas encontradas nas águas residuais. O composto de PVC é não tóxico para os microrganismos e foi especificamente desenvolvido para resistir à deformação a longo prazo.

Os módulos estão disponíveis em fluxo cruzado e fluxo vertical. Neste caso recomenda-se a aplicação dos módulos de fluxo cruzado, uma vez que são utilizados no tratamento secundário e nitrificação de águas residuais municipais. O seu padrão maximiza a transferência de oxigénio e o tempo de retenção hidráulico.

O volume de enchimento atual é de 185 m<sup>3</sup> pelo que se sugere que seja aplicado o mesmo volume de enchimento usando os módulos de Dura-Pac de fluxo cruzado.

Sugere-se ainda a aplicação do Dura-Dek (ficha técnica presente no anexo D.2) que proporciona uma superfície de proteção ao longo de toda a parte superior do filtro biológico. Foi projetado para proteger o enchimento do filtro da passagem de pedestres, da radiação UV e do impacto hidráulico das águas residuais.

#### 6.5. FILTRO RÁPIDO

Sugere-se a construção de um filtro rápido, de areia, para remoção dos sólidos em suspensão que poderiam prejudicar o desempenho do sistema de desinfecção por UV ao dispersarem a radiação que incidir sobre eles.

O seu dimensionamento foi realizado segundo Metcalf & Eddy [4].

Utilizando o caudal médio de 5 L/s e assumindo uma taxa de aplicação superficial típica de 200 L/m<sup>2</sup>.min, calculou-se a área do filtro através da equação 8.

$$A_{\text{filtro}} = \frac{Q}{\text{Taxa}} \quad \text{Equação 8}$$

Consideraram-se ainda valores típicos para profundidade do filtro, 1,2 m, tamanho da partícula de areia, 2,5 mm, e um coeficiente de uniformidade de 1,5 [4].

O valor obtido para a área do filtro foi de 1,5 m<sup>2</sup> o que resultou num diâmetro de 1,4 m. Uma vez que os filtros necessitam de lavagem, realizada em contracorrente, sugere-se a instalação de dois filtros com operação semi-contínua. O diâmetro destes filtros seria metade do obtido, ou seja, 0,7 m. Mas para garantir a eficiência da filtração enquanto decorre a lavagem de um dos filtros sugere-se que o diâmetro de cada filtro, seja de 1 m, tendo em conta um fator de segurança 1,4. Todos os cálculos referentes a este dimensionamento estão apresentados no anexo C.4.

## 6.6. SISTEMA DE DESINFEÇÃO POR UV

Na desinfeção por ultravioleta sugere-se a utilização de lâmpadas de baixa pressão e intensidade, pois estas apresentam melhores eficiências e menos consumos de energia em comparação com as restantes [4].

O seu dimensionamento foi realizado segundo Metcalf & Eddy [4].

Para o dimensionamento deste sistema foram feitas as seguintes considerações: o sistema de desinfeção tem uma configuração horizontal das lâmpadas, é constituído por 3 secções, tem um coeficiente de perda de carga de 1,8, o diâmetro da lâmpada é de 23 mm, a área da secção transversal da manga de quartzo é de 4,15x10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>, as lâmpadas estão espaçadas ( $esp_{\text{lamp}}$ ) entre si 75 mm e o caudal que cada lâmpada trata é de 43 L/min.lamp [4]. O cálculo do número de lâmpadas necessárias, para um caudal de ponta de 19 L/s, foi feito através da equação 9.

$$n^{\circ} \text{ lâmpadas} = \frac{Q_{\text{ponta}}}{Q_{\text{tratado por lâmpada}}} \quad \text{Equação 9}$$

Determinado o número total de lâmpadas, que teve como resultado 27 lâmpadas, calculou-se o número de lâmpadas por secção. O número de lâmpadas por secção foi

de 9 lâmpadas. Como só existem módulos de 2, 4, 6, 8 ou 16 lâmpadas, escolheu-se ter 5 módulos de 2 lâmpadas o que perfaz um total de 10 lâmpadas por secção.

De seguida calculou-se a área da secção transversal do canal através da seguinte expressão:

$$A_{\text{secção transversal}} = (n^{\circ} \text{ lâmpadas/módulo} \times \text{esp}_{\text{lâmp}}) \times (n^{\circ} \text{ módulos} \times \text{esp}_{\text{lâmp}})$$

**Equação 10**

Com a área da secção transversal do canal e a área da secção transversal da manga de quartzo calculou-se a área do canal através da seguinte equação:

$$A_{\text{canal}} = A_{\text{secção transversal}} - [n^{\circ} \text{ de módulos} \times n^{\circ} \text{ lâmpadas/módulo} \times A_{\text{secção transversal da manga}}]$$

**Equação 11**

Uma vez obtida a área do canal, calculou-se a velocidade máxima utilizando a seguinte expressão:

$$v_{\text{máx canal}} = \frac{Q_{\text{ponta}}}{n^{\circ} \text{ canais} \times A_{\text{canal}}} \quad \text{Equação 12}$$

Com a velocidade do canal, calculou-se a altura do canal através da seguinte expressão:

$$h_{\text{canal}} = 1,8 \frac{v^2}{2g} \times (n^{\circ} \text{ secções} + 1) \quad \text{Equação 13}$$

Para este sistema de desinfecção obteve-se uma área da secção transversal do canal igual a 0,056 m<sup>2</sup>, uma área do canal de 0,052 m<sup>2</sup>, uma velocidade máxima do canal de 0,37 m/s e uma altura do canal igual a 50 mm. Todos os cálculos referentes ao dimensionamento deste sistema estão apresentados no anexo C.5.

## 6.7. FILTRO DE BANDA

O filtro de banda usado na desidratação das lamas foi dimensionado de acordo com o Metcalf & Eddy [4].

Utilizando o caudal de lamas diário de 1,68 m<sup>3</sup>/dia multiplicado por um fator de segurança para garantir a desidratação de todas as lamas produzidas, igual a 2, e uma

massa específica para as lamas de 1,02 calculou-se a massa de lamas produzidas numa semana através da seguinte equação:

$$\dot{m}_{\text{lamas}} = Q_{\text{lamas diário}} \times \frac{7 \text{ dias}}{1 \text{ semana}} \times \text{massa específica da lama}$$

**Equação 14**

Considerando que as lamas contêm 3% de sólidos calculou-se a massa de sólidos presentes nas lamas através da equação 15.

$$\dot{m}_{\text{sólidos}} = \dot{m}_{\text{lamas}} \times 3\% \quad \text{Equação 15}$$

Depois, considerando que o filtro de banda irá operar 2 horas por dia e 1 dia por semana calculou-se a massa de sólidos nas lamas produzida numa hora ( $\dot{m}_{\text{sólidos/hora}}$ ). Com a massa de sólidos produzida numa hora e considerando que o filtro tem uma taxa de funcionamento de 275 kg/m.h calculou-se a largura da banda através da equação 16.

$$L_{\text{banda}} = \frac{\dot{m}_{\text{sólidos/hora}}}{\text{taxa de funcionamento}} \quad \text{Equação 16}$$

Para saber o valor do caudal de sólidos no filtrado (F) e o caudal de sólidos no bolo (S) foi necessário realizar os seguintes balanços materiais:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Sólidos na alimentação} = \text{sólidos no bolo} + \text{sólidos no filtrado} \\ Q_{\text{lamas diário}} + Q_{\text{água de lavagem}} = Q_{\text{filtrado}} + Q_{\text{bolo}} \end{array} \right.$$

Para o cálculo do caudal de lavagem considerou-se um caudal de lavagem por largura da banda igual a 90 L/min.m e utilizou-se a seguinte expressão:

$$Q_{\text{água de lavagem}} = 90 \frac{\text{L}}{\text{min.m}} \times L_{\text{banda}} \quad \text{Equação 17}$$

Considerando que a percentagem de sólidos nas lamas desidratadas é de 25% e a sua massa específica é de 1,07 pode-se calcular a quantidade de sólidos no bolo usando a seguinte expressão:

$$\text{sólidos no bolo} = S \frac{L}{\text{dia}} \times 1,07 \times 25\% \quad \text{Equação 18}$$

Considerando ainda que a percentagem de sólidos em suspensão no filtrado é de 0,09% e que a sua massa específica é de 1,01 pode-se calcular a quantidade de sólidos no filtrado através da seguinte equação:

$$\text{sólidos no filtrado} = F \frac{L}{\text{dia}} \times 1,01 \times 0,09\% \quad \text{Equação 19}$$

Tendo todas estas considerações em conta o balanço anterior fica:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Sólidos na alimentação} = S \frac{L}{\text{dia}} \times 1,07 \times 25\% + F \frac{L}{\text{dia}} \times 1,01 \times 0,09\% \\ Q_{\text{lamas diário}} + 90 \frac{L}{\text{min. m}} \times L_{\text{banda}} = F + S \end{array} \right.$$

Conhecidos os valores dos sólidos presentes no bolo e no filtrado calculou-se a percentagem de captura de sólidos através da seguinte equação:

$$\% \text{ Captura de sólidos} = \frac{\text{sólidos na alimentação} - \text{sólidos no filtrado}}{\text{sólidos na alimentação}} \times 100$$

**Equação 20**

No final do dimensionamento obteve-se um valor de 1,3 m para a largura da banda, um caudal de lavagem de 14 m<sup>3</sup>/dia, um caudal de sólidos no filtrado de 34947 L/dia e um caudal sólidos no bolo de 2573 L/dia, e uma percentagem de captura de sólidos de 95,5%. Todos os cálculos referentes ao dimensionamento do filtro de banda estão apresentados no anexo C.6.

## 7. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo o estudo do funcionamento da ETAR das Termas de S. Vicente, Penafiel, de forma a encontrar soluções que o possam otimizar.

As soluções encontradas para otimizar o funcionamento da ETAR em estudo são as seguintes: substituição de grades de limpeza manual por grades de limpeza automática; construção de uma unidade de desarenamento e desengorduramento; construção de um tanque de equalização; substituição do enchimento do leito percolador; alterar o agente/processo de desinfecção; e substituir a desidratação de lamas em leitos de secagem por desidratação em filtros de banda.

As grades atuais devem ser substituídas por grelhas de limpeza automática da Ecoplants, do tipo GSV, mantendo as características das grades atuais.

Relativamente ao tanque de equalização este deve ter um volume de 319 m<sup>3</sup>, o que para uma altura de 2 m apresenta um diâmetro de 14 m, e deve estar munido de um agitador de propulsores com uma potência de 0,96 kW.

O desarenador a aplicar deve ter um volume de 3,4 m<sup>3</sup>, um comprimento de 1,9 m e uma largura de 0,49 m, requerendo um caudal total de ar de 1,1 m<sup>3</sup>/min e o produzindo previsivelmente um volume de areia de 25 L/dia.

O enchimento do leito percolador deve ser substituído por módulos de Dura-Pac em fluxo cruzado. Este enchimento tem proteção contra a radiação ultravioleta e é resistente à corrosão. Por ser em fluxo cruzado a transferência de oxigénio e o tempo de retenção hidráulico são maximizados. Como proteção da parte superior do filtro biológico deve ainda ser usado o Dura-Dek.

No que diz respeito à desinfecção sugere-se a substituição da desinfecção usando hipoclorito de sódio pela desinfecção por radiação ultravioleta. Esta substituição implica a introdução de um filtro rápido, de areia, a montante para retirar os sólidos em suspensão e assim maximizar a eficiência da desinfecção.

Devem ser utilizados dois filtros rápidos de operação semi-contínua com uma profundidade de 1,2 m e um diâmetro de 1 m, com lavagem em contracorrente.

O sistema de desinfecção por ultravioleta deverá ter uma área da secção transversal do canal igual a 0,056 m<sup>2</sup>, uma área do canal de 0,052 m<sup>2</sup>, uma velocidade máxima do canal de 0,37 m/s e uma altura do canal igual a 50 mm. Será ainda constituído por três secções e uma configuração horizontal das lâmpadas. O número de lâmpadas por secção será de 10 e será constituído por 5 módulos de 2 lâmpadas.

Foram analisados dois processos alternativos para a desidratação das lamas, centrifugas e filtros de banda. No final concluiu-se que a desidratação por filtros de banda apresentava mais vantagens para a ETAR em estudo, pelo que se sugere a sua

aplicação. Prevê-se que o filtro de banda a aplicar vá operar duas horas por dia, um dia por semana. Deve ter uma largura de banda de 1,3 m e necessita de um caudal de água de lavagem 14 m<sup>3</sup>/dia.

As sugestões de melhoria apresentadas constituem uma alternativa mais económica do que a ampliação da ETAR, que visa a duplicação da linha de tratamento atual. Acrescenta-se ainda a vantagem de estas sugestões poderem vir a ser implementadas num futuro próximo, prolongando assim um pouco mais a vida útil da ETAR atual.

## **SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Esta dissertação foi baseada em dados fornecidos, no entanto seria interessante num trabalho futuro a decorrer na ETAR em estudo, realizar análises em cada etapa do processo com o intuito de saber a eficiência de cada etapa, por forma a avaliar melhor o seu desempenho.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] Expedição Rios Voadores, “Rios Voadores » Importância da água.” [Online]. Available: <http://riosvoadores.com.br/educacional/importancia-da-agua/>. [Accessed: 10-Feb-2014].
- [2] Fagar, “Importância da Água.” [Online]. Available: [http://www.fagar.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52&Itemid=76](http://www.fagar.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=76). [Accessed: 10-Feb-2014].
- [3] Sala de Estudo de Atualidades do Agrupamento de Escolas de Vale do Alva, “Atualidades: A Importância da Água.” [Online]. Available: <http://salactualidades.blogspot.pt/2010/11/importancia-da-agua.html>. [Accessed: 10-Mar-2014].
- [4] Metcalf & Eddy, *Wastewater Engeneering - Treatment and Reuse*, 4th ed. New York: McGraw Hill, 2003.
- [5] Ministério do Ambiente, “Decreto-Lei nº236/98,” in *Diário da Republica, Série A Nº 176 (1-8-1998)*, 1998.
- [6] “Reuso de Água,” *Ambiente Brasil*. [Online]. Available: [http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos\\_aguas\\_urbanas/reuso\\_de\\_agua.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_aguas_urbanas/reuso_de_agua.html). [Accessed: 12-Feb-2014].
- [7] A. G. Simões, C.; Rosmaninho, I.; Henriques, *Guia para a Avaliação de Impacte Ambiental de Estações de Tratamento de Águas Residuais*. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente, 2008.
- [8] R. Ramalho, *Introduction to Wastewater Treatment Processes*, 2th ed. Elsevier Science, 1983, p. 420.
- [9] “Resíduos sólidos,” *slideshare*. [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/Binadamanca/resduos-slidos-16791214>. [Accessed: 16-Jun-2014].
- [10] M. C. Zelaya, “Desarenadores Convencionales,” *slideshare*, 2012. [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/ingmariocastellon/desaarenadores-convencionales>. [Accessed: 27-Jun-2014].
- [11] A. I. P. Azevedo, I. M. S. Sousa, L. I. G. Magalhães, and S. F. R. Silva, “Lamas :: ETAR & ETARI,” 2010. [Online]. Available: [http://csgquiagua.webnode.pt/etar/gestao\\_e\\_tratamento\\_de\\_lamas/lamas/](http://csgquiagua.webnode.pt/etar/gestao_e_tratamento_de_lamas/lamas/). [Accessed: 08-May-2014].
- [12] R. T. D’Azevedo, “Gestão e valorização de lamas de ETAR,” *Naturlink*. [Online]. Available: <http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Gestao-Ambiental/content/Gestao-e-valorizacao-de-lamas-de-ETAR?viewall=true&print=true>. [Accessed: 08-May-2014].
- [13] European Commission, *Disposal and recycling routes for sewage sludge Part 3 – Scientific and technical report*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2001.

- [14] F. A. G. Pita, “Tratamento de Águas Residuais Domésticas. Apontamentos da disciplina de Armazenamento e Tratamento de Resíduos,” 2002.
- [15] A. Afonso and I. Lança, “Manual de Técnicas de Saneamento e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos,” Oeiras, 2005.
- [16] Field Operations Division, “Operation & Maintenance Guide for Imhoff Tank & Oxidation Pond Wastewater Treatment Plants.” Texas Water Commission, Austin, Texas, 1991.
- [17] L. Morais, “Apontamentos da Disciplina de Processo de Tratamento de Águas,” 2013.
- [18] A. Roninski, “Gestão Ambiental,” *amigonerd.net*, 2008. [Online]. Available: <http://amigonerd.net/humanas/administracao/gestao-ambiental-5>. [Accessed: 18-Mar-2014].
- [19] W. W. Eckenfelder, *Industrial Water Pollution Control*. McGraw-Hill, 2000, p. 584.
- [20] J. C. Marques, “Apontamentos da Disciplina Química dos Materiais,” 2006.
- [21] W. L. McCabe, J. Smith, and P. Harriott, *Unit Operations of Chemical Engineering*. McGraw-Hill Education, 2005, p. 1140.
- [22] Departamento de Engenharia Química e de Engenharia de Alimentos, “Agitação e mistura.” Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- [23] SSWM, “Imhoff Tank.” [Online]. Available: <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/imhoff-tank>. [Accessed: 13-Oct-2014].
- [24] E. V. Soares, “Apontamentos da Disciplina de Biologia e Processos Biológicos,” 2012.
- [25] “Sludge Dewatering,” *SNF FLOERGER*. [Online]. Available: [http://www.snf-group.com/images/pdf/Brochures\\_in\\_English/Sludge Dewatering E.pdf](http://www.snf-group.com/images/pdf/Brochures_in_English/Sludge_Dewatering_E.pdf). [Accessed: 25-Aug-2014].
- [26] Águas do Noroeste - Grupo Águas de Portugal, “Gestão de Lamas importante para valorização agrícola.” [Online]. Available: <http://www.adnoroeste.pt/noticia/gestao-de-lamas-importante-para-valorizacao-agricola>. [Accessed: 09-Oct-2014].
- [27] “ECO Plants Sales.” [Online]. Available: <http://www.ecoplantsales.com/>. [Accessed: 08-Nov-2014].

# ANEXOS

## A. ANÁLISES DO EFLUENTE

Neste anexo apresentam-se os valores de algumas análises realizadas ao efluente de entrada e de saída da ETAR. Esses valores são apresentados na Tabela A.1 com os respetivos valores limite de missão presentes no decreto-lei nº 152/97.

*Tabela A.1 – Valores das análises realizadas ao efluente de entrada e saída da ETAR e respetivos valores limites de emissão*

Parâmetro	Janeiro		Abril		Junho		VLE
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	
Fósforo Total (mg/L P)	5,2	1,5	8,9	1,4	4,5	1,5	2
Azoto Total (mg/L N)	32	13	59	22	133	34	15
pH	7,6	7,7	6,6	7,0	6,8	7,0	6,0 – 9,0
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	140	< 10	240	10	300	< 5	25
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	300	< 20	600	66	600	57	125
SST (mg/L)	140	23	200	23	210	10	35

Com os valores das análises foram ainda calculadas as eficiências de remoção para três dos parâmetros analisados, CBO<sub>5</sub>, CQO e SST, que são apresentadas na Tabela A.2.

*Tabela A.2 - Percentagens de Remoção da ETAR para CBO, CQO e SST*

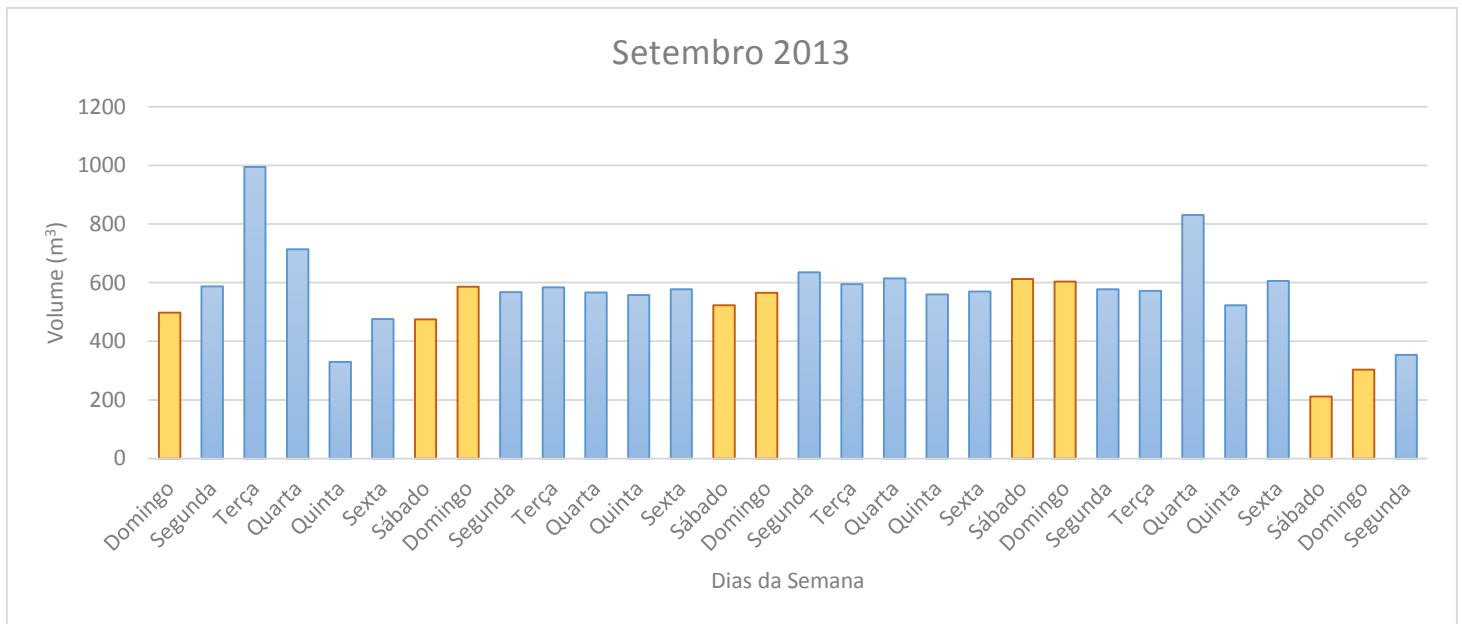
Parâmetro	% Remoção		
	Janeiro	Abril	Junho
<b>CBO<sub>5</sub></b>	93%	96%	98%
<b>CQO</b>	93%	89%	91%
<b>SST</b>	84%	89%	95%



## B. VOLUMES OBTIDOS PARA O TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

Neste anexo estão presentes os valores calculados para o volume do tanque de equalização para cada dia, utilizando o caudal constante (Figura B.1 a Figura B.12) ou o caudal calculado em cada dia (Figura B.13 a Figura B.24). Estes valores estão representados graficamente para cada mês e por dias da semana.

### B.1. CAUDAL CONSTANTE DE 1128,20 m<sup>3</sup>/DIA



**Figura B.1 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m<sup>3</sup>/dia, ao longo do mês de Setembro de 2013**

Outubro 2013

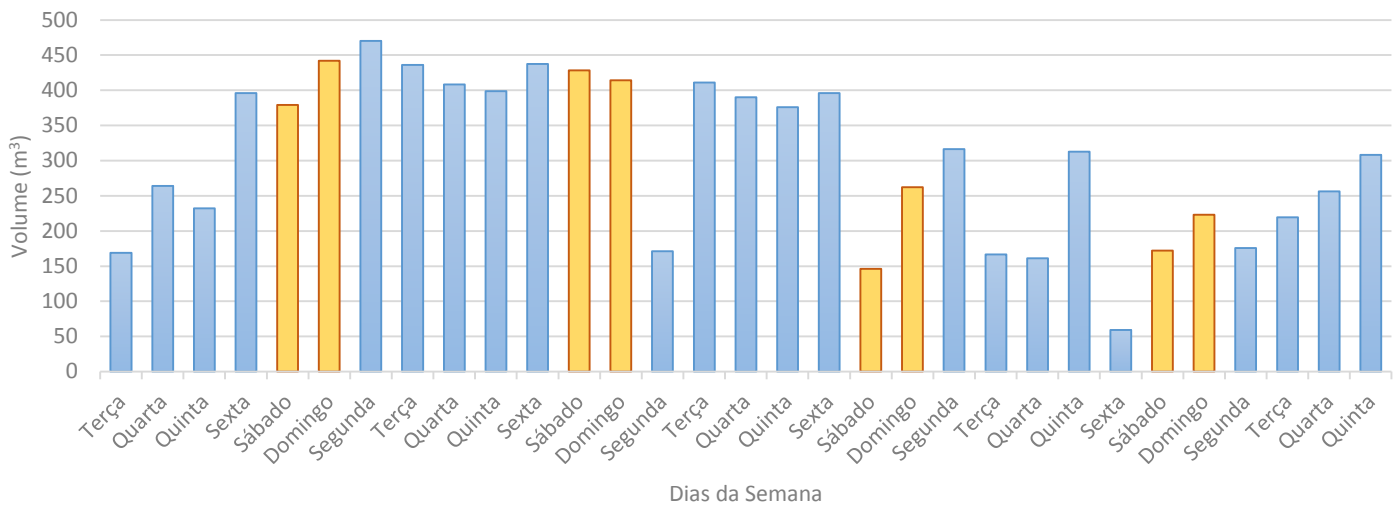


Figura B.2 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Outubro de 2013

Novembro 2013

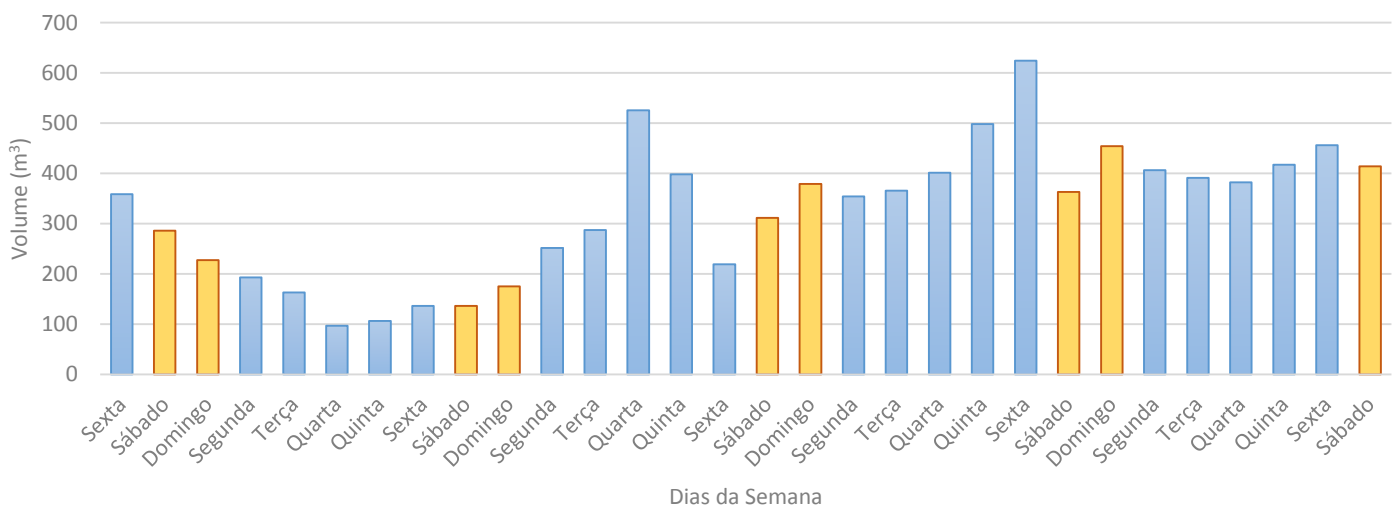


Figura B.3 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Novembro de 2013

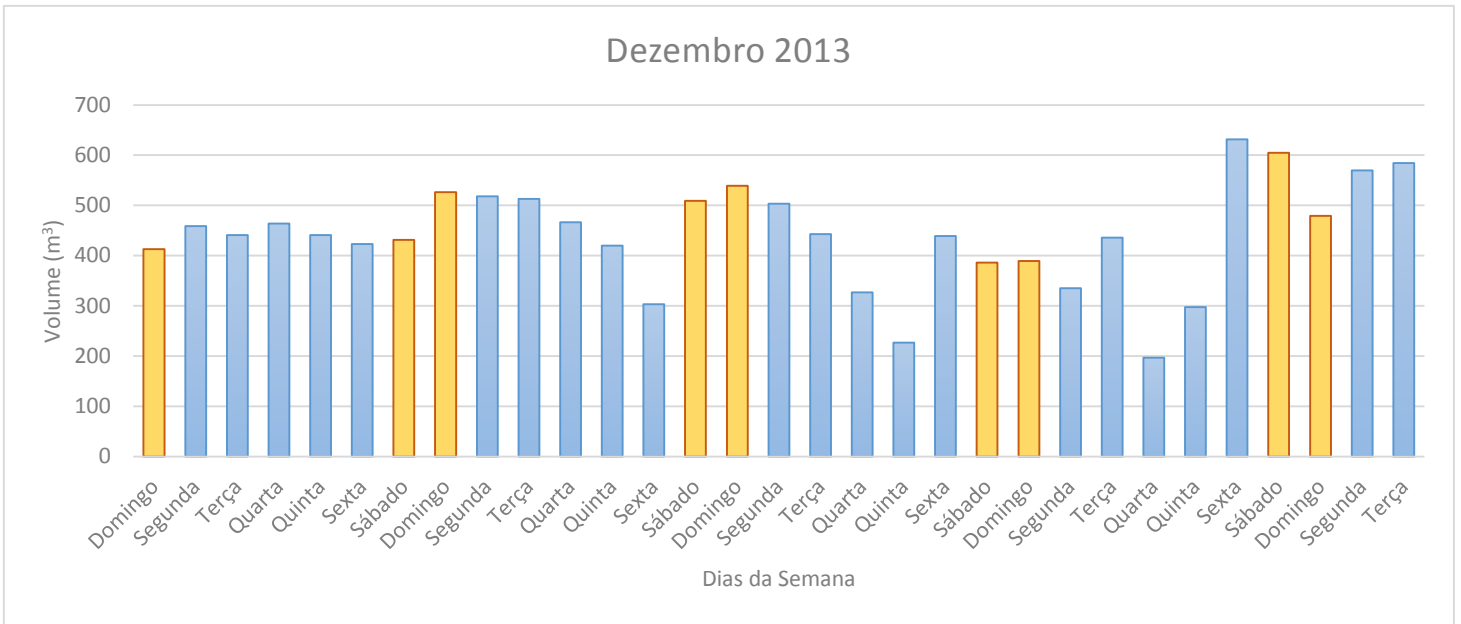


Figura B.4 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Dezembro de 2013

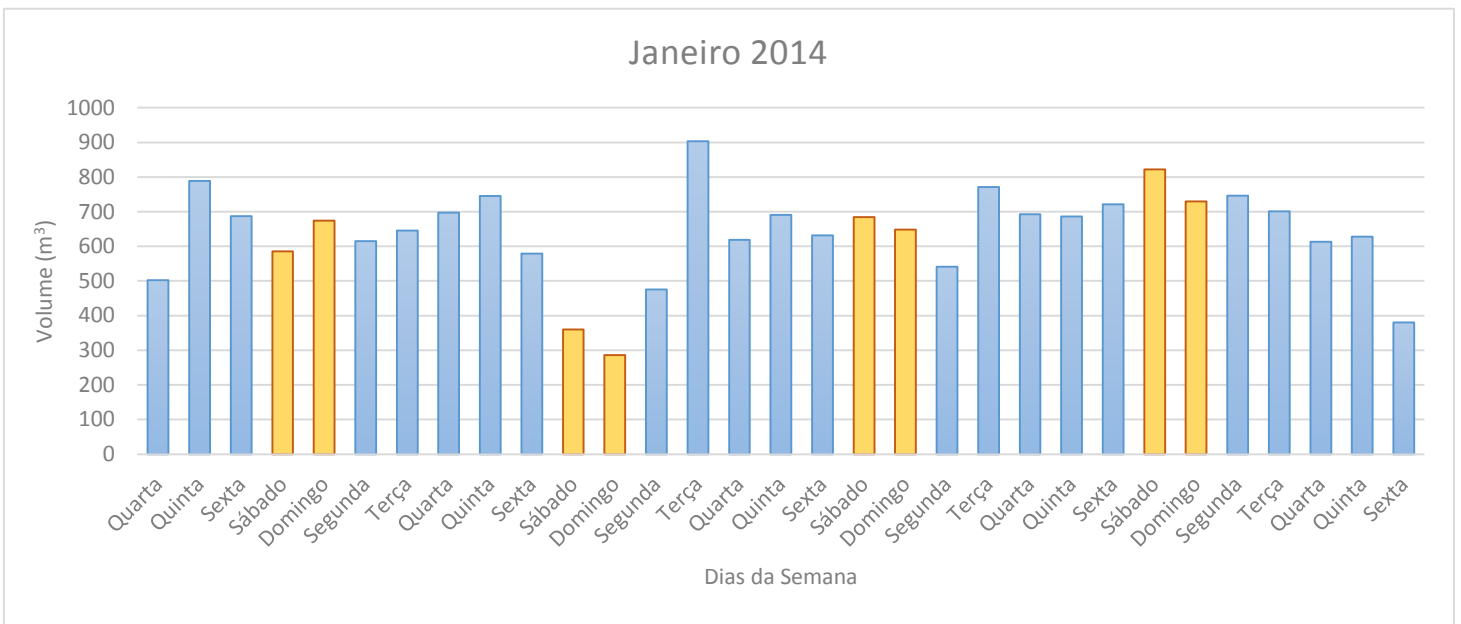
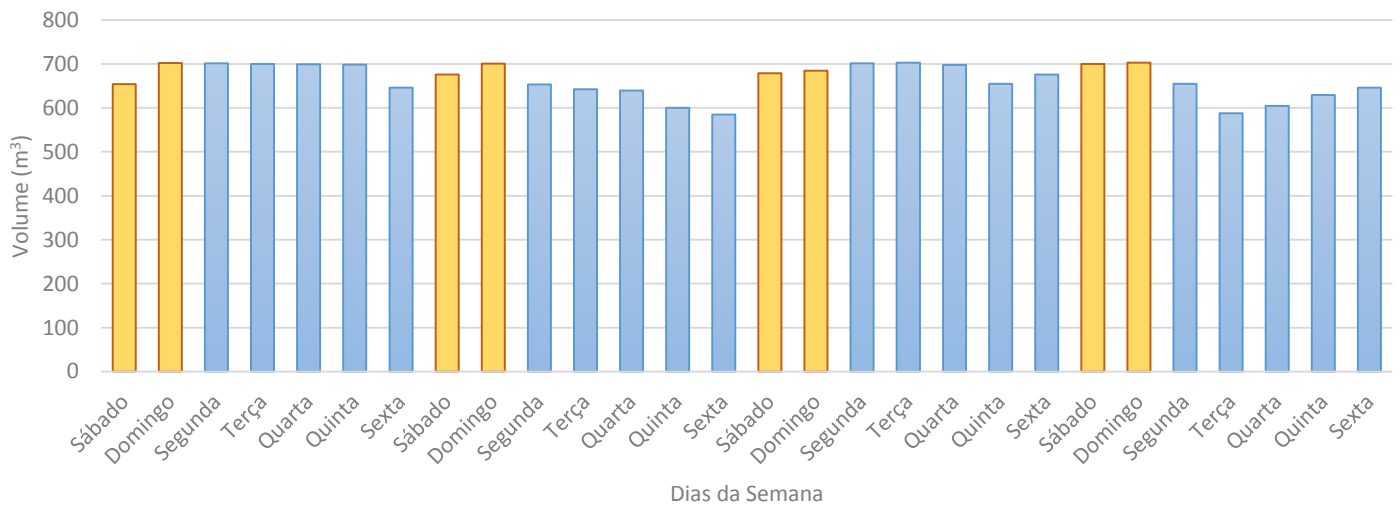


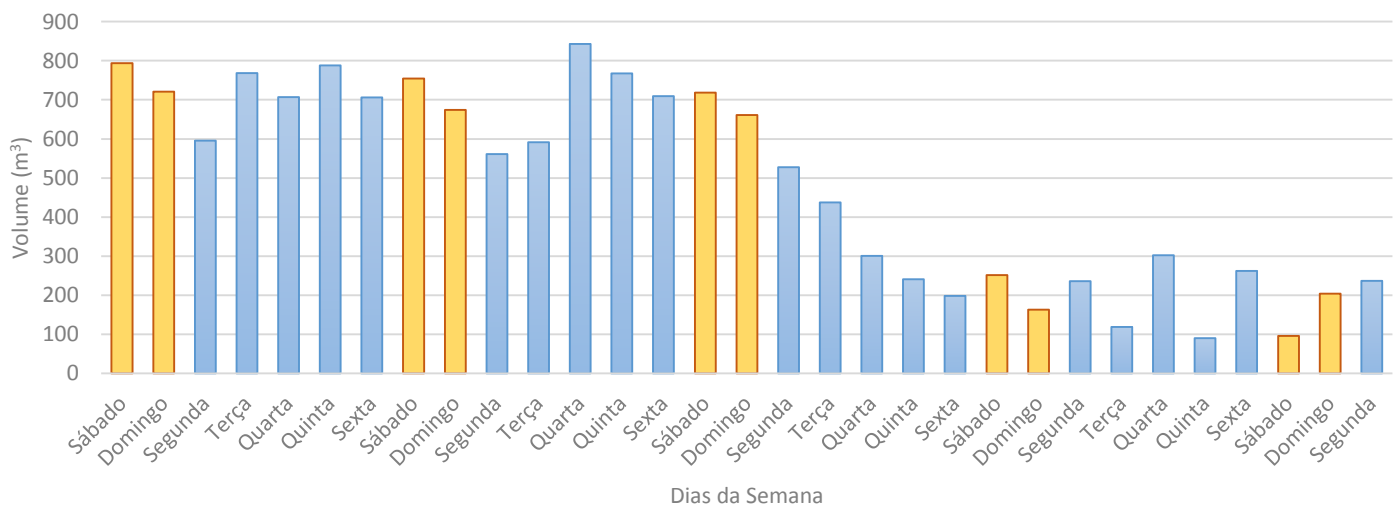
Figura B.5 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Janeiro de 2014

### Fevereiro

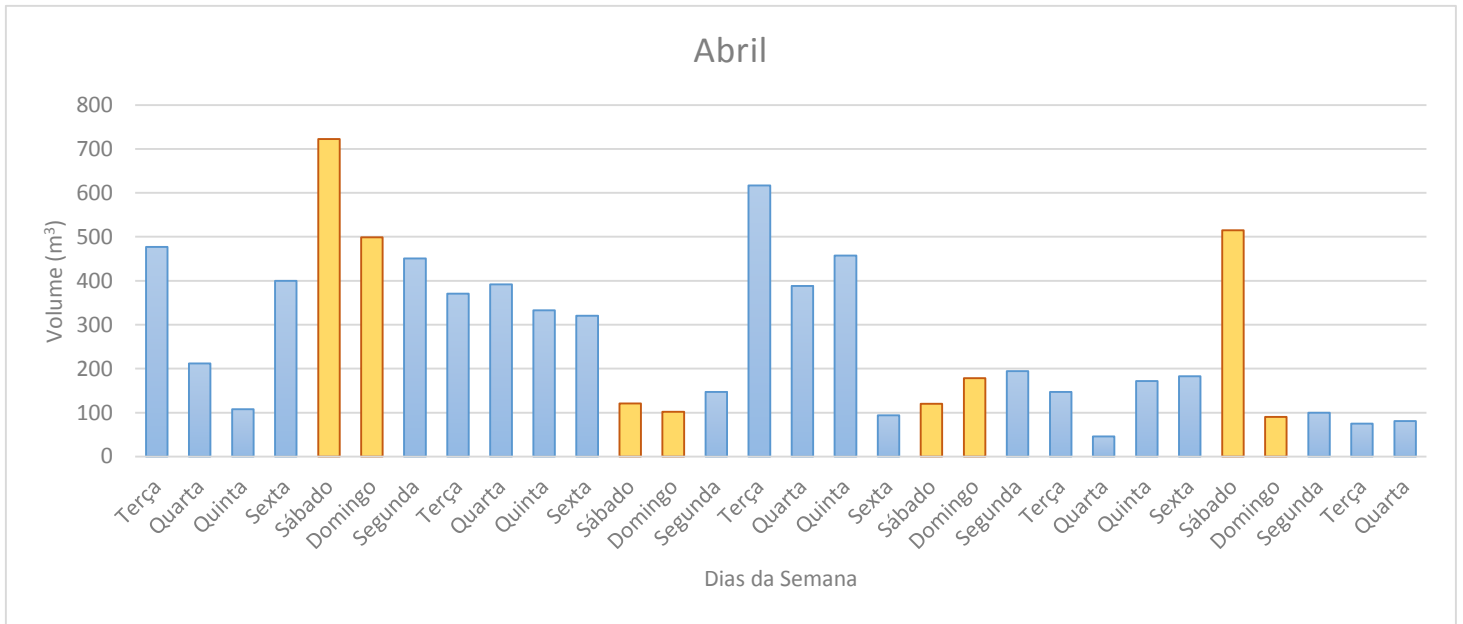


**Figura B.6 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Fevereiro de 2014**

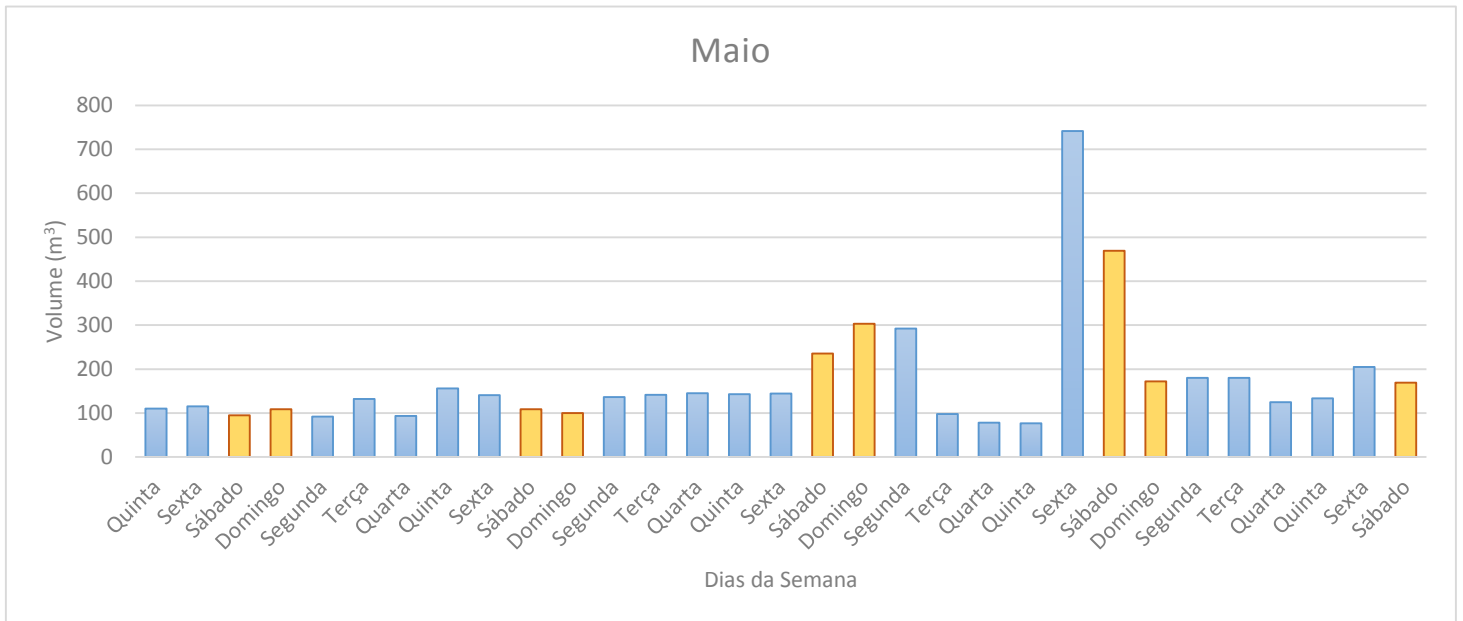
### Março



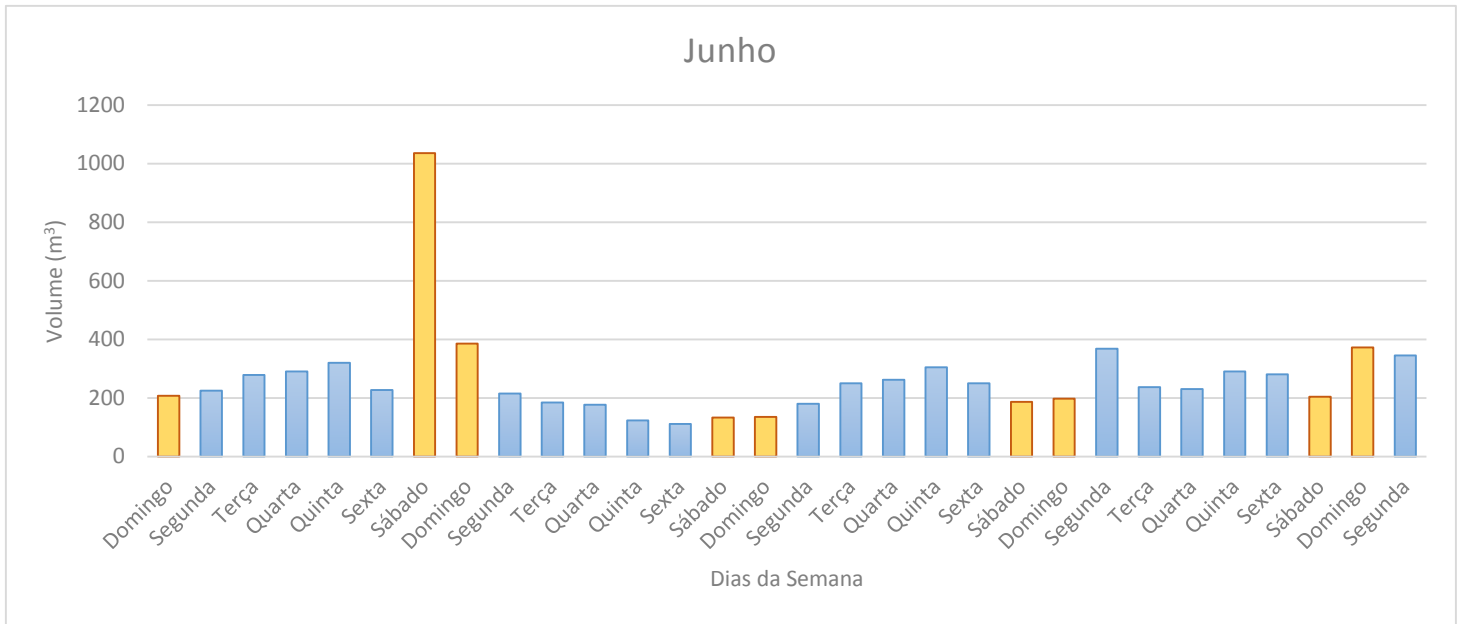
**Figura B.7 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Março de 2014**



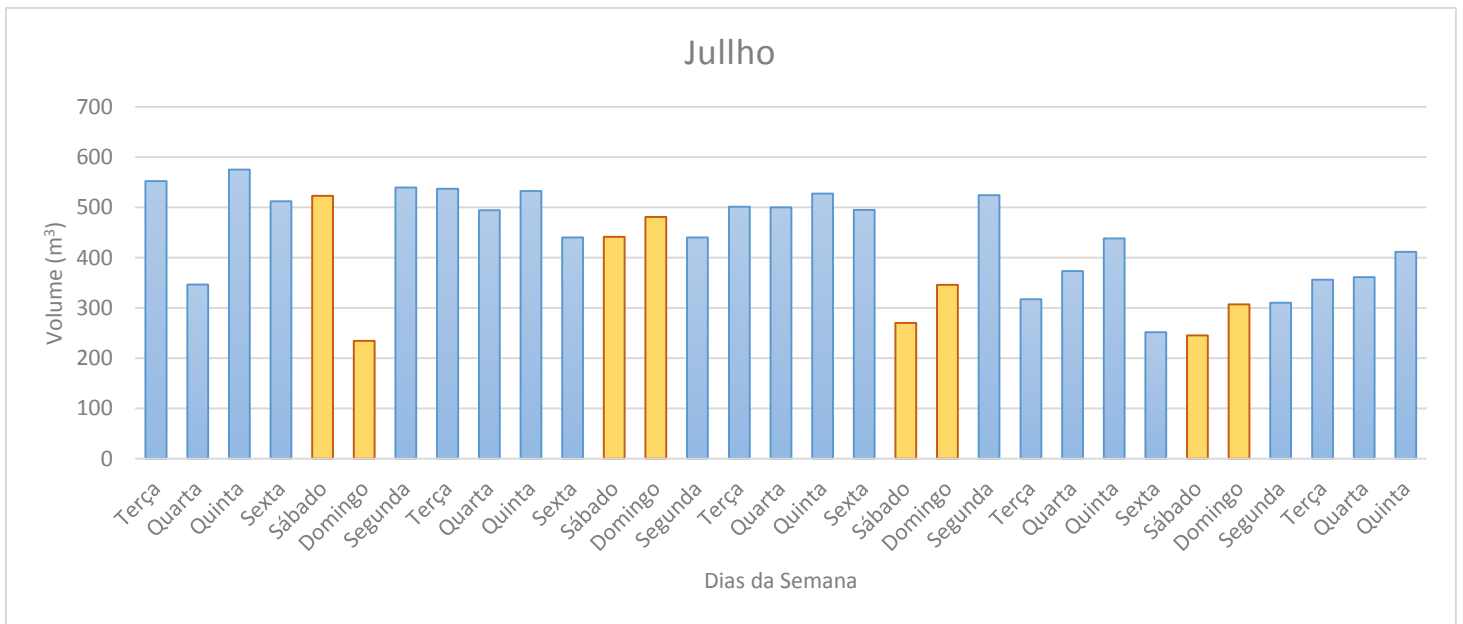
**Figura B.8 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Abril de 2014**



**Figura B.9 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Maio de 2014**



**Figura B.10 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Junho de 2014**



**Figura B.11 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Julho de 2014**

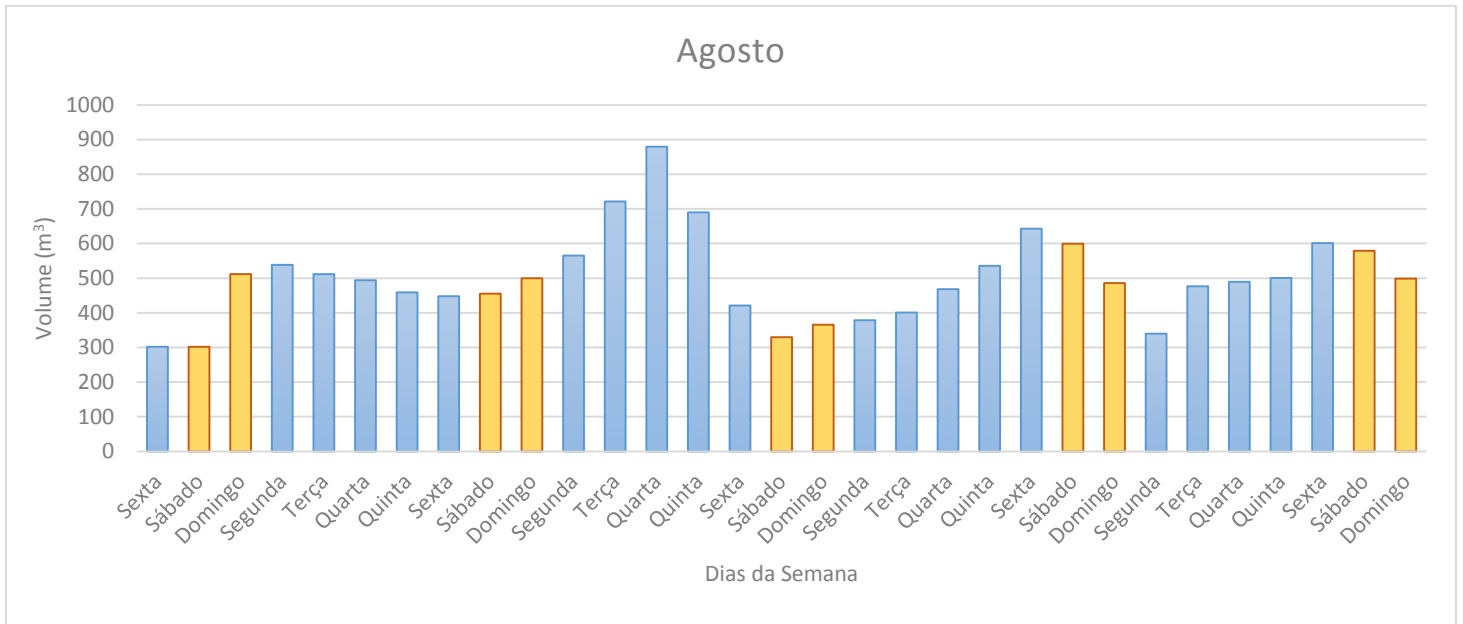


Figura B.12 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando um valor de caudal constante de 1128,20 m³/dia, ao longo do mês de Agosto de 2014

## B.2. CAUDAL CALCULADO EM CADA DIA

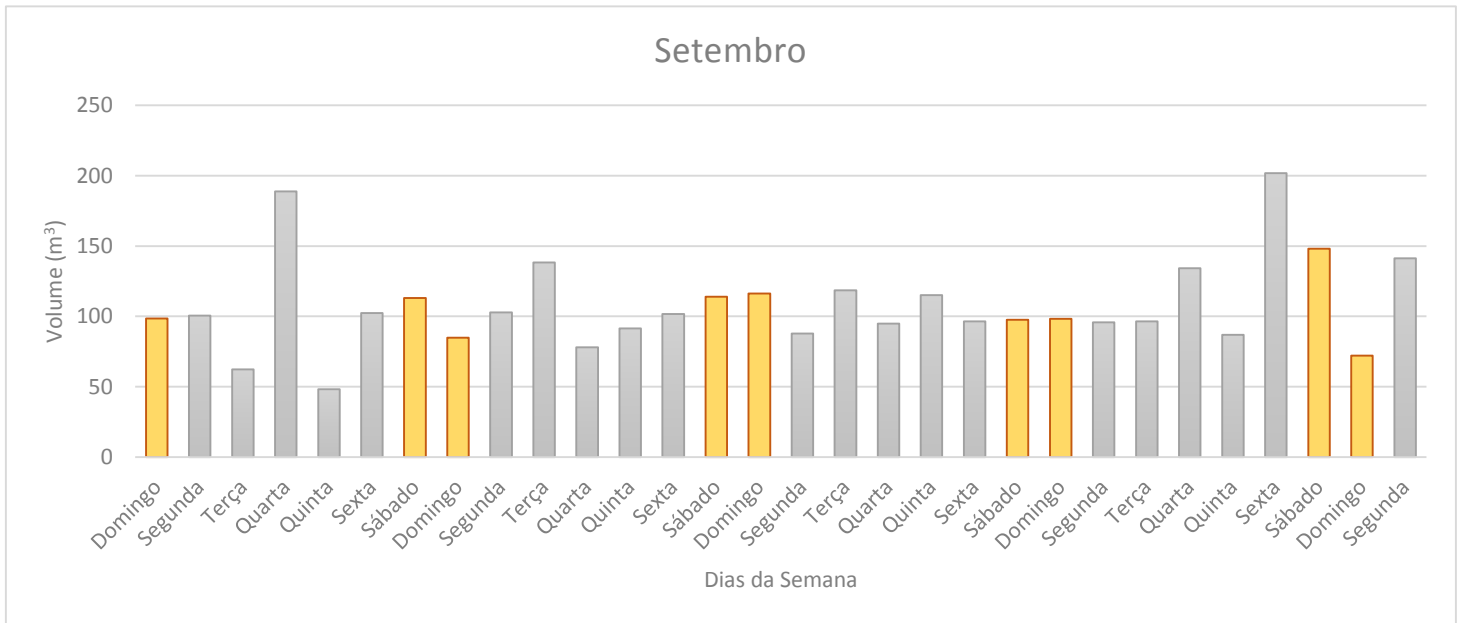


Figura B.13 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Setembro de 2013

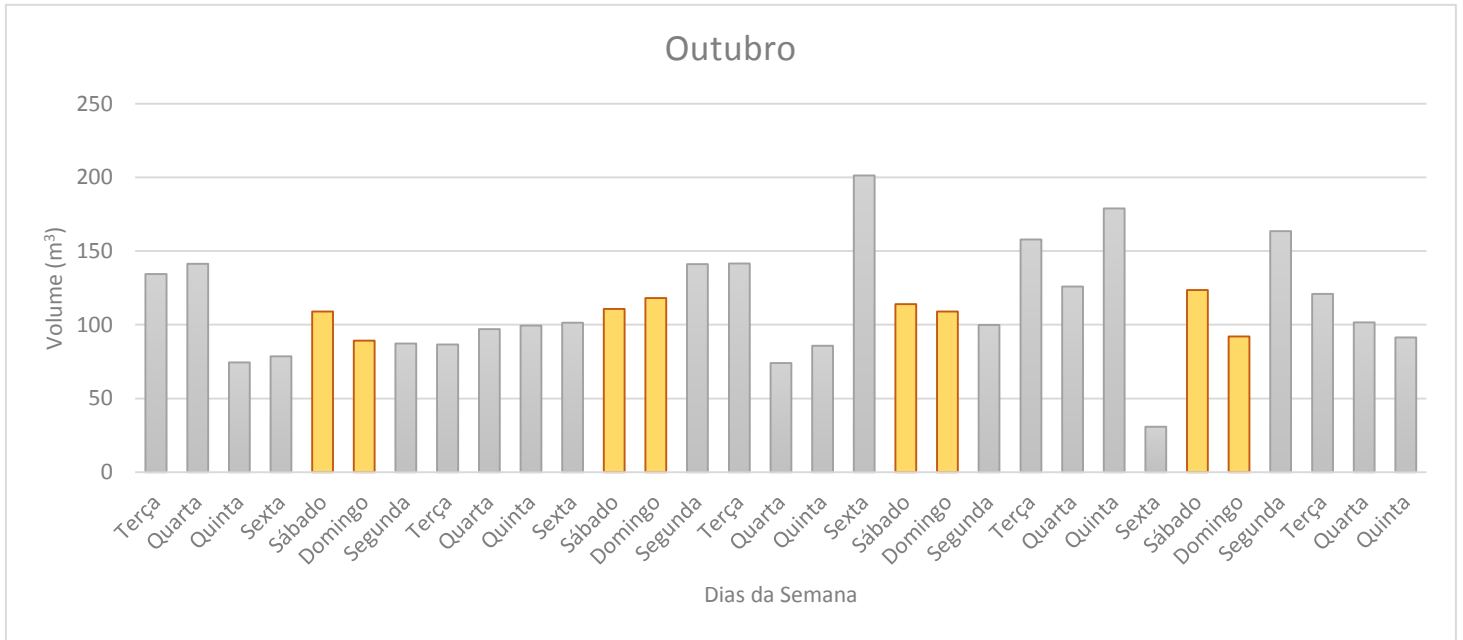


Figura B.14 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Outubro de 2013

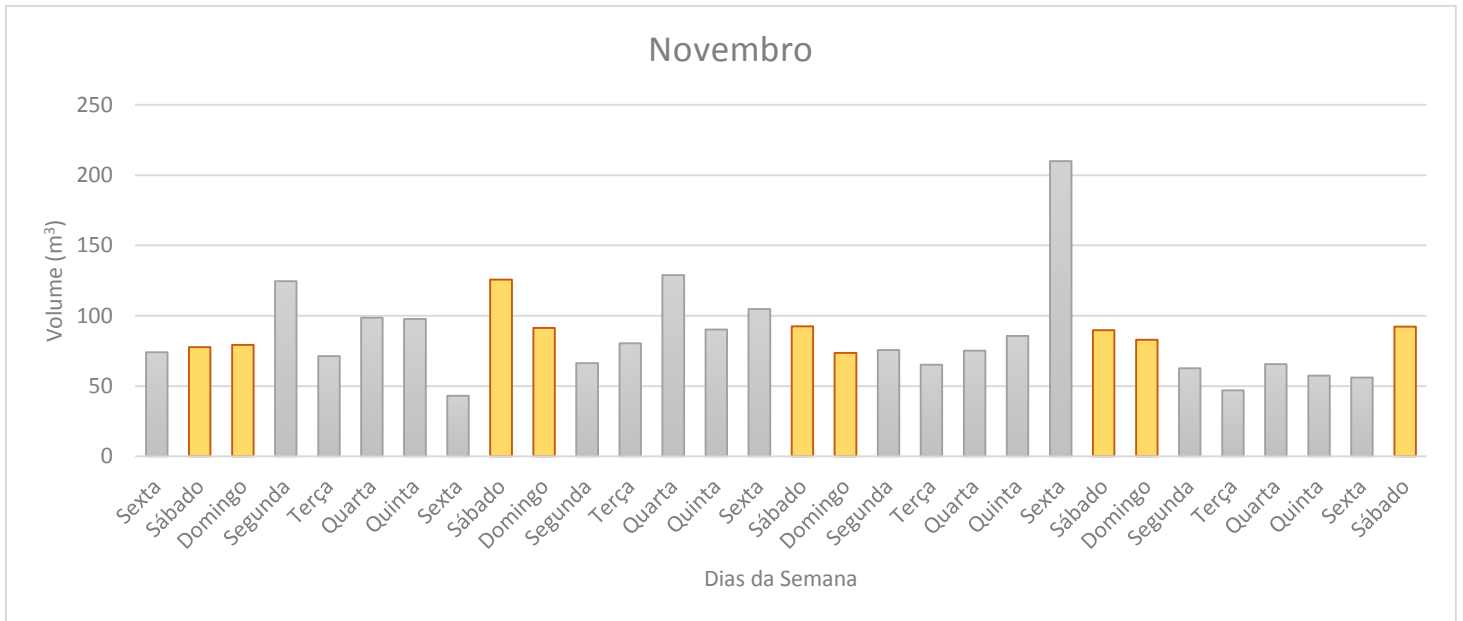


Figura B.15 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Novembro de 2013

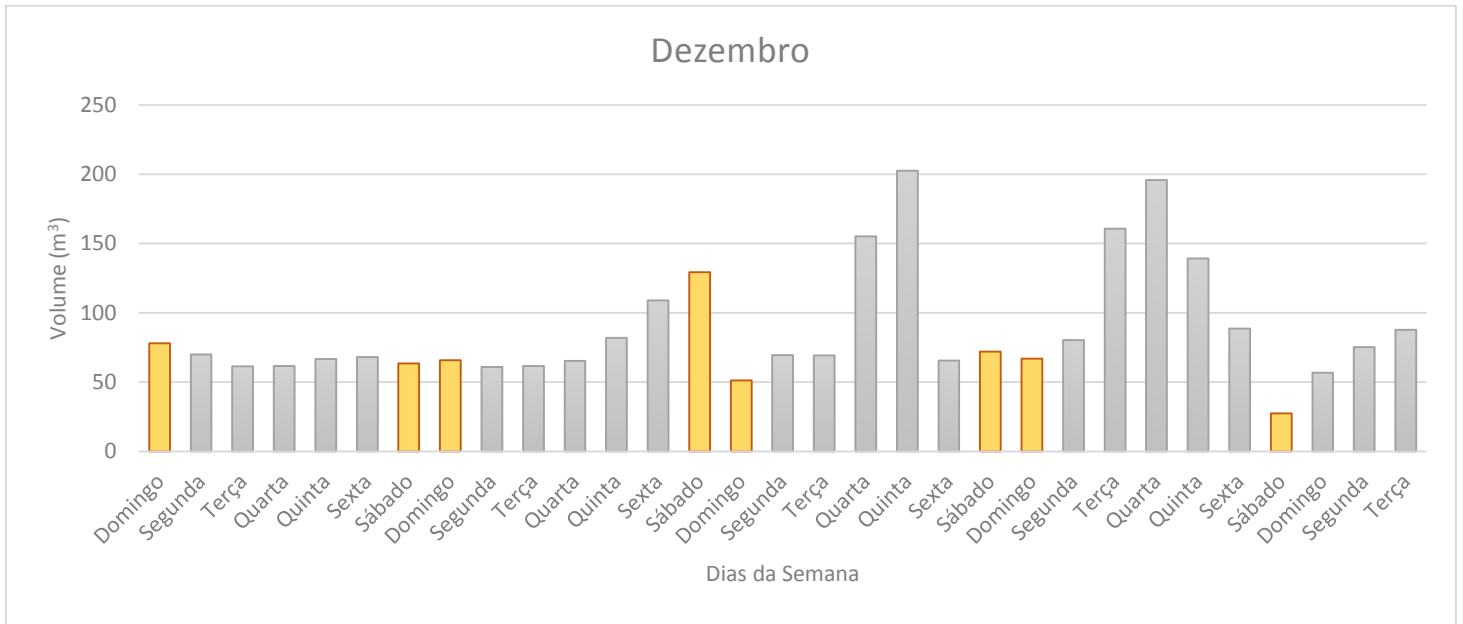


Figura B.16 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Dezembro de 2013

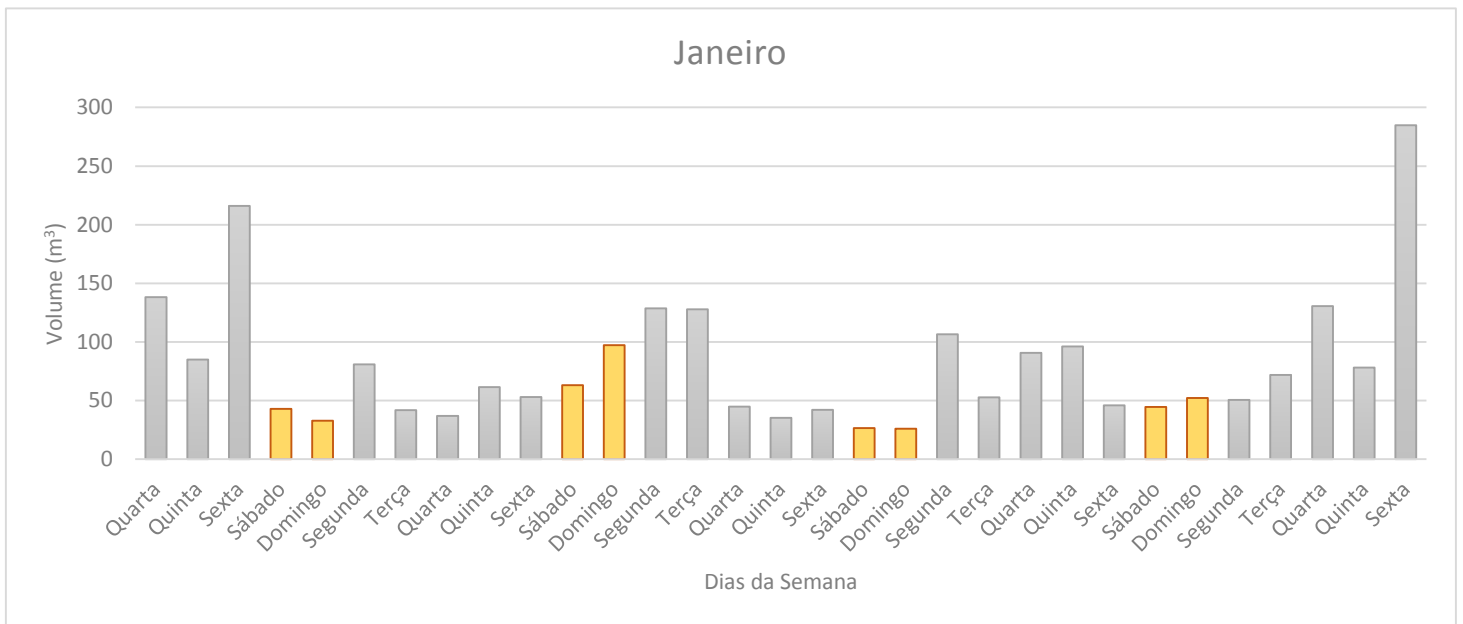


Figura B.17 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Janeiro de 2014

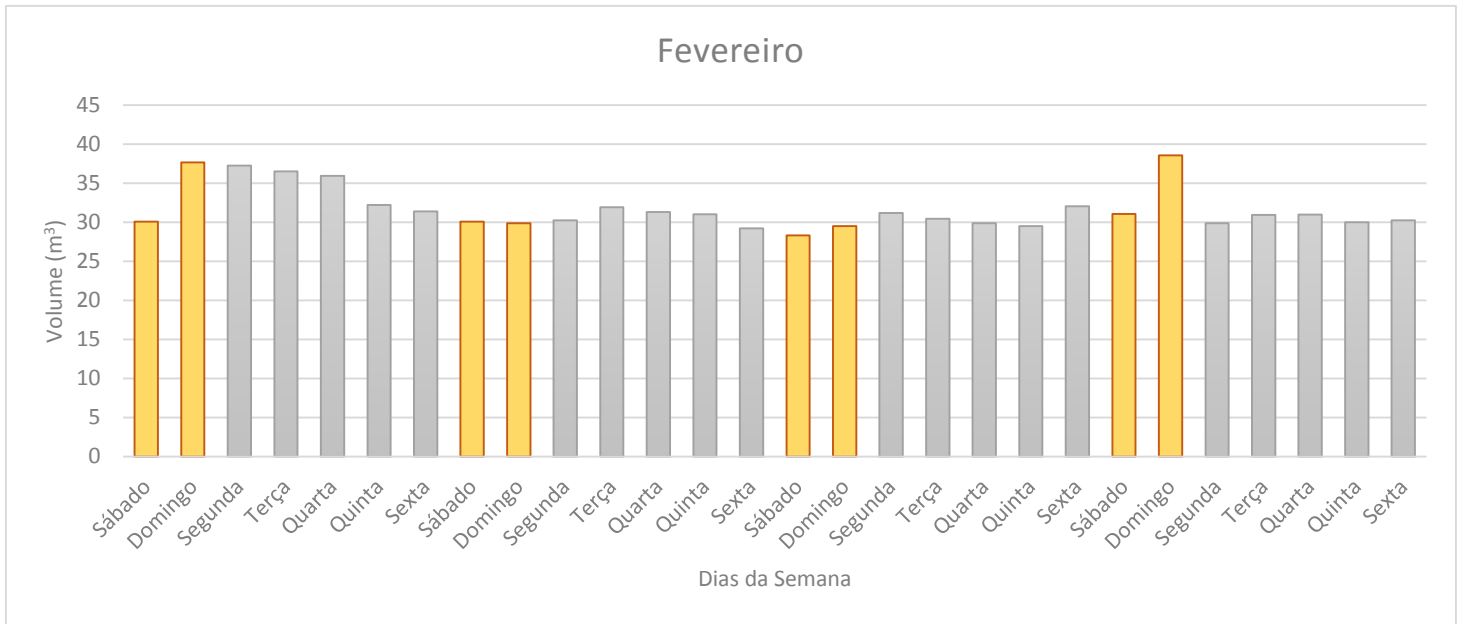


Figura B.18 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Fevereiro de 2014

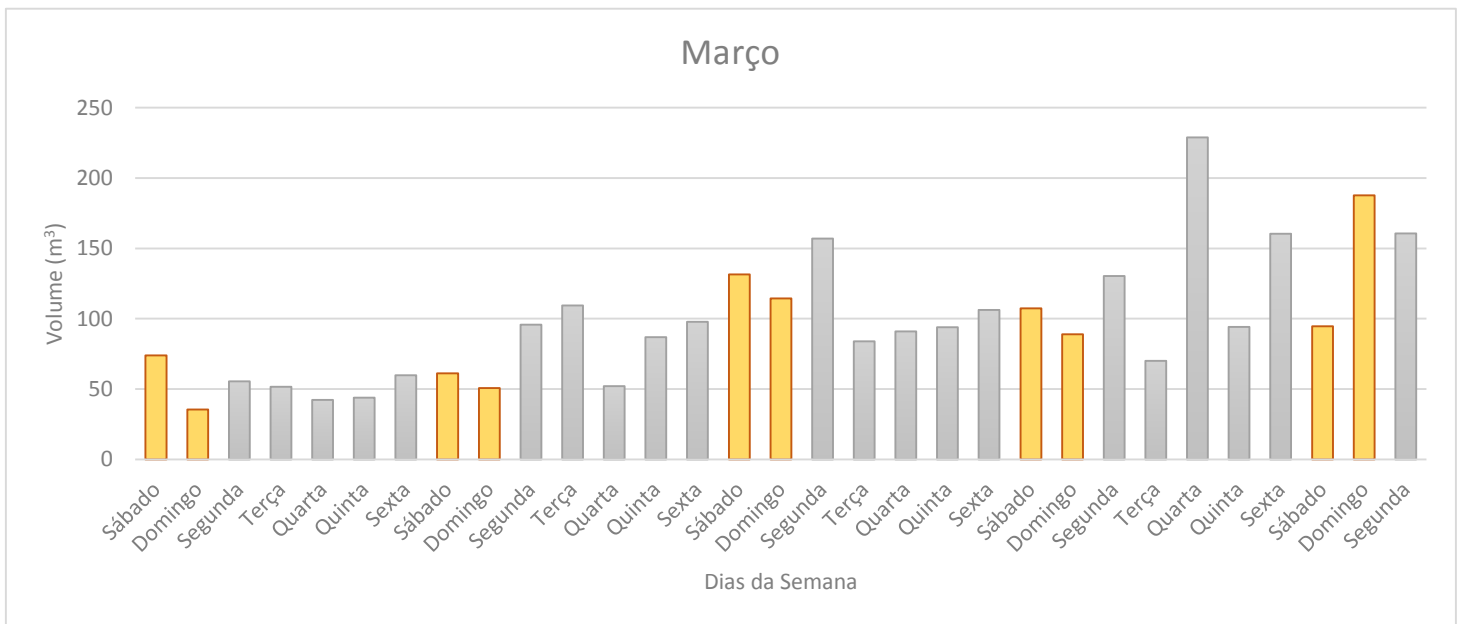
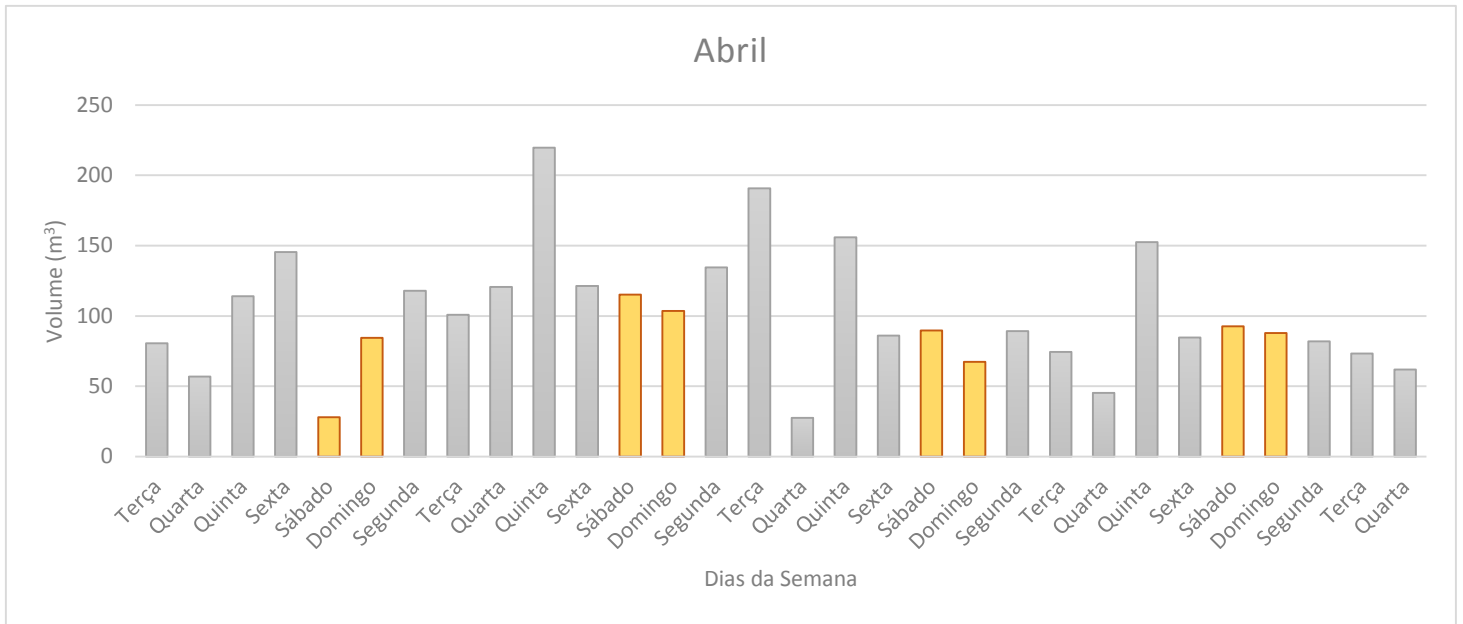
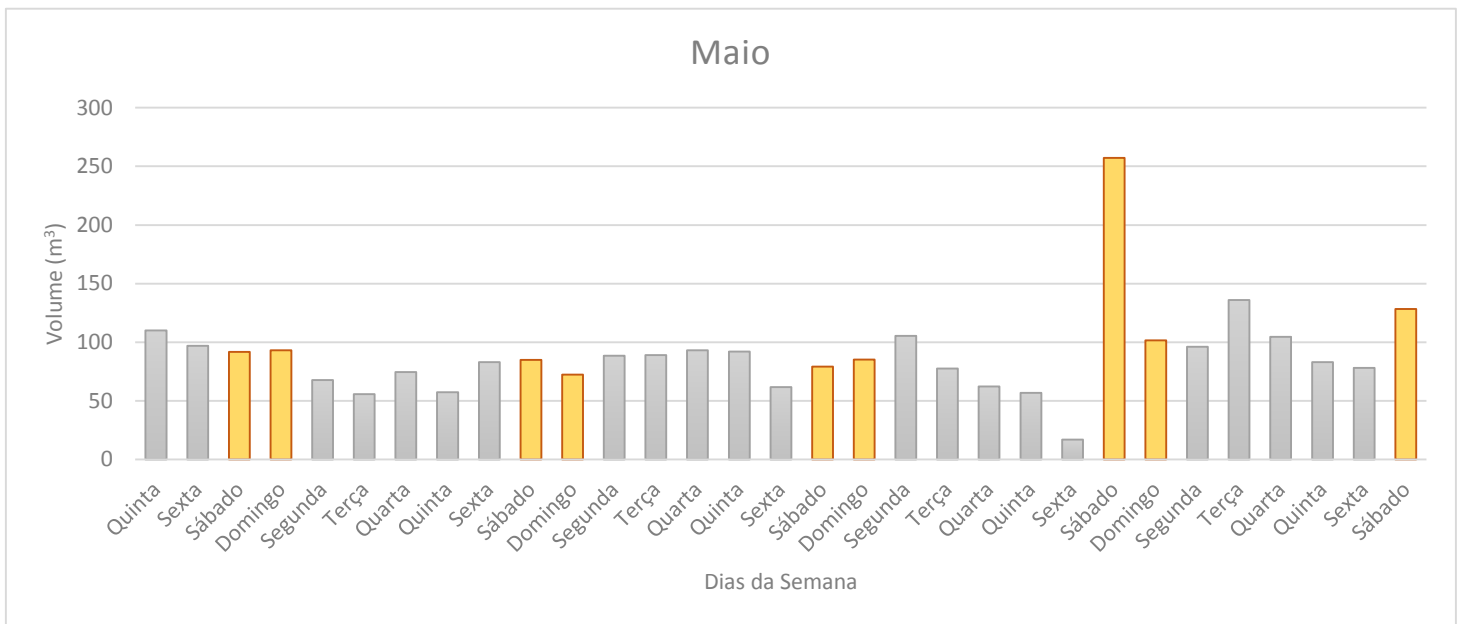


Figura B.19 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Março de 2014



**Figura B.20 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Abril de 2014**



**Figura B.21 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Maio de 2014**

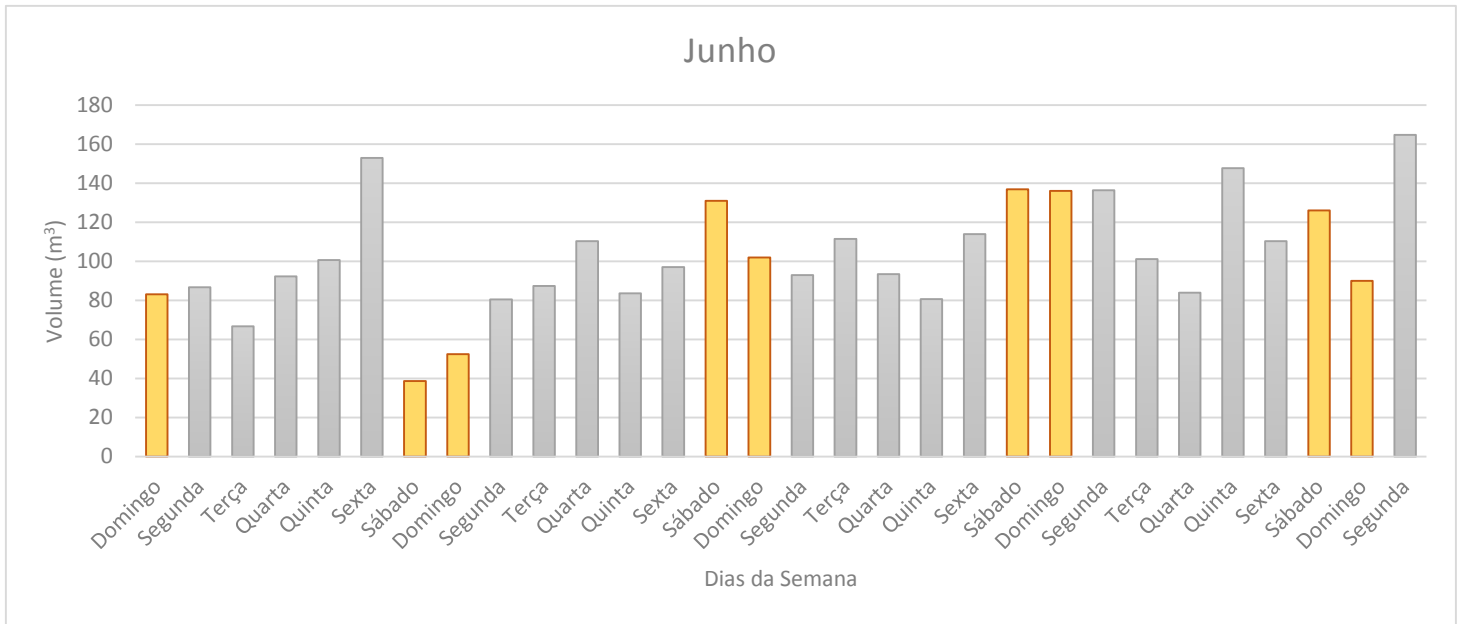


Figura B.22 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Junho de 2014

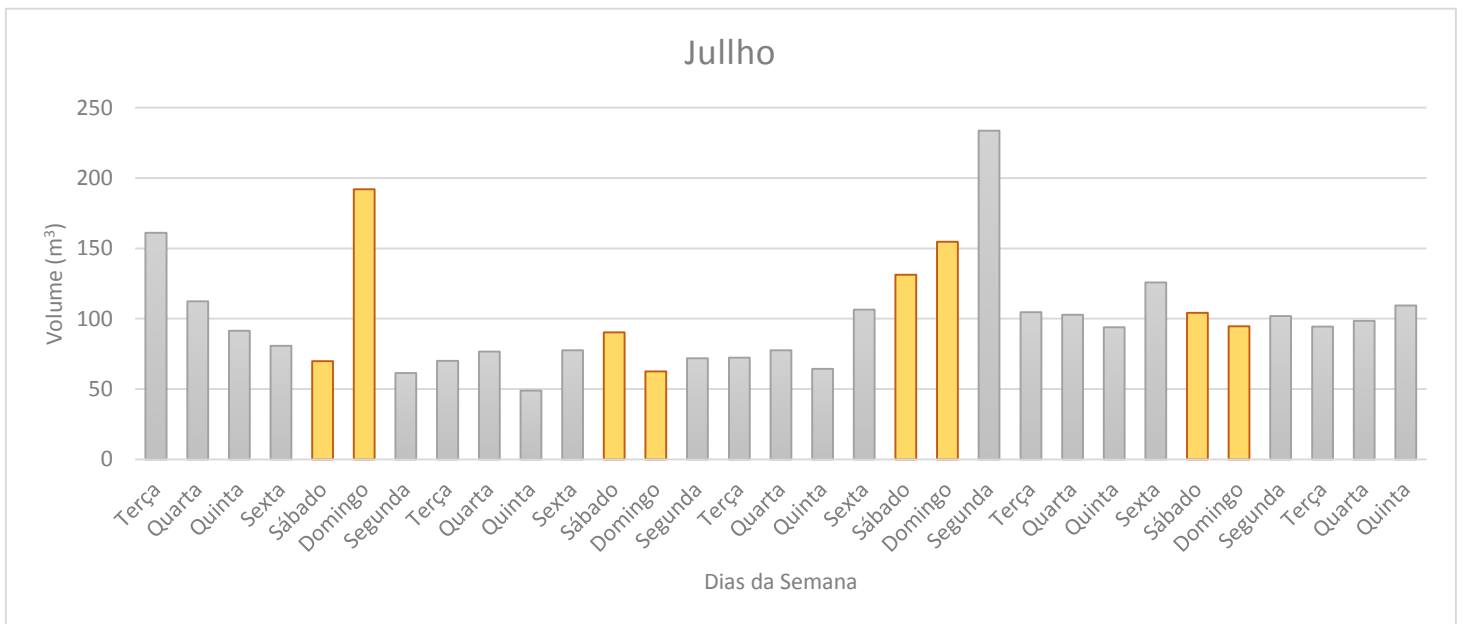
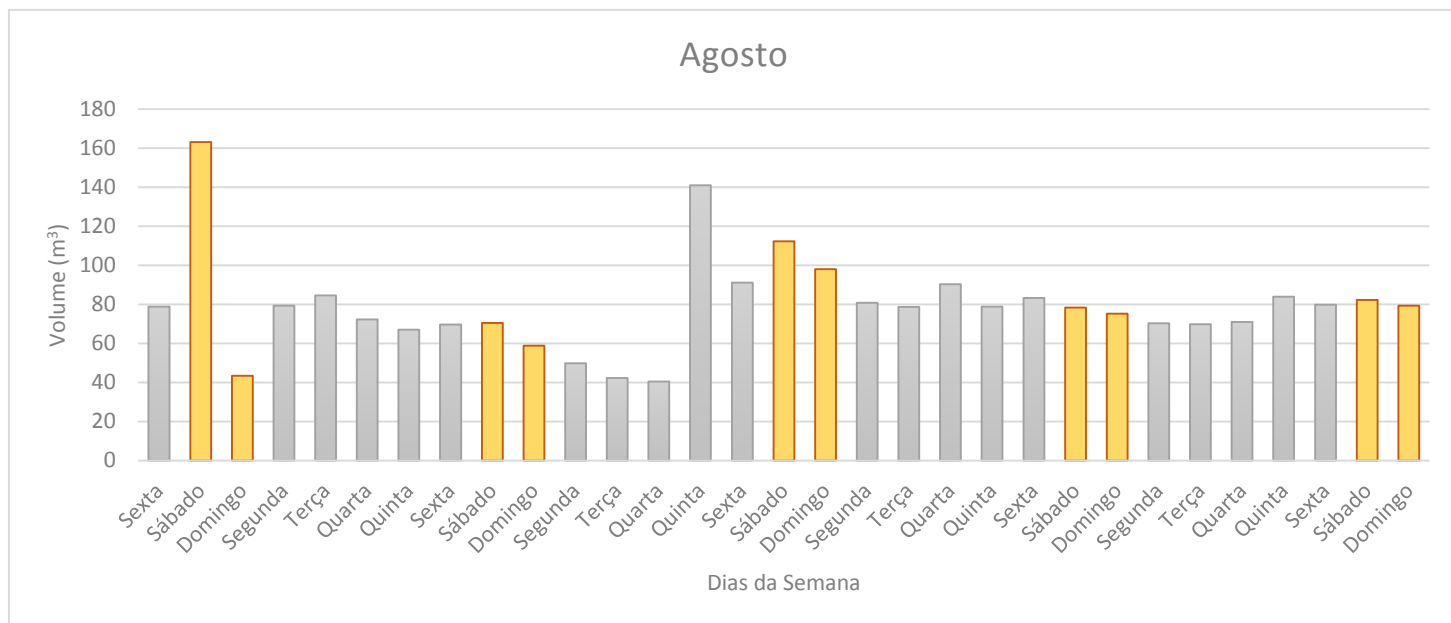


Figura B.23 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Julho de 2014



**Figura B.24 – Valores obtidos para o volume do tanque de equalização em cada dia da semana, utilizando o valor de caudal calculado em cada dia, ao longo do mês de Agosto de 2014**



## C. DIMENSIONAMENTOS

Neste anexo são apresentados os cálculos realizados para o dimensionamento dos equipamentos descritos nas especificações técnicas.

### C.1. TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

Utilizando o volume obtido de 290 m<sup>3</sup>, considerando um fator de segurança de 10% e arbitrando uma altura de 2 m, calculou-se a área do tanque.

$$A_{\text{tanque}} = \frac{V_{\text{tanque}}}{h_{\text{tanque}}} = \frac{290 \text{ m}^3 \times 1,10}{2 \text{ m}} \leftrightarrow A_{\text{tanque}} = 159,5 \text{ m}^2$$

Obtido o valor para a área calculou-se o valor do diâmetro do tanque.

$$D_{\text{tanque}} = \sqrt{\frac{A_{\text{tanque}} \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{159,5 \text{ m}^2 \times 4}{\pi}} \leftrightarrow D_{\text{tanque}} = 14 \text{ m}$$

### C.2. AGITADOR DO TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

Utilizando os valores presentes na bibliografia [19] para a potência de agitação de 0,003 kW/m<sup>3</sup> a 0,004 kW/m<sup>3</sup>, calculou-se o valor de potência necessário para o agitador.

$$P = 0,003 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \times 290 \text{ m}^3 \times 1,10 = 0,96 \text{ kW}$$

### C.3. DESARENADOR

Com um caudal de ponta de 19 L/s e assumindo um tempo de retenção ( $t_r$ ) de 3 min calculou-se o volume do desarenador.

$$V_{\text{desarenador}} = Q_{\text{ponta}} \times t_r = 19 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times 3 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \leftrightarrow V_{\text{desarenador}} = 3,4 \text{ m}^3$$

Com o volume e considerando uma altura útil ( $h_{\text{útil}}$ ) de 3,6 m e uma altura do desarenador ( $h_{\text{desarenador}}$ ) de 4,2 m calculou-se a área do desarenador.

$$A_{desarenador} = \frac{V_{desarenador}}{h_{\text{útil}}} = \frac{3,4 \text{ m}^3}{3,6 \text{ m}} \leftrightarrow A_{desarenador} = 0,94 \text{ m}^2$$

Com o valor da área e assumindo que a razão entre o comprimento e a largura do desarenador é de 4:1, ou seja,  $C_{desarenador} = 4L_{desarenador}$ , calculou-se o comprimento e a largura do desarenador.

$$A_{desarenador} = C_{desarenador} \times L_{desarenador} \leftrightarrow 0,94 = 4L_{desarenador} \times L_{desarenador} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow L_{desarenador} = \sqrt{\frac{0,94}{4}} \leftrightarrow L_{desarenador} = 0,49 \text{ m}$$

$$C_{desarenador} = 4L_{desarenador} = 4 \times 0,49 \leftrightarrow C_{desarenador} = 1,9 \text{ m}$$

A quantidade de ar requerida foi calculada considerando que o caudal de ar necessário por unidade de comprimento é de  $0,3 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{min}$ .

$$Q_{ar \text{ requerido}} = \frac{0,3 \text{ m}^3}{\text{m}\cdot\text{min}} \times C_{desarenador} = \frac{0,3 \text{ m}^3}{\text{m}\cdot\text{min}} \times 1,9 \text{ m} \leftrightarrow Q_{ar \text{ requerido}} = 0,57 \text{ m}^3/\text{min}$$

Tendo ainda em conta um fator de segurança de 2 para o caudal de ar calculou-se o caudal de ar total.

$$Q_{ar \text{ total}} = 2 \times Q_{ar \text{ requerido}} = 2 \times 0,57 = 1,1 \text{ m}^3/\text{min}$$

Para saber a quantidade de areia produzida assumiu-se que o volume de areia produzido para o caudal de ponta é de  $0,015 \text{ m}^3/10^3 \text{ m}^3$ .

$$AreiaProduzida = \frac{0,015 \text{ m}^3}{10^3 \text{ m}^3} \times Q_{ponta} = \frac{0,015 \text{ m}^3}{10^3 \text{ m}^3} \times 19 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow AreiaProduzida = 2,85 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow AreiaProduzida = 25 \text{ L}/\text{dia}$$

#### C.4. FILTRO RÁPIDO

Com o valor do caudal médio de 5 L/s e assumindo uma taxa de aplicação superficial de 200 L/m<sup>2</sup>.min, calculou-se a área do filtro.

$$A_{filtro} = \frac{Q}{Taxa} = \frac{5 \frac{L}{s} \times \frac{60s}{1 \text{ min}}}{200 \frac{L}{m^2 \cdot min}} \leftrightarrow A_{filtro} = 1,5 \text{ m}^2$$

$$D_{filtro} = \sqrt{\frac{A_{filtro} \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{1,5 \text{ m}^2 \times 4}{\pi}} \leftrightarrow D_{filtro} = 1,4 \text{ m}$$

#### C.5. SISTEMA DE DESINFEÇÃO POR UV

Para o dimensionamento deste sistema foram feitas as seguintes considerações: o sistema de desinfeção tem uma configuração horizontal das lâmpadas, é constituído por 3 secções, tem um coeficiente de perda de carga de 1,8, o diâmetro da lâmpada é de 23 mm, a área da secção transversal da manga de quartzo é de 4,15x10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>, as lâmpadas estão espaçadas (esp<sub>amp</sub>) entre si 75 mm e o caudal que cada lâmpada trata é de 43 L/min.lamp [4] .

Para um caudal de ponta de 19 L/s e um caudal que cada lâmpada trata de 43 L/min.lamp calculou-se o número de lâmpadas.

$$n^{\circ} \text{ lâmpadas} = \frac{Q_{ponta}}{Q_{tratado \text{ por lâmpada}}} = \frac{19 \frac{L}{s} \times \frac{60 s}{1 \text{ min}}}{43 \frac{L}{min} \cdot lamp} \leftrightarrow n^{\circ} \text{ lâmpadas} = 27 \text{ lâmpadas}$$

Como foi considerado que o sistema era constituído por 3 secções calculou-se o número de lâmpadas por secção.

$$n^{\circ} \text{ lâmpadas/secção} = \frac{27 \text{ lâmpadas}}{3 \text{ secções}} \leftrightarrow n^{\circ} \frac{\text{lâmpadas}}{\text{secção}} = 9 \text{ lâmpadas}$$

Como só existem módulos de 2, 4, 6, 8 ou 16 lâmpadas, escolheu-se ter 5 módulos de 2 lâmpadas o que perfaz um total de 10 lâmpadas por secção.

De seguida calculou-se a área da secção transversal do canal tendo em conta um espaçamento entre lâmpadas ( $t_{lamp}$ ) de 75 mm.

$$A_{secção transversal} = (n^{o}lampadas/módulo \times esp_{lamp}) \times (n^{o} módulos \times esp_{lamp}) \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow A_{secção transversal} = (2 \times 0,075) \times (5 \times 0,075) = 0,056 m^2$$

Com a área da secção transversal do canal e a área da secção transversal da manga de quartzo igual a  $4,15 \times 10^{-4} m^2$  calculou-se a área do canal.

$$A_{canal} = A_{secção transversal} - \left[ \left( n^{o} de módulos \times \frac{n^{o}lampadas}{módulo} \right) \times A_{secção transversal da manga} \right]$$

$$\leftrightarrow A_{canal} = 0,056 - [(5 \times 2) \times 4,15 \times 10^{-4}] \leftrightarrow A_{canal} = 0,052 m^2$$

Uma vez obtida a área do canal, calculou-se a velocidade máxima.

$$v_{máx canal} = \frac{Q_{ponta}}{n^{o} canais \times A_{canal}} = \frac{19 L/s \times \frac{1 m^3}{1000 L}}{1 \times 0,052 m^2} \leftrightarrow v_{máx canal} = 0,37 m/s$$

Com a velocidade do canal, calculou-se a altura do canal.

$$h_{canal} = 1,8 \frac{v^2}{2g} \times (n^{o}secções + 1) = 1,8 \times \frac{(0,37 m/s)^2}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} \times (3 + 1) \leftrightarrow h_{canal} = 0,05 m \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow h_{canal} = 50 mm$$

## C.6. FILTRO DE BANDA

Com um caudal de lamas diário de  $1,68 m^3/dia$  multiplicado por um fator de segurança igual a 2, e uma massa específica para as lamas de 1,02 calculou-se a massa de lamas produzidas numa semana.

$$\dot{m}_{lamas} = Q_{lamas \text{ diário}} \times \frac{7 \text{ dias}}{1 \text{ semana}} \times \text{massa específica da lama} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \dot{m}_{lamas} = 1,68 \frac{m^3}{dia} \times 2 \times \frac{7 \text{ dias}}{1 \text{ semana}} \times \frac{10^3 g}{1 L} \times \frac{1 kg}{10^3 g} \times 1,02 \times \frac{10^3 L}{1 m^3} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \dot{m}_{lamas} = 23990 \text{ kg/semana}$$

Considerando que as lamas contêm 3% de sólidos calculou-se a massa de sólidos presentes nas lamas.

$$\dot{m}_{sólidos} = \dot{m}_{lamas} \times 3\% = 23990 \times 3\% \leftrightarrow \dot{m}_{sólidos} = 720 \text{ kg/semana}$$

Considerando que o filtro de banda ia operar 2 horas por dia e 1 dia por semana calculou-se a massa de sólidos nas lamas produzida por dia e por hora.

$$\dot{m}_{sólidos/dia} = \dot{m}_{sólidos} \times \frac{1 \text{ semana}}{1 \text{ dia}} \times = 720 \frac{kg}{semana} \times \frac{1 \text{ semana}}{1 \text{ dia}} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \dot{m}_{sólidos/dia} = 720 \frac{kg}{dia}$$

$$\dot{m}_{sólidos/hora} = \dot{m}_{sólidos/dia} \times \frac{1 \text{ dia}}{2 \text{ h}} = 720 \frac{kg}{dia} \times \frac{1 \text{ dia}}{2 \text{ h}} \leftrightarrow \dot{m}_{sólidos/hora} = 360 \frac{kg}{h}$$

Com a massa de sólidos produzida numa hora e considerando que o filtro tem uma taxa de funcionamento de 275 kg/m.h calculou-se a largura da banda.

$$L_{banda} = \frac{\dot{m}_{sólidos/hora}}{\text{taxa de funcionamento}} = \frac{360 \frac{kg}{h}}{275 \frac{kg}{m.h}} \leftrightarrow L_{banda} = 1,3 \text{ m}$$

Para saber o valor do caudal de sólidos no filtrado (F) e o caudal de sólidos no bolo (S) foi necessário realizar os seguintes balanços:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Sólidos na alimentação} = \text{sólidos no bolo} + \text{sólidos no filtrado} \\ Q_{lamas \text{ diário}} + Q_{\text{água de lavagem}} = Q_{\text{filtrado}} + Q_{\text{bolo}} \end{array} \right.$$

Para o cálculo do caudal de lavagem considerou-se um caudal de lavagem por largura da banda igual a 90 L/min.m.

$$Q_{\text{água de lavagem}} = 90 \frac{L}{\text{min.m}} \times L_{\text{banda}} = 90 \frac{L}{\text{min.m}} \times 1,3 \text{ m} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{2 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow Q_{\text{água de lavagem}} = 14 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Usando o valor obtido para o caudal de água de lavagem do filtro e considerando que a percentagem de sólidos nas lamas desidratadas é de 25% e a sua massa específica é de 1,07, e que a percentagem de sólidos em suspensão no filtrado é de 0,09% e que a sua massa específica é de 1,01, calculou-se o valor de F e S através do balanço anterior.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Sólidos na alimentação} = \text{sólidos no bolo} + \text{sólidos no filtrado} \\ Q_{\text{lamas diário}} + Q_{\text{água de lavagem}} = Q_{\text{filtrado}} + Q_{\text{bolo}} \end{array} \right. \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} 720 \text{ kg/dia} = S \frac{L}{\text{dia}} \times 1,07 \times 25\% + F \frac{L}{\text{dia}} \times 1,01 \times 0,09\% \\ \left[ 1,68 \text{ m}^3/\text{dia} \times 2 \times \left(\frac{7}{1}\right) + 14 \text{ m}^3/\text{dia} \right] \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = F + S \end{array} \right. \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} S = 2573 \text{ L/dia} \\ F = 34947 \text{ L/dia} \end{array} \right. \leftrightarrow$$

Conhecidos os valores dos sólidos presentes no bolo e no filtrado calculou-se a percentagem de captura de sólidos através da seguinte equação:

$$\% \text{ Captura de sólidos} = \frac{\text{sólidos na alimentação} - \text{sólidos no filtrado}}{\text{sólidos na alimentação}} \times 100 =$$

$$= \frac{720 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} - 34947 \frac{\text{L}}{\text{dia}} \times 1,01 \times 0,09\% \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}}}{720 \text{ kg/dia}} \times 100 \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \% \text{ Captura de sólidos} = 95,5\%$$

## D. FICHAS TÉCNICAS

Neste anexo estão presentes as fichas técnicas referentes ao Dura-Pac e ao Dura-Dek.

### D.1. DURA-PAC

#### TRICKLING FILTER MEDIA



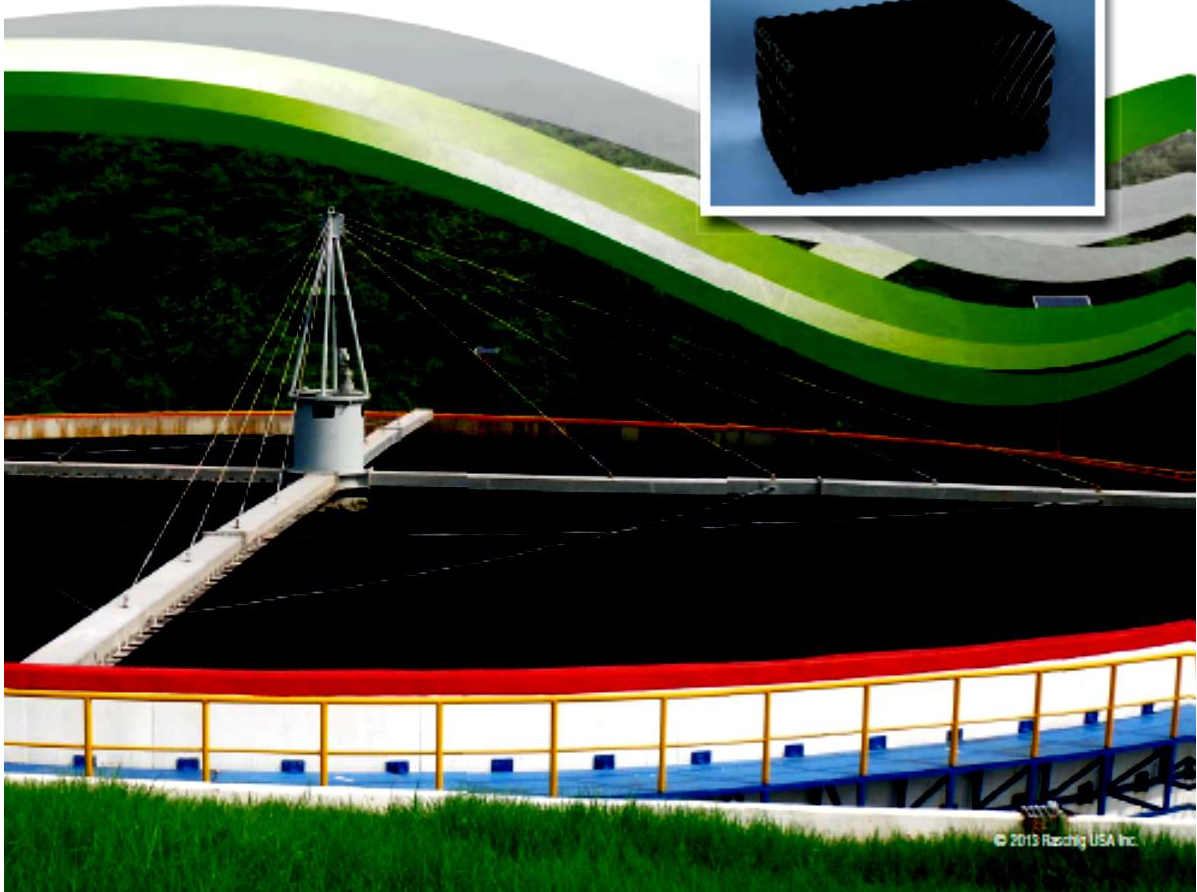
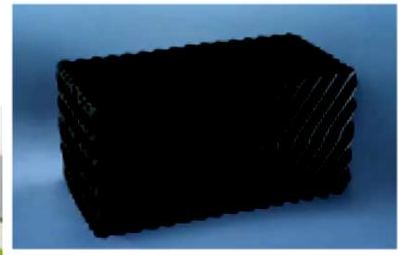
## DURA-PAC®

Cross Flow and Vertical Flow PVC Sheet Media for Trickling Filters, Submerged Fixed Bed, Tube Settlers and IFAS Processes

- ▶ Ideal for trickling filters, bio-towers, nitrifications towers, anaerobic or aerobic submerged bed treatment systems and oil/water separators
- ▶ Modules available in various sizes, designs, and specific surface areas
- ▶ Dura-Pier engineered support system and Dura-Dek protective grating available

We are **Raschig USA** and we supply media for biological treatment systems for industrial and municipal water and wastewater treatment facilities around the world.

**Call us today to discuss fixed film solutions for your project!**



© 2013 Raschig USA Inc.



Fixed Film Technology  
for Wastewater Treatment

## DURA-PAC®

Cross Flow and Vertical Flow PVC Sheet Media  
for Trickling Filters, Submerged Fixed Bed,  
Tube Settlers and IFAS Processes

### The Dura-Pac Solution for Wastewater Treatment

Dura-Pac is a modular PVC corrugated media that is specifically designed for fixed film biological treatment applications. With a minimum void to volume ratio of 95%, Dura-Pac allows for uniform redistribution of wastewater and air while maximizing contact between the biomass and the wastewater.

Dura-Pac modules are composed of thermoformed PVC sheets that are UV protected and resistant to rot, fungi, bacteria, acids, and alkalines commonly found in wastewater. The PVC compound is non-toxic to microorganisms and specifically formulated to resist long-term creep and cracking under continuous loading.

Available in cross flow (XF) and vertical flow (VF) designs, Dura-Pac includes a full range of modular PVC media geometries for wastewater treatment including complete secondary treatment, nitrification, denitrification, industrial roughing filters, submerged fixed beds and anaerobic treatment systems.

#### Dura-Pac XF Cross Flow Module

The XF Series is recommended for low to medium BOD loading applications and is used for complete secondary treatment and nitrification of municipal wastewater. The 60° cross-corrugated pattern maximizes oxygen transfer and hydraulic retention time. The XF Series effective in reducing BOD and nitrification over a wide hydraulic range and various media depths.

#### Dura-Pac VF Vertical Flow Module

The VF Series is recommended for high BOD loading applications. Dura-Pac VF is a clog resistant media designed for treating high strength industrial wastewater. The modules are formed by alternating flat and corrugated sheets and are effective in reducing possible biosolids buildup while still providing substantial BOD reduction.



Dura-Dek top layer protective grating manufactured from UV resistant PVC

#### PROTECTIVE SURFACE GRATING

### Dura-Dek for Dura-Pac Protection



Dura-Dek is a protective, skid resistant surface grating designed to shield the PVC modular media from UV radiation and the hydraulic impact of the rotary distributor.

The 2' x 4' interlocking panels provide a continuous and uniform walking surface across the entire top layer of the trickling filter media and can support over 1200 lbs/ft<sup>2</sup>.



#### ENGINEERED SUPPORT SYSTEM

### Dura-Pier

- ▶ Pre-engineered support system for trickling filter media consisting of corrosion resistant, field adjustable components which include a two-piece leveling base, stanchion, cap and FRP grating
- ▶ Accommodates floor slopes up to 4% in 0.25% increments
- ▶ Pier heights of 8" to 60" (20cm - 152 cm)

- ▶ Design allows maximum wastewater and air flow through plenum
- ▶ Cost effective solution compared to conventional concrete support systems

**Contact us today to review your project application  
and find out how we can be of service to you.**

**540-862-8426**

charden@raschig-usa.com | Raschig-USA.com

## D.2. DURA-DEK

### DURA-DEK Grating for **Top** Layer Media Protection



Providing a protective surface across the entire top of the trickling filter media without the high cost of FRP grating is now possible with Jaeger Environmental's rugged, UV resistant polyethylene Dura-Dek grating.

Dura-Dek is a protective, skid resistant surface grating designed for foot traffic and protecting PVC modular media from UV radiation and the hydraulic impact of wastewater from the distribution system. Dura-Dek can be used in new or existing trickling filters with modular PVC media.

The 2 feet x 4 feet interlocking Dura-Dek panels are molded from strong, UV resistant polyethylene. Dura-Dek can support over 1000 lbs/ft<sup>2</sup>.



Once in place, Dura-Dek interlocking panels provide a continuous and uniform walking and protective surface across the entire top layer of the trickling filter media. Dura-Dek's unique 2.35 inch circular openings and panel depth of 1.5 inches make it ideal for shielding the media from the harmful effects of ultraviolet radiation and the hydraulic impact of the rotary distributor.



Jaeger Environmental • El Dorado, KS  
540-862-8426 • Fax: 540-862-8427  
www.jaeger.com • email: jplinfo@jaeger.com

## Installation

Dura-Dek interlocking panels are designed for maximum strength and ease of installation. The large 2 feet by 4 feet panels reduce installation time and labor costs. Other labor saving advantages of Dura-Dek are:

- Molded-in self guiding, self locking connectors
- Can be easily cut to fit any configuration
- Unlike FRP grating, sealing of cut edges are not required



## Topping the trickling filter with Dura-Dek

- Safe non-skid surface
- Lightweight and strong; supports over 1000 lbs/ft<sup>2</sup>
- Molded-in connectors, no additional connector hardware required
- UV stabilized polyethylene
- Open grid design
- Cost-effective, long lasting
- Appropriate for new or existing trickling filters

