



ANTÓNIO AUGUSTO **Pré - Dimensionamento ETAR Sever do Vouga Sul**
BACELO COELHO
DA SILVA



**ANTÓNIO AUGUSTO
BACELO COELHO
DA SILVA**

Pré - Dimensionamento ETAR Sever do Vouga Sul

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Doutor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja, Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, irmã e à minha namorada Patrícia.

O júri

Presidente	Professora Doutora Maria Helena Gomes de Almeida Gonçalves Nadais Professora Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro
Vogal – Arguente Principal	Doutor Rui Alfredo da Rocha Boaventura Investigador Principal da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Reformado)
Vogal - Orientador	Professor Doutor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Este estágio curricular possibilitou o contato direto com a realidade, numa empresa líder no sector e a experiência e competências adquiridas certamente servirão de base a uma vida profissional futura.

Gostaria de agradecer ao Eng. Alberto Roque pela simpatia e pela oportunidade de desenvolver este estágio na AdRA.

Ao Eng. Rui Ferreira pelo conhecimento partilhado, pela informação disponibilizada e pelas suas valiosas orientações.

A todas as pessoas da DEN (Direção de Engenharia) pelo excelente ambiente de trabalho, profissionalismo, simpatia e por me fazerem sentir como parte integrante do grupo.

Ao Prof. Dr. Luís Arroja pelo apoio, atenção, disponibilidade e pela sua orientação dotada de vasta experiência na área.

Aos meus pais e irmã toda a minha gratidão e apreço, por serem o pilar da minha formação como pessoa e pela oportunidade que me ofereceram em frequentar o ensino superior.

À minha namorada Patrícia, porque sem ela não sou nada e pelo seu carinho, apoio, compreensão e motivação. Um agradecimento também à sua família.

A todos os meus amigos pelos inesquecíveis momentos passados, pelo apoio, companheirismo e pela participação no meu desenvolvimento como pessoa.

Os meus sinceros agradecimentos com muita consideração.

Palavras-chave

Tratamento de águas residuais, ETAR, lamas ativadas.

Resumo

O presente relatório reflete o estágio de natureza curricular realizado com o objetivo de constituir trabalho final de mestrado do curso Engenharia do Ambiente, da Universidade de Aveiro.

O ponto de partida deste estágio foi o trabalho a desenvolver na área do abastecimento de água e recolha de águas residuais em baixa, com o objetivo de adquirir conhecimentos acerca de todas as atividades que envolvem a conceção e exploração de Estações de Tratamento de Águas Residuais. O estágio decorreu na AdRA – Águas da Região de Aveiro S.A. onde trabalhei no estudo e dimensionamento de uma nova ETAR a construir em Sever do Vouga.

Este estágio tornou possível a absorção de um conjunto de conhecimentos multidisciplinares importantes para o desempenho de uma atividade profissional no futuro.

Keywords

Wastewater treatment, wastewater treatment plant, activated sludge.

Abstract

The present report reflects a curricular traineeship accomplished with the aim of constituting final work of the masters degree thesis in Engenharia do Ambiente, by Universidade de Aveiro.

The bottom line of this traineeship was the work to develop in the area of water supply and wastewater collection, with the purpose of gather knowledge of all the activities surrounding the design and operation of wastewater treatment plants. The traineeship took place in AdRA – Águas da Região de Aveiro S.A. where I worked at the study and design of a new wastewater treatment plant to build in Sever do Vouga.

This traineeship took possible the absorption of a relevant range of multidisciplinary knowledge advantageous to the performance of a professional activity in the future.

Índice

1. Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2. A AdRA.....	2
1.3. Objetivos	3
1.4. Estrutura.....	4
2. Caracterização da situação existente.....	4
3. Elementos de base	5
3.1. Estudo Populacional	7
3.2. Determinação de Caudais	9
4. Qualidade do efluente tratado.....	12
4.1 Qualidade do efluente líquido tratado.....	13
4.2 Qualidade das lamas produzidas na ETAR	16
5. ETAR Sever do Vouga Sul.....	17
5.1. Localização da ETAR	19
5.2. Conceção Geral e Dimensionamento do Sistema de Tratamento	21
5.3. Tratamento Preliminar	26
5.3.1 Canal da Obra de Entrada	26
5.3.2 Gradagem	26
5.3.3 Medição de Caudal	29
5.3.4 Desarenador/Desengordurador.....	30
5.4. Decantação Primária	32
5.5. Tratamento Biológico.....	35
5.6. Decantador Secundário.....	42
5.7. Tratamento Terciário	46
5.8. Tratamento de Lamas	49
5.9. Destino Final.....	53
6. Custos Unitários	54
6.1. Redes de Drenagem e Coletores Gravíticos	54
6.2. Conduas Elevatórias.....	55
6.3. Estações Elevatórias	56

6.4. Estações de Tratamento de Águas Residuais.....	58
7. Conclusão	60
8. Referências Bibliográficas	61
9. Anexos	65
Anexo A	65
Anexo B	70
Anexo C	71
Anexo D	78
Anexo E.....	79

Índice de Figuras

Figura 1 - Evolução da população e do número de alojamentos, no concelho de Sever do Vouga, entre os anos 1981 e 2011.	7
Figura 2 - Evolução da população e do número de alojamentos, nas bacias drenantes do concelho de Sever do Vouga, entre os anos 1981 e 2011.	9
Figura 3 - Mapa de delimitação das bacias drenantes, da rede existente e do faseamento	19
Figura 4 - Localização ETAR Sever do Vouga Sul (Carta Militar, escala 1:25000).....	20
Figura 5 - Implantação da ETAR Sever do Vouga Sul (Ortofotomapa, escala 1:1000).....	21
Figura 6 - Diagrama do funcionamento da ETAR Sul de Sever do Vouga	25
Figura 7 - Esquema de Tamisador/compactador	28
Figura 8 - Medidor de caudal Parshall	30
Figura 9 - Desarenador/desengordurador	31
Figura 10 - Remoção típica de CBO e SST em tanques de decantação primária. (Fonte: Metcalf & Eddy)	33
Figura 11 - Decantador primário	34
Figura 12 - Diagrama do processo de lamas ativadas	36
Figura 13 - Tanque de arejamento.....	38
Figura 14 - Decantador secundário.....	43
Figura 15 - Equipamento de desinfecção por UV.....	47
Figura 16 - Espessador gravítico	50

Figura 17 - Centrífuga de desidratação de lamas	52
---	----

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Lugares por freguesia, pertencentes às bacias drenantes (Fonte: INE)	6
Tabela 2 - População residente no concelho de Sever do Vouga desde 1991 até 2011 (Fonte: INE)	7
Tabela 3 - População residente por freguesia, no concelho de Sever do Vouga (Fonte: INE)	8
Tabela 4 - Dados de dimensionamento na zona de influência	10
Tabela 5 - Caudais de projeto	11
Tabela 6 - População e caudal de ponta de ambas as fases	12
Tabela 7 - Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas (Fonte: Dec. Lei. N.º 152/97, 19 de Junho, Anexo I, Quadro nº1)	13
Tabela 8 - Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização (Fonte: Dec. Lei. N.º 152/97, 19 de Junho, Anexo I, Quadro nº2)	14
Tabela 9 - Valores Limite de Emissão na descarga de águas residuais. (Fonte: Anexo XVIII; Dec. Lei nº 236/98, de 1 de Agosto)	15
Tabela 10 - Objetivos mínimos de qualidade do efluente (adaptado de DL n.º 236/98, Anexo n.º 1, Quadro n.º 1)	16
Tabela 11 - Valores limite de concentração de metais pesados nas lamas destinadas à agricultura. (Fonte: Portaria nº 176/96, 2ª série, Anexo II)	17
Tabela 12 - Dados de projeto	18
Tabela 13 - Esquema de tratamento da ETAR	23
Tabela 14 - Base de dimensionamento da ETAR	25
Tabela 15 - Características equipamento de gradagem manual (grade grossa)	27
Tabela 16 - Características equipamento de gradagem mecânica (tamisador)	28
Tabela 17 - Características geométricas do equipamento de desarenação/desengorduramento	32
Tabela 18 - Dimensionamento do decantador primário	34
Tabela 19 - Principais parâmetros de dimensionamento do processo de lamas ativadas em reator convencional [adaptado de Metcalf & Eddy, 2003]	36
Tabela 20 - Parâmetros operacionais do processo de lamas ativadas em regime de arejamento convencional de mistura completa [adaptado de Metcalf & Eddy, 2003]	37
Tabela 21 - Critérios de dimensionamento do processo biológico de lamas ativadas. [adaptado de Metcalf & Eddy, 2003]	37
Tabela 22 - Dimensionamento do tanque de arejamento	41
Tabela 23 - Dimensionamento do Decantador Secundário	44
Tabela 24 - Critérios de dimensionamento do decantador secundário (Metcalf & Eddy, 2003)	45
Tabela 25 - Quantidade de lamas produzidas no tratamento biológico	46
Tabela 26 - Dimensionamento do equipamento de desinfecção UV	47

Tabela 27 - Características das lâmpadas UV utilizadas na desinfecção de águas residuais [adaptado de Metcalf & Eddy, 2003]	48
Tabela 28 - Critérios de dimensionamento do espessador de lamas (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)	51
Tabela 29 - Características geométricas do espessador de lamas	51
Tabela 30 - Custos por metro de tubagem instalada em vala.....	54
Tabela 31 - Custos por metro de tubagem de PEAD instalada em vala	56
Tabela 32 - Custos da potência contratada	58
Tabela 33 - Coeficientes cinéticos do processo de lamas ativadas, sem nitrificação, a 20 °C. (Fonte. Metcalf & Eddy)	72
Tabela 34 - Características da água residual	72
Tabela 35 - Concentração de oxigénio dissolvido em função da temperatura e da salinidade. (Fonte: Metcalf & Eddy).....	75
Tabela 36 - Propriedades físicas da água. (Fonte. Metcalf & Eddy).....	76

Lista de Siglas

AdRA – Águas da Região de Aveiro S.A.

bCQO – CQO biodegradável

bpCQO – CQO Particulado Biodegradável

CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigénio (5 dias)

Ch – Carga Hidráulica

Corg – Carga Orgânica

CQO – Carência Química de Oxigénio

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

F/M – Relação alimento/microrganismos

fv – Fator de Carga Volúmica

kd – Coeficiente de decaimento endógeno

ks – Constante de meia saturação

IL – Idade das lamas

iTSS – Sólidos Suspensos Inertes

MLVSS – Sólidos Suspensos Voláteis no licor misto

MLSS – Sólidos Suspensos Totais no licor misto

nbVSS – Sólidos Suspensos Voláteis Não Biodegradáveis

OD – Oxigénio Dissolvido

pCQO – CQO Particulado

Px – Produção de Lamas

Q – Caudal

Qr – Caudal de recirculação

R₀ – Oxigénio total necessário

sCQO – CQO Solúvel

SST – Sólidos Suspensos Totais

SSV – Sólidos Suspensos Voláteis

TRH – Tempo de Retenção Hidráulico

TRS – Tempo de Retenção de Sólidos

UV - Ultravioleta

VLE – Valor Limite de Emissão

VMA – Valor Máximo Admissível

VMR – Valor Máximo Recomendado

Xr – Concentração de Sólidos nas lamas recirculadas

Y – Rendimento Biológico

Y_{obs} – Rendimento Biológico Observado

μ_{máx} – Velocidade máxima específica de crescimento de microrganismos

1. Introdução

1.1 Enquadramento

A água é imprescindível à vida e um recurso indispensável aos seres vivos, pelo que a escassez de água potável e a poluição dos cursos de água são alguns dos maiores e mais importantes problemas deste século.

Os efluentes domésticos e industriais apresentam um elevado índice de contaminantes pelo que a sua descarga, sem qualquer tipo de tratamento prévio no meio recetor, pode causar graves problemas na saúde pública e significativas alterações no ecossistema.

A qualidade dos efluentes tratados deve ser ajustada aos objetivos do meio recetor, de acordo com as normas legalmente estabelecidas. Torna-se portanto primordial o tratamento de águas residuais em ETAR eficientes, de modo a reduzir a carga poluente existente antes do seu lançamento no meio recetor (METCALF & EDDY, 2003).

O principal objetivo de uma ETAR é, então, o tratamento das águas residuais domésticas e industriais, através de um processo faseado, permitindo a reutilização destas ou escoamento das mesmas para o mar ou rio.

O abastecimento público de água e o saneamento das águas residuais urbanas constituem serviços essenciais ao bem-estar, à saúde pública e à proteção do ambiente. Estes serviços são ainda essenciais para que Portugal cumpra o normativo nacional e comunitário em matéria de qualidade da água e tratamento de efluentes.

Deste modo, é do interesse nacional que o País continue a fazer uma aposta estratégica no sector, implementando modelos de organização que promovam a sua sustentabilidade, tendo como objetivo servir de forma regular a maior percentagem possível da população, com elevado nível de qualidade, a um preço comportável e dentro da perspetiva do desenvolvimento sustentável (PEAASAR II, 2007).

Para a ETAR Sul de Sever do Vouga, em estudo, o processo biológico adotado foi do tipo Lamas Ativadas na variante de média carga, essencialmente por ser um sistema eficaz e flexível, sendo um sistema de uso alargado em Portugal.

1.2. A AdRA

Os municípios de Águeda, Albergaria-a-Velha, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Sever do Vouga e Vagos celebraram um Contrato de Parceria Pública, em julho de 2009, com o Estado Português, representado pela AdP - Águas de Portugal, com o objetivo de agregar os respetivos sistemas municipais de abastecimento de água para consumo público e de saneamento de águas residuais, num sistema integrado constituído pelas infraestruturas e equipamentos existentes e a construir, designado por Sistema de Águas da Região de Aveiro (SARA). Em 2010, o município de Ovar deliberou também a sua integração nesta Parceria.

Este Sistema de Águas da Região de Aveiro está dotado de infraestruturas compreendendo uma área de 1.500 km² e estará preparado para servir cerca de 350 mil habitantes.

A necessidade da constituição da Águas da Região de Aveiro surge porque:

- É necessário um forte investimento em novas redes de abastecimento de água e de saneamento que, isoladamente, e sem apoio dos fundos comunitários, os municípios não conseguiriam realizar;
- É necessário investir na renovação das infraestruturas existentes de abastecimento de água e de saneamento com o objetivo de melhorar a qualidade do serviço, diminuir as perdas de água de abastecimento e infiltrações nas redes de saneamento;
- É necessário o aumento da escala de atividade para obter ganhos de eficiência a diferentes níveis (operacionais, financeiros, comerciais, etc.), que reverterão para um melhor controlo dos custos e para a qualidade do serviço prestado.

O nível de cobertura atual em abastecimento de água é, para o conjunto dos municípios, acima da média – 97,6% - (superior ao requisito do PEAASAR II – de 95%) apresentando, contudo, problemas ao nível da fiabilidade dos sistemas e da qualidade operacional do serviço.

Já o nível atual de cobertura do serviço de saneamento de águas residuais é inferior – 70% - (inferior ao requisito do PEAASAR II – 90%) sendo que em alguns municípios os níveis

de cobertura são muito deficientes, não atingindo os 30%, como é o caso de Sever do Vouga e Vagos.

A AdRA – Águas da Região de Aveiro, S.A. é a entidade que gere e explora em regime de parceria pública os serviços de água e saneamento relativos ao Sistema de Águas da Região de Aveiro (SARA). É uma sociedade anónima integrada no sector empresarial do Estado, que tem como acionistas a AdP – Águas de Portugal, S.A., em representação do Estado, com 51% do capital social. Os restantes 49% do capital social são detidos por dez acionistas, os municípios de Águeda, Albergaria-a-Velha, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga e Vagos em percentagens diferenciadas.

Trata-se da primeira parceria pública em Portugal para a gestão de serviços de água e saneamento em baixa, uma solução de gestão pioneira que pode representar um primeiro passo significativo numa reforma profunda dos serviços de água em território nacional.

Esta empresa compreende, em regime de exclusividade no âmbito territorial, a conceção, o projeto, a construção, a extensão, a reparação, a renovação, a manutenção, a aquisição das infraestruturas e dos equipamentos, a respetiva exploração e a prestação dos serviços de águas e saneamento.

A AdRA - Águas da Região de Aveiro, S.A. tem como missão prestar o serviço de abastecimento de água e de saneamento de forma sustentável, visando a satisfação dos clientes e das partes interessadas, com qualidade, segurança e continuidade, contribuindo para a requalificação ambiental da Região.

A AdRA tem ainda por objetivo garantir a qualidade, a continuidade e a eficiência dos serviços públicos de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, no sentido de proteção da saúde pública, bem-estar das populações, proteção do ambiente e sustentabilidade económico-financeira do sector, contribuindo ainda para o desenvolvimento regional e o ordenamento do território.

[Fonte: <http://www.adra.pt/>]

1.3. Objetivos

Como estagiário no departamento de Estudos e Planeamento da Direção de Engenharia da AdRa – Águas da Região de Aveiro tive a oportunidade de adquirir conhecimentos

multidisciplinares na área do abastecimento de água e saneamento de águas residuais, numa empresa líder no sector.

O presente trabalho centrou-se no diagnóstico da situação atual e no estudo de dimensionamento de uma nova Estação de Tratamento de Águas Residuais, a construir no concelho de Sever do Vouga.

O principal objetivo deste trabalho é o dimensionamento ao nível de estudo prévio da ETAR Sul de Sever do Vouga.

1.4. Estrutura

No capítulo 2 do presente trabalho é apresentada a caracterização da situação existente.

No capítulo 3 são apresentados os dados de base (evolução populacional e estimativa de caudais).

No capítulo 4 são apresentados dados referentes à qualidade do efluente tratado.

No capítulo 5 é apresentada a caracterização da ETAR Sul de Sever do Vouga: localização, conceção geral do sistema de tratamento e dimensionamento dos vários órgãos da ETAR.

No capítulo 6 é apresentada a avaliação preliminar do investimento.

Por fim, no capítulo 7 encontra-se a conclusão do trabalho.

Os cálculos de dimensionamento são apresentados em anexo.

2. Caracterização da situação existente

A área de estudo inclui três sistemas de drenagem de águas residuais já existentes: Sistema de Sever do Vouga Norte, Sistema de Sóligo e Sistema da Zona Industrial de Cedrim.

O Sistema de Sever do Vouga Norte serve cerca de 4000 habitantes equivalentes, estando a ETAR de Sever do Vouga Norte dimensionada para uma capacidade de 1600 habitantes

equivalentes. Esta ETAR não funciona dentro dos parâmetros desejados, encontrando-se praticamente desativada, sendo necessária a sua remodelação/ampliação ou substituição.

O Sistema de Sóligo serve 38% da freguesia de Pessegueiro do Vouga sendo os seus efluentes transportados até à ETAR compacta de Sóligo, com uma capacidade para 1000 habitantes equivalentes.

O Sistema da Zona Industrial de Cedrim drena exclusivamente as águas residuais provenientes do Parque Industrial de Cedrim. Os afluentes coletados são tratados numa ETAR compacta com a capacidade de 200 habitantes equivalentes.

Verifica-se, assim, ser necessária e urgente a construção de uma nova ETAR que dê resposta ao tratamento das águas residuais destes subsistemas e ainda às futuras zonas de expansão previstas.

3. Elementos de base

Os elementos base para o projeto, referentes a dados populacionais, foram adaptados dos dados de Recenseamento Geral da População, relativos aos anos 1981, 1991, 2001 e 2011, com base na informação disponibilizada na página de internet do Instituto Nacional de Estatística.

A futura ETAR Sul de Sever do Vouga localizar-se-á na freguesia de Pessegueiro do Vouga. Esta Estação de Tratamento receberá os efluentes dos lugares indicados na tabela 1.

Tabela 1 - Lugares por freguesia, pertencentes às bacias drenantes (Fonte: INE)

Freguesia	Lugar	Freguesia	Lugar	Freguesia	Lugar
Cedrim	Carrazedo	Rocas do Vouga	Borrhalhal	Silva Escura	Carvalhal
	Cedrim		Coucinhos		Louriçal
	Paçô		Covelo		Paço
	Redouça		Granja		Presas
	Bouça		Irijó		Romezal
Couto de Esteves	Catives		Nespereira de Cima		Sequeiros
	Couto de Baixo		Nespereira de Baixo		Silva Escura
	Couto de Cima		Portela		Vale de Anta
	Lourizela		Rocas		Vila Fria
Paradela	Bouça Pedra		Sanfins		Quintã
	Casal		Souto Chão		
	Eiras		Vila Seca		
	Paradela		Mondim		
	Penouços	Cruz do Peso			
	Portela	Novelido			
	Soutelo	Paçô			
Pessegueiro do Vouga	Barquinha	Sever do Vouga	Peso		
	Cristelo		Pombal		
	Cruzeiro		Senhorinha		
	Gândara		Sever do Vouga		
	Lomba		Mâmoa		
	Paredes		Reguengo		
	Sóligo	Dornelas	Boialvo		
	Ponte		Dornelas		
	Grela		Reguengo		
	Lombinha		Rio bom		
	Cugulo		Zibreiros		
	Muro				
	Vinha Dónega				

No desenvolvimento do estudo considerou-se para o ano de arranque da ETAR Sul, o ano 2014 e para os anos de horizonte de projeto relativos a substituição de equipamento eletromecânico e a obras de construção civil, respetivamente, os anos de 2034 e 2054.

3.1. Estudo Populacional

As bacias a serem servidas pela ETAR Sul fazem parte do concelho de Sever do Vouga, cuja evolução populacional de acordo com os Censos desde 1981 até 2011, é a constante da tabela 2:

Tabela 2 - População residente no concelho de Sever do Vouga desde 1991 até 2011 (Fonte: INE)

Concelho	População residente (hab)			
	1981	1991	2001	2011
Sever do Vouga	13662	13826	13186	12356

Como se pode observar, tem vindo a ocorrer uma evolução decrescente da população, ao longo do tempo, no concelho de Sever do Vouga. A figura 1 representa esta evolução populacional, assim como o número de alojamentos, que apresenta um comportamento dissemelhante.

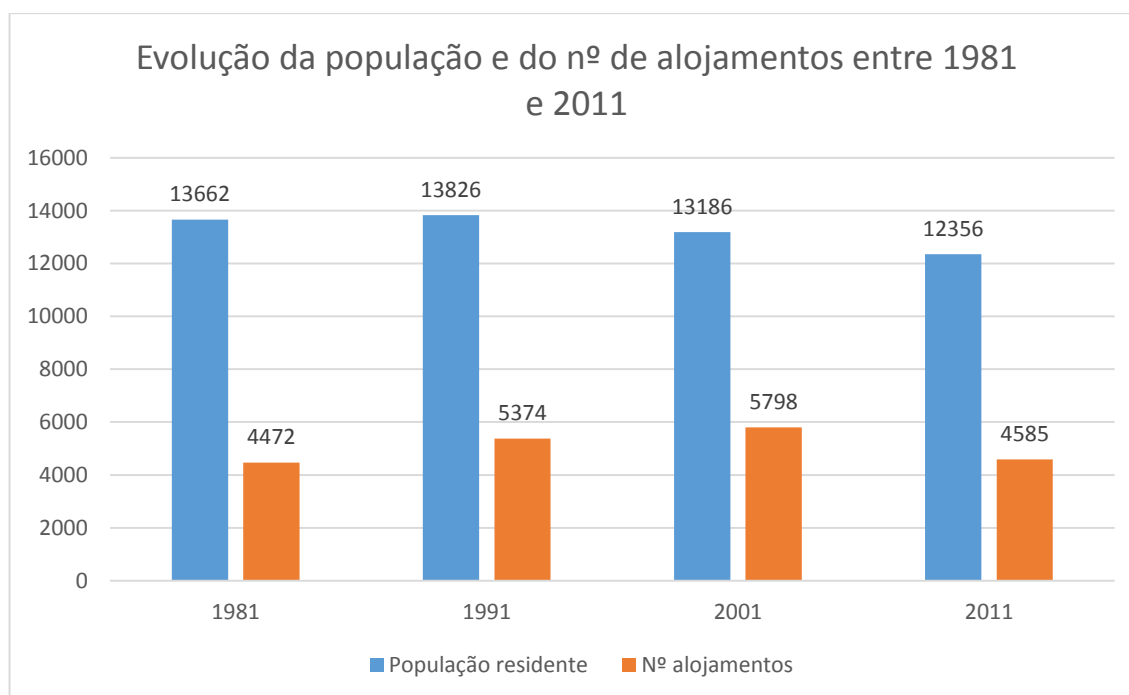


Figura 1 - Evolução da população e do número de alojamentos, no concelho de Sever do Vouga, entre os anos 1981 e 2011.

Na tabela 3 apresenta-se a evolução da população residente por freguesia, no concelho de Sever do Vouga, estando destacadas a sombreado as freguesias que farão parte das bacias servidas pela ETAR de Sever do Vouga.

Tabela 3 - População residente por freguesia, no concelho de Sever do Vouga (Fonte: INE)

Freguesia	População Residente (hab)		
	1991	2001	2011
Dornelas	715	662	726
Silva Escura	1841	1738	1592
Rocas do Vouga	2072	1977	1778
Couto de Esteves	1299	1055	890
Pessegueiro do Vouga	2016	1906	1852
Sever do Vouga	2590	2728	2777
Paradela	846	797	720
Cedrim	1056	995	834
Talhadas	1391	1328	1187
TOTAL	13826	13186	12356

Pode observar-se que as freguesias Sever do Vouga e Dornelas apresentam crescimento, ou estabilização da população, sendo a tendência verificada entre 1991 e 2011. Por outro lado a freguesia Couto de Esteves apresenta um decréscimo populacional acentuado, enquanto as restantes freguesias que são servidas pela ETAR Sul, apresentam decréscimo da população.

De acordo com a tendência do concelho de Sever do Vouga, a população tem vindo a decrescer. O mesmo se verifica em relação ao país, onde se nota uma grande desertificação no interior. Assim, e não existindo uma evolução linear na população, optou-se por considerar, de forma conservativa, que a população não decrescerá no futuro, mantendo-se assim constante o valor estimado pelo INE em 2011. A população residente no ano horizonte de projeto será então a mesma que em 2011.

Em cada freguesia existem lugares que se encontram fora das bacias drenantes, sem instalação de água. A população desses lugares foi excluída do estudo de captação e caudais. A população da freguesia Talhadas também foi excluída por não fazer parte das bacias drenantes, uma vez que será posteriormente instalada uma ETAR para servir a população desta freguesia.

Na figura 2 é apresentada a evolução da população e do número de alojamentos, da soma de todos os lugares incluídos nas bacias drenantes.

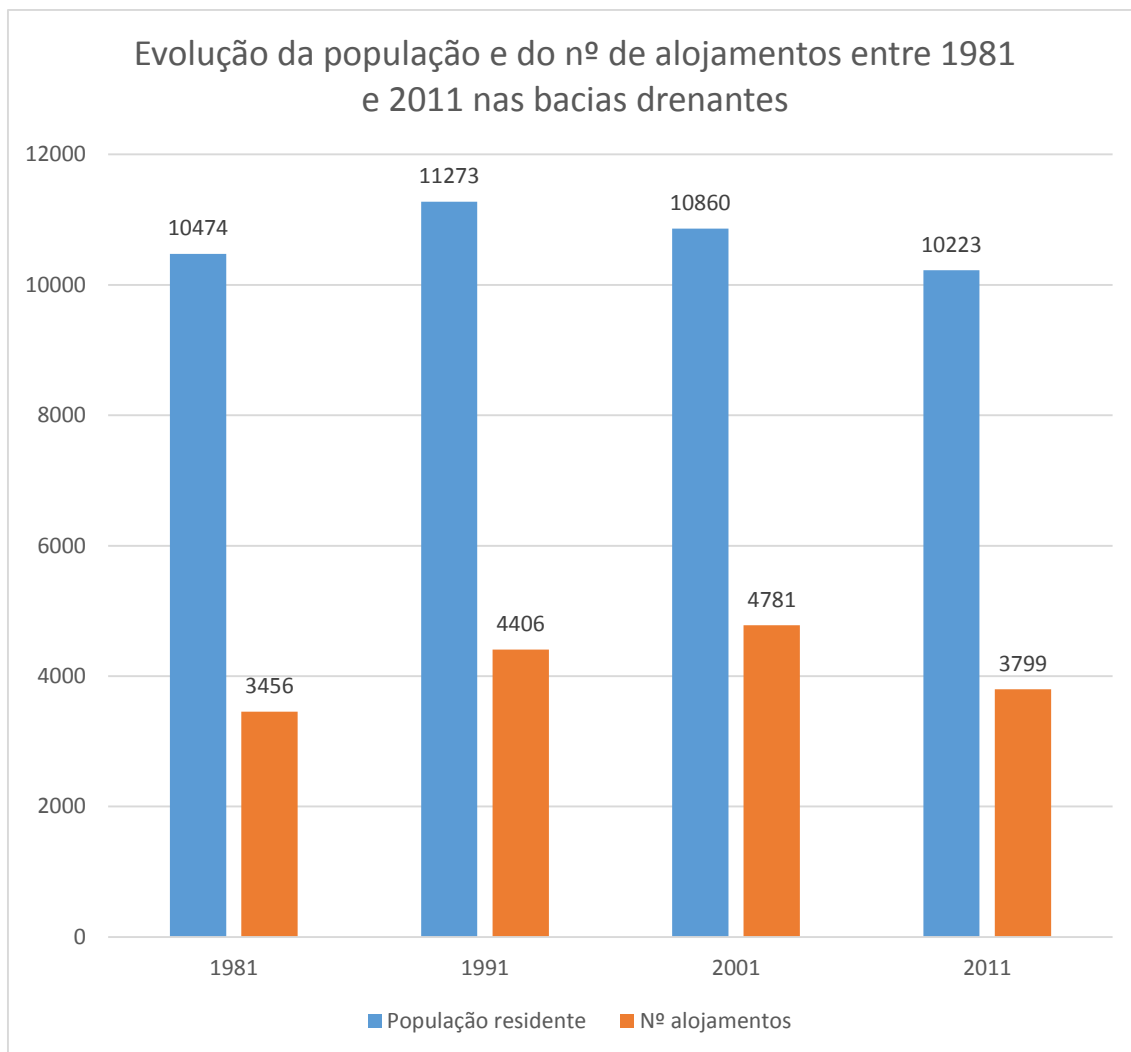


Figura 2 - Evolução da população e do número de alojamentos, nas bacias drenantes do concelho de Sever do Vouga, entre os anos 1981 e 2011.

No município de Sever do Vouga existem alojamentos de 2ª habitação (habitação de férias), considerando o carácter emigrante da população. Ao valor de população total pertencente às bacias drenantes no ano 2011 (10223 habitantes) foi adicionado o valor da população flutuante de 753 habitantes (censos 2011). Assim a população total resultante é de 10976 habitantes para o ano de 2011.

Considerando a hipótese anteriormente referida para o horizonte de projeto, a população no ano horizonte de projeto é então de 10976 habitantes.

3.2. Determinação de Caudais

Os caudais de projeto foram estimados tendo em conta as estimativas populacionais apresentadas. Os valores de capitação foram calculados através do número de clientes e

dos consumos médios mensais ao longo do ano de 2012. Os valores obtidos apresentam-se na tabela 4.

Tabela 4 - Dados de dimensionamento na zona de influência

Parâmetro	Unidades	Valor
Nº habitantes por fogo ⁽¹⁾	hab	2,69
Nº contadores ⁽¹⁾		3006
Consumo médio mensal ⁽¹⁾	m ³	16 873
Capitação	L/hab.dia	69,56
Fator afluência		0,80
Fator infiltração		0,50

⁽¹⁾ Dados de 2012

A capitação foi obtida através da seguinte expressão:

$$Capitação \left(\frac{L}{hab. dia} \right) = \frac{16873 \times 1000}{(3006 \times 2,69) \times 30} = 69,56$$

Considerando que no município existem consumos de água de outras origens, nomeadamente, nascentes, furos e poços e considerando também o fato de algumas captações serem geridas pelas juntas de freguesia, foi adotado o valor mais real de capitação de 90 (L/hab.dia) em detrimento do valor calculado.

Após análise do Plano Diretor Municipal do concelho de Sever do Vouga, o qual foi aprovado na resolução do concelho de ministros N^o 180/97, salienta-se que na área em estudo o PDM não prevê mais espaços industriais, além dos já existentes.

As expressões de cálculo a utilizar na determinação dos caudais de dimensionamento são as seguintes:

$$Q \text{ médio} = \frac{pop \times cap \times f \text{ afluência}}{86400}$$

$$= \frac{10976 \times 90 \times 0,8}{86400} = 9,15 \text{ l/s}$$

$$Q \text{ ponta} = Q \text{ médio} \times fp + Qi$$

$$= 9,15 \times 2,073 + 4,575 = 23,54 \text{ l/s}$$

$$fp = 1,5 + \frac{60}{\sqrt{10976}} = 2,07$$

Sendo,

Pop – população equivalente (hab);

Cap – capitação (L/hab.dia);

Q_i – caudal de infiltração (l/s), $Q_i = 0,5 \times Q \text{ médio}$;

f_p – fator de ponta, determinado pela expressão: $f_p = 1,5 + \frac{60}{\sqrt{pop}}$ sendo $f_p \leq 5$ (Artº 125 do Decreto Regulamentar 23/95, de 23 de Agosto).

Os valores dos caudais de dimensionamento são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 5 - Caudais de projeto

Parâmetro	Unidade	Valores
Q médio	(m ³ /dia)	790,56
	(L/s)	9,15
Q infiltração	(L/s)	4,575
	(m ³ /dia)	395,28
f ponta		2,07
Q ponta	(m ³ /dia)	2033,86
	(L/s)	23,5

A ETAR Sul terá duas linhas de tratamento:

- Uma para servir a bacia de Pessegueiro do Vouga, a rede existente e a rede em construção (Bacia Silva Escura/Dornelas);
- Futura linha, cujo ano de entrada em funcionamento ainda não se encontra definido, para servir as bacias de Paradela, Cedrim, Rocas do Vouga e Couto de Esteves.

Tabela 6 - População e caudal de ponta de ambas as fases

	Freguesia	População residente (hab)	População flutuante (hab)	População total (hab)	Caudal ponta (l/s)
1ª Linha	Rede existente (Sever do Vouga)	2740	229	2969	6,4
	Pessegueiro do Vouga	1827	108	1935	4,1
	Silva Escura + Dornelas	1738	130	1868	4,0
SUB - TOTAL		6305	467	6772	14,5
2ª Linha	Paradela	720	66	786	1,7
	Cedrim	834	69	903	1,9
	Rocas do Vouga	1696	113	1809	3,9
	Couto de Esteves	668	38	706	1,5
SUB - TOTAL		3918	286	4204	9,0
TOTAL		10223	753	10976	23,5

4. Qualidade do efluente tratado

Para a determinação da qualidade do efluente tratado é necessário avaliar o enquadramento legal aplicável, assim como as condições específicas estabelecidas para o meio recetor considerado.

4.1 Qualidade do efluente líquido tratado

Os diplomas fundamentais aplicáveis são:

- DL 152/97, de 19 de Junho, sobre tratamento de águas residuais urbanas, que transpõe para o direito nacional a Diretiva do Conselho 91/271/CEE, de 21 de Maio, alterado subsequentemente pelo DL 348/98, de 9 de Novembro, quanto aos limites de azoto e de fósforo a respeitar nas descargas em zonas sensíveis, e pelo DL 198/2008, de 8 de Outubro, quanto à lista de zonas sensíveis;
- DL 236/98, de 1 de Agosto (com as alterações constantes da Declaração de Retificação n.º 22-C/98, publicada em 30 de Novembro), relativo a normas de qualidade da água, que transpõe para o direito nacional vários atos comunitários sobre qualidade dos meios hídricos para determinadas utilizações e das descargas de águas residuais.

Determinados meios hídricos estão classificados, consoante a sua sensibilidade, em “zonas menos sensíveis” ou em “zonas sensíveis”, sendo as restantes consideradas “zonas normais”. As “zonas sensíveis” estão identificadas no DL 198/2008, de 8 de Outubro; podem incluir: (a) extensões de água doce, estuários ou águas costeiras eutróficas, (b) águas doces superficiais destinadas à produção de água potável cujo teor em nitratos possa exceder os requisitos da Diretiva 75/440/CEE e ainda (c) zonas em que seja necessário um tratamento superior ao secundário para cumprir o disposto nas diretivas do Conselho. As “zonas menos sensíveis” constam do DL 261/99, de 7 de Julho.

As tabelas 7 e 8 resumem os valores aplicáveis decorrentes do enquadramento legal considerado.

Tabela 7 -Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas (Fonte: Dec. Lei. N.º 152/97, 19 de Junho, Anexo I, Quadro nº1)

Parâmetros	Concentração	Percentagem mínima de redução ⁽¹⁾
CBO ₅ a 20 °C sem nitrificação ⁽²⁾	25 mg/l O ₂	70 - 90
CQO	125 mg/l O ₂	75
SST ⁽³⁾	35 mg/l (e.p. superior a 10 000)	90 (e.p. superior a 10 000)
	60 mg/l (e.p. de 2000 a 10 000)	70 (e.p. de 2000 a 10 000)

⁽¹⁾ Redução em relação à carga do afluente.

⁽²⁾ O parâmetro pode ser substituído por outro: carbono orgânico total (COT) ou carência total de oxigénio (CTO), se for possível estabelecer uma relação entre a CBO₅ e o parâmetro de substituição.

⁽³⁾ Este requisito é facultativo.

Tabela 8 - Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização (Fonte: Dec. Lei. N.º 152/97, 19 de Junho, Anexo I, Quadro nº2)

Parâmetros	Concentração	Percentagem mínima de redução ⁽¹⁾
Fósforo total	2 mg/l P (e.p. 10 000 a 100 000)	80
	1 mg/l P (e.p. mais de 100 000)	
Azoto total ⁽²⁾	15 mg/l N (e.p. 10 000 a 100 000)	70 - 80
	10 mg/l N (e.p. mais de 100 000)	

⁽¹⁾ Redução em relação à carga do afluente.

⁽²⁾ Por azoto total entende-se a soma do total de azoto kjedahl, azoto de nitratos e azoto de nitritos

De referir também as “zonas vulneráveis à poluição por nitratos de origem agrícola”, conforme definição constante no DL 235/97, de 1 de Outubro, alterado pelo DL 68/99, de 11 de Março, que são as zonas que drenam para águas poluídas por nitratos ou suscetíveis de o virem a ser se não forem tomadas medidas preventivas. Essas zonas estão identificadas na Portaria n.º 1 037/97, de 1 de Outubro.

Os princípios fundamentais quanto à descarga de águas residuais urbanas consagrados na legislação aplicável são:

- 1) A descarga de águas residuais deve ser previamente licenciada e essas águas devem respeitar determinados requisitos de qualidade, constantes da licença de descarga, tanto mais exigentes quanto maior a sensibilidade dos meios hídricos onde são descarregados e adequados aos usos neles praticados;
- 2) Para aglomerados de dimensão equivalente de população superior a 2000 e inferior a 10000, a regra geral é que as respetivas águas residuais sejam submetidas a tratamento secundário, sendo esse nível de tratamento estabelecido quanto a três parâmetros – CQO, CBO₅ e SST – em termos de eficiências mínimas de tratamento (respetivamente, 70-90%, 75% e facultativamente 90%), ou, alternativamente, de valores máximos nas emissões (respetivamente, 25 mg/l, 125 mg/l e facultativamente 35 mg/l);
- 3) Caso a descarga se processe em zonas sensíveis e o aglomerado tenha mais de 10000 equivalentes de população, deverá haver tratamento terciário, que, além dos

limites anteriormente indicados, deverá respeitar também determinadas eficiências mínimas de redução de azoto total ou de fósforo total (respetivamente, 70 a 80% em azoto total e 80% em fósforo total) ou determinados valores máximos desses parâmetros no efluente tratado (que para aglomerados entre 10000 e 100000 e.p. são de 15 mg/l N azoto total e 2 mg/l P fósforo total. De salientar que a ETAR não terá descarga numa zona sensível;

- 4) Por sua vez, assume-se que determinados meios hídricos com utilizações específicas – como é caso, nomeadamente, de águas piscícolas e águas balneares – após inventariação e classificação pelas autoridades competentes, devem cumprir requisitos específicos de qualidade, correspondentes à satisfação, por uma certa percentagem mínima de amostras representativas, de determinados limites especificados na lei para parâmetros relevantes, função das utilizações em questão (cf. DL 236/98, de 1 de Agosto).

Conforme o indicado no Aviso nº 12677/200 (2ª serie), nos termos do disposto no artigo 33º do DL 236/98, de 1 de Agosto, o rio Vouga, com os limites entre a ponte de São Pedro do Sul e a ponte de São João de Loure (Albergaria-a-Velha), com uma extensão de 70,4 km é classificada como “águas piscícolas de Ciprinídeos”. Além disso, ao longo do rio Vouga existem algumas praias fluviais informais onde se pratica a atividade banear.

Assim sendo, dado que, a descarga da ETAR Sever do Vouga Sul se localiza a 200 m do rio Vouga, esta deve cumprir os parâmetros indicados no Anexo XV do DL 236/98, de 1 de Agosto, que diz respeito à qualidade das águas balneares.

Tabela 9 - Valores Limite de Emissão na descarga de águas residuais. (Fonte: Anexo XVIII; Dec. Lei nº 236/98, de 1 de Agosto)

Parâmetro	Valor Limite de Emissão (VLE) ⁽¹⁾	Expressão dos Resultados
pH	6,0 - 9,0 ⁽²⁾	Escala de Sorensen
Temperatura	aumento de 3 °C ⁽³⁾	°C
CBO ₅ , 20 °C	40	mg/l O ₂
CQO	150	mg/l O ₂
SST	60	mg/l
Fósforo total	10	mg/l P
Azoto amoniacal	10	mg/l NH ₄
Azoto total	15	mg/l N
Nitratos	50	mg/l NO ₃

⁽¹⁾ VLE - valor limite de emissão, entendido como média mensal, definido como média aritmética das médias diárias referentes aos dias de laboração de um mês, que não deve ser excedido. O valor diário, determinado com base numa amostra representativa da água residual descarregada durante um período de vinte e quatro horas, não poderá exceder o dobro do valor médio mensal (a amostra num período de vinte a quatro horas deverá ser composta tendo em atenção o regime de descarga das águas residuais produzidas).

⁽²⁾ O valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo 5,0 - 10,0.

⁽³⁾ Temperatura do meio recetor após a descarga de água residual, medida a 30 m a jusante do ponto de descarga, podendo o valor médio exceder o valor médio mensal do 2º

O DL nº 236/98, 1 de Agosto implica que o efluente seja desinfetado.

Assim, a descarga das águas residuais da ETAR Sever do Vouga Sul deverá submeter-se a um tratamento secundário e a uma desinfecção final como tratamento terciário.

Assim e em conclusão os objetivos de qualidade para as águas residuais tratadas na ETAR de Sever do Vouga são os constantes da tabela 10.

Tabela 10 - Objetivos mínimos de qualidade do efluente (adaptado de DL n.º 236/98, Anexo n.º 1, Quadro n.º 1)

Parâmetro		Valor
Grandeza	Unidade	
CBO ₅	mg/l	25
CQO	mg/l	125
SST	mg/l	35

4.2 Qualidade das lamas produzidas na ETAR

O tratamento de águas residuais em ETAR tem como resultado do processo de separação dos sólidos, a produção de lamas.

Decreto-Lei nº 446/91, de 22 de Novembro e respetiva portaria nº 176/96 (2ª série)

A legislação acima referida efetuou a transposição da diretiva 86/278/CEE relativa à utilização agrícola de lamas de depuração, fixando valores limite para a concentração de metais pesados nos solos (perigosos para os seres vivos), bem como nas lamas a serem usadas como fertilizante. Esta legislação foi criada no sentido de adequar a legislação nacional nesta matéria aos normativos europeus.

Tabela 11 - Valores limite de concentração de metais pesados nas lamas destinadas à agricultura. (Fonte: Portaria nº 176/96, 2ª série, Anexo II)

Parâmetros	Valores Limite (mg/kg mat.seca)
Cádmio	20
Cobre	1000
Níquel	300
Chumbo	750
Zinco	2500
Mercúrio	16
Crómio	1000

5. ETAR Sever do Vouga Sul

Dimensionada para servir uma população de 10976 habitantes equivalentes e tratar um caudal de ponta de 23,5 (l/s), a Estação de Tratamento de Águas Residuais de Sever do Vouga, compreenderá uma instalação baseada no processo de tratamento biológico pelo sistema de lamas ativadas.

De um modo geral, pode dizer-se que a linha principal de tratamento é constituída pela fase líquida, efetuando-se igualmente o tratamento de lamas. Pretende-se que a estação de tratamento apresente grande versatilidade na exploração e seja adequada às condições de chegada do afluente, nomeadamente o faseamento da execução das infraestruturas de saneamento.

Para além disso, deve ser referido que a implantação selecionada irá conduzir a uma diminuição dos espaços ocupados, facilitando assim a integração harmoniosa no terreno disponível, o que será igualmente complementado com a criação de espaços verdes.

A ETAR de Sever do Vouga Sul será construída na zona contígua à atual da ETAR de Sóligo, freguesia de Pessegueiro do Vouga. Dada a sua dimensão e o faseamento já referido há a possibilidade da instalação de duas linhas de tratamento, a trabalhar em paralelo.

Todas as ETAR existentes no concelho serão desativadas, concentrando a afluência das águas residuais nesta ETAR.

Como já referido a bacia de influência da ETAR de Sever do Vouga incluirá as freguesias de Dornelas, Silva Escura, Rocas do Vouga, Couto de Esteves, Pessegueiro do Vouga, Sever do Vouga, Paradela e Cedrim.

O sistema de drenagem pode ser dividido em seis sub-bacias: Silva Escura/Dornelas, Rocas do Vouga, Couto de Esteves, Paradela/Cedrim, Pessegueiro do Vouga e Rede existente (Sever do Vouga).

O projeto da ETAR Sul de Sever do Vouga será executado em duas fases, considerando as seguintes coberturas de serviço:

1ª Fase

- Bacia da rede existente (Sever do Vouga);
- Bacia Pessegueiro do Vouga;
- Bacia Silva Escura/Dornelas (em construção).

2ª Fase

- Bacia Couto de Esteves;
- Bacia Rocas do Vouga;
- Bacia Cedrim;
- Bacia Paradela.

A tabela 12 resume os dados de dimensionamento para a 1ª e 2ª fase, segundo a informação constante da tabela 6.

Tabela 12 - Dados de projeto

Fase	População (hab.eq.)	Q ponta (l/s)
1ª fase	6772	14,5
2ª fase	4204	9,0

A figura 3 representa o mapa de delimitação das bacias drenantes existentes e previstas considerando o faseamento adotado pela AdRA.

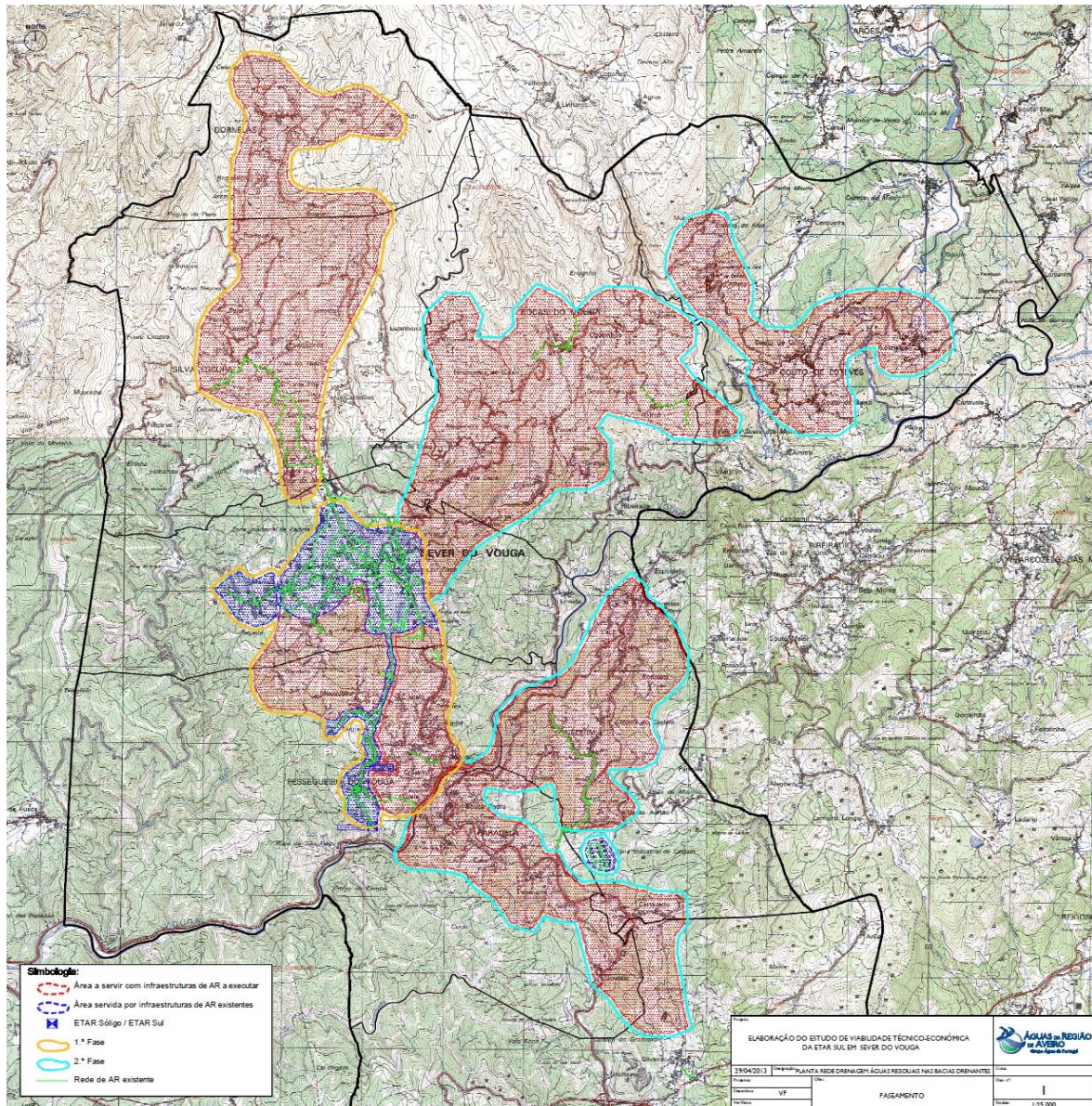


Figura 3 - Mapa de delimitação das bacias drenantes, da rede existente e do faseamento

As linhas a preto delimitam o concelho de Sever do Vouga e suas freguesias, as bacias drenantes encontram-se com preenchimento rosa e a rede existente encontra-se com preenchimento azul. A primeira fase encontra-se delimitada pela linha amarela e a segunda fase encontra-se delimitada pela linha azul.

5.1. Localização da ETAR

O terreno destinado à implantação da ETAR, com uma área de aproximadamente 2400 m², situa-se na margem direita do rio Vouga, no qual será efetuada a descarga do efluente

tratado. Esta área é relativamente plana e situa-se na encosta do vale do Rio Vouga a cotas superiores á cota de cheia do Rio Vouga.

A figura 4 apresenta a localização da ETAR numa carta militar à escala 1:25000.

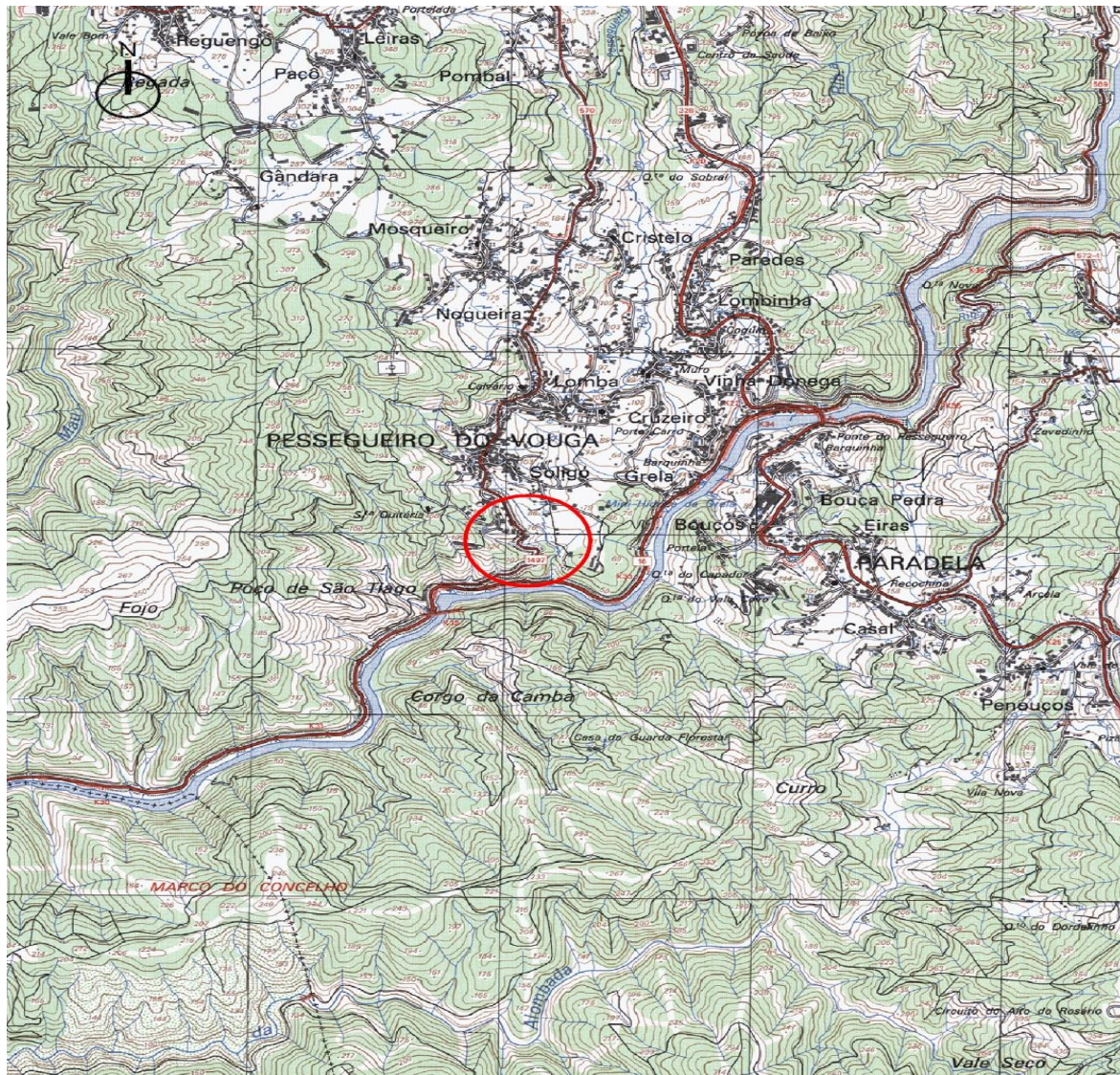


Figura 4 - Localização ETAR Sever do Vouga Sul (Carta Militar, escala 1:25000)

A figura 5, utilizando um ortofotomapa à escala 1:1000, apresenta a delimitação do terreno onde a ETAR será implantada, estando a delimitação da ETAR representada a vermelho e a linha de água, onde o efluente será descarregado, situada na margem direita do rio Vouga, representada a azul. Existem duas habitações na zona contígua à ETAR mas encontram-se abandonadas. A nível visual a ETAR não terá impacto significativo sobre habitações nas proximidades dado que será implantada a cotas inferiores.

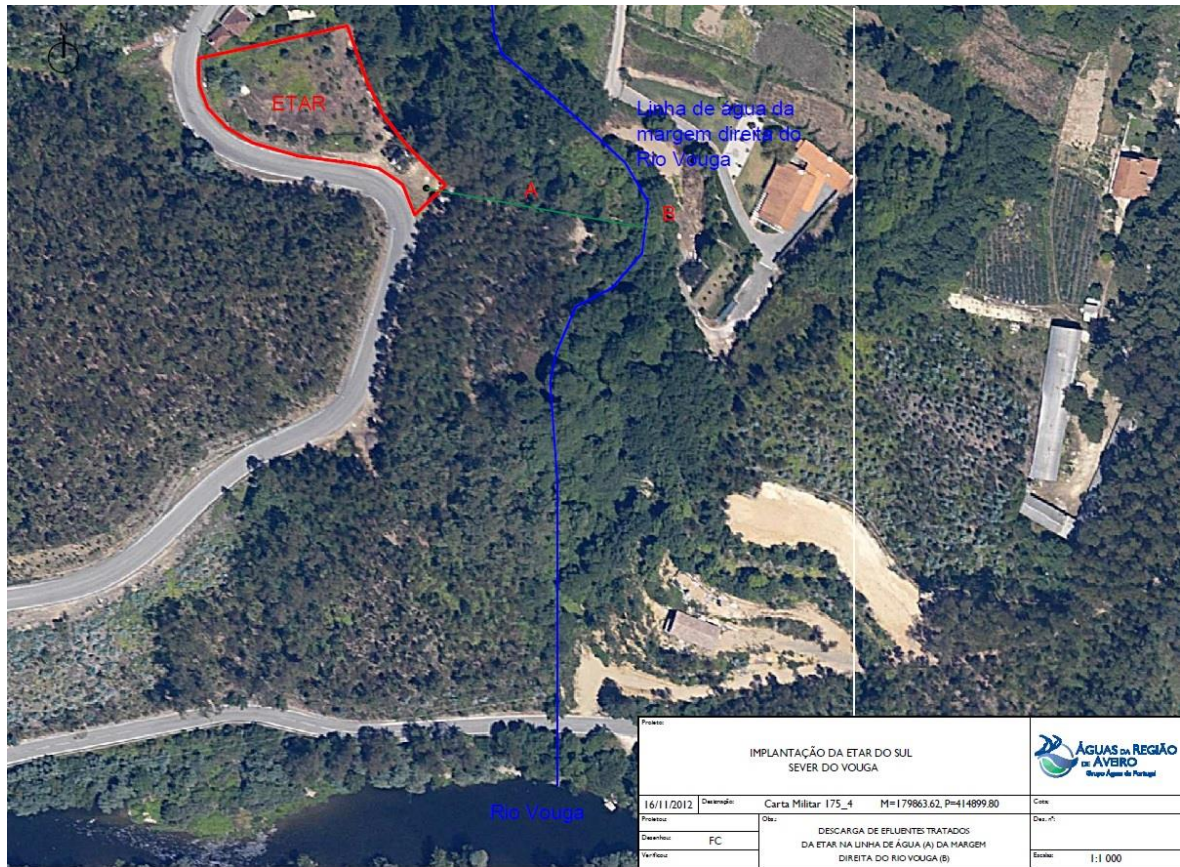


Figura 5 - Implantação da ETAR Sever do Vouga Sul (Ortofotomapa, escala 1:1000)

A jusante do local previsto para a instalação desta ETAR existem praias fluviais informais. A entrada para a ETAR será efetuada através de um caminho municipal pavimentado já existente.

5.2. Conceção Geral e Dimensionamento do Sistema de Tratamento

Embora a conceção da ETAR Sul de Sever do Vouga seja constituída por duas fases, o presente relatório apenas irá incidir sobre a 1ª fase. A 2ª fase será construída posteriormente.

Assim, prevê-se que a fase 1 corresponda à construção de uma linha de tratamento para cada uma das operações unitárias que constituem a ETAR e a fase 2 corresponda à

construção de uma segunda linha de tratamento igual à da fase 1. O presente trabalho tem como objeto o pré-dimensionamento da linha de tratamento da ETAR dimensionada para as condições de afluência definidas para a fase 1, prevendo a reserva de espaço para a construção futura da segunda linha de tratamento de iguais dimensões.

O processo de tratamento da ETAR Sul de Sever do Vouga consiste no processo de depuração por lamas ativadas, em sistema de média carga. Este tipo de sistemas são extremamente resistentes a perturbações originadas por choques orgânicos e/ou hidráulicos. O seu dimensionamento passa, regra geral, pela seleção do tempo de retenção de sólidos (TRS), dos coeficientes cinéticos e pela aplicação de balanços mássicos adequados (METCALF & EDDY, 2003).

Com efeito, nesta seção serão descritas todas as etapas de tratamento, que constituem esta ETAR, bem como os principais argumentos que estão na base do seu dimensionamento e implementação.

Atendendo às características específicas das águas residuais afluentes e aos requisitos de qualidade exigidos aos efluentes tratados, tendo em vista a sua descarga em meio hídrico, o esquema de tratamento previsto para a ETAR será o seguinte:

Fase Líquida

- Tratamento preliminar em obra de entrada, que inclui a separação de sólidos numa grade grossa, de limpeza manual, seguida de um tamisador compactador e de um desarenador. No canal de “*by-pass*” será instalada uma grade grossa, de limpeza manual;
- Tratamento primário, consistindo num decantador circular;
- Tratamento biológico por lamas ativadas em regime de média carga (arejamento convencional), integrando tanque de arejamento e decantador secundário.
- O oxigénio necessário ao processo biológico é fornecido através de injeção de ar no fundo do reator biológico, por intermédio de um conjunto de difusores;
- Dada a localização proposta para a instalação da ETAR de Sever do Vouga Sul, a montante de uma zona com praias fluviais informais, propõe-se incluir no esquema de tratamento um tratamento terciário, com desinfecção por ultravioletas (tratamento terciário).

Fase Sólida

O tratamento de lamas é feito com a seguinte sequência:

- Tanque de mistura de lamas primárias e secundárias;
- Espessamento gravítico;
- Desidratação de lamas em centrífuga.

Tabela 13 - Esquema de tratamento da ETAR

Operação unitária	Órgãos de Tratamento
Gradagem grossa	Grade grossa de limpeza manual
Tamisação	Tamisador - Compactador
Medição de caudal	Medidor "Parshall"
Desarenamento/desengorduramento	Desarenador/desengordurador
Arejamento	Reator biológico
Decantação secundária	Decantador secundário
Recirculação de lamas	Estação elevatória de recirculação de lamas
Medição do caudal de lamas recirculadas	Caudalímetro eletromagnético
Medição do caudal de efluente tratado descarregado	Caudalímetro eletromagnético
Desinfeção por UV	Canal com lâmpadas UV
Descarga no meio recetor	Troço emissário com proteção da descarga
Fase Sólida	
Extração e elevação de lamas em excesso	Estação elevatória de lamas em excesso
Medição do caudal de lamas em excesso	Caudalímetro eletromagnético
Espessamento/armazenamento de lamas	Silos espessadores
Desidratação de lamas	Centrífuga no local
Escorrências do Processo de espessamento	
Medição do caudal de escorrências	Caudalímetro eletromagnético

O tratamento de águas residuais geradas sofre um processo inicial de gradagem de sólidos de grandes dimensões, seguida de gradagem fina, permitindo a retirada de sólidos finos e gorduras do processo.

Será feita a medição de caudal á entrada através de um medidor *Parshall*, à qual se seguirá a remoção de areias e gorduras a ocorrer num equipamento de

desarenação/desengordurador compacto e longitudinal. As partículas de areia recolhidas são lavadas e encaminhadas até contentor adequado.

O efluente passará por um decantador primário com a finalidade de remoção de sólidos que não foram removidos no tratamento preliminar, devido à sua reduzida dimensão.

O efluente é posteriormente enviado para o tratamento biológico, que consiste num processo de lamas ativadas, na variante de arejamento convencional. O reator biológico será seguido de um decantador secundário onde ocorrerá a separação dos sólidos biológicos do efluente clarificado.

As lamas serão descarregadas, por pressão hidrostática, para a estação elevatória de recirculação (onde serão recirculadas e/ou conduzidas ao tratamento de lamas), sendo a operação comandada através de válvulas.

O efluente decantado será desinfetado num canal de ultravioletas.

O objetivo de tratamento desta operação unitária é a obtenção de um índice de 100 VMR de Coliformes Fecais/100 ml, na água a descarregar na linha de água.

Após tratamento, o efluente será conduzido até à obra de saída e descarregado para o meio recetor junto com os caudais do *by-pass*.

Admite-se a construção de um tanque para acumulação de água tratada com possibilidade do seu aproveitamento como água de serviço.

Relativamente à fase sólida, será efetuado o encaminhamento de lamas em excesso para espessamento, sendo sujeitas a tratamento e destino final. As lamas retiradas do decantador primário serão elevadas para o silo espessador gravítico, que diminui o seu conteúdo em água.

A desidratação de lamas é realizada por uma centrífuga, retirando o excesso de água e preparando as lamas para o seu destino final. Será instalada uma centrífuga e uma unidade de preparação e dosagem de polieletrólito para a desidratação de lamas.

A obra de saída integrará uma caixa com fácil acesso para recolha de amostras.

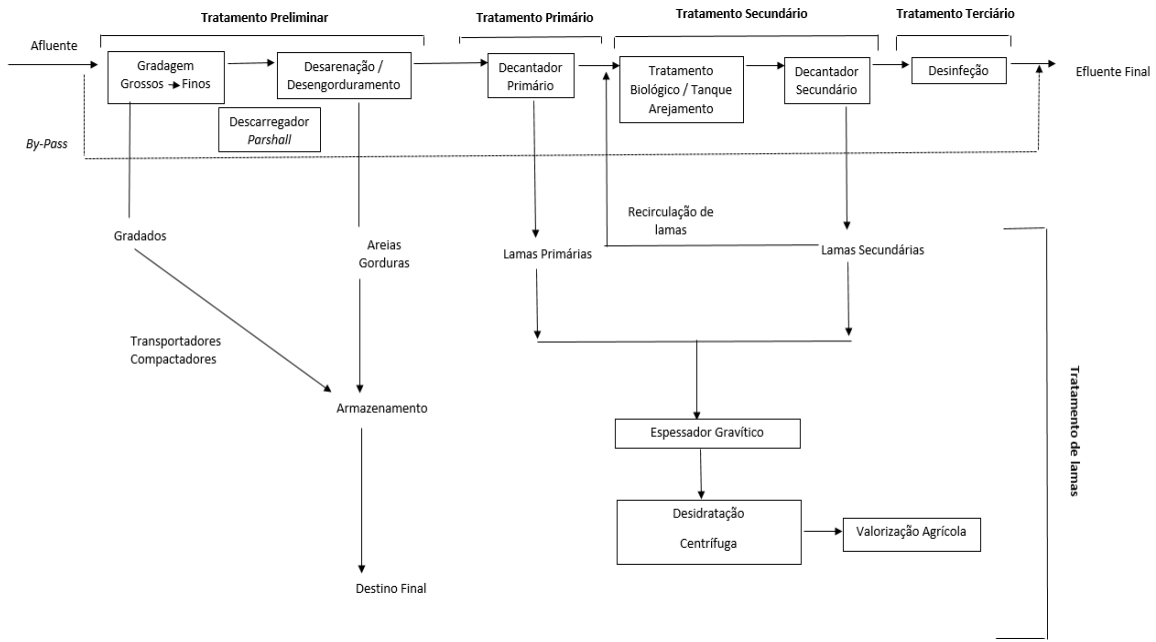


Figura 6 - Diagrama do funcionamento da ETAR Sul de Sever do Vouga

Na tabela 14 são apresentas as bases de dimensionamento utilizadas no pré-dimensionamento da ETAR.

Tabela 14 - Base de dimensionamento da ETAR

Horizonte de projeto	Parâmetro	Sever do Vouga Sul
População	Habitantes	10976
Caudal médio diário	m ³ /dia	790,56
Caudal de infiltração	m ³ /dia	395,28
Caudal de ponta afluente à ETAR	T seco (l/s)	18,96
	T chuva (l/s)	23,54
Concentrações	CBO ₅ (mg/l)	450
	CQO (mg/l)	1110
	SST (mg/l)	600

5.3. Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar é uma das etapas mais importantes no processo de tratamento. Se o tratamento preliminar for negligenciado, em termos de dimensionamento, ou em termos de operação, todo o processo de tratamento é afetado.

A remoção de areias reduz o desgaste causado por materiais abrasivos nas tubagens, bombas e transportadores, bem como no equipamento de desidratação. O uso de grades impede que o equipamento a jusante seja danificado por detritos sólidos. Numa segunda fase, são removidas as areias mais finas e gorduras, pela diferença de densidades entre estas e as águas residuais.

5.3.1 Canal da Obra de Entrada

As águas residuais afluentes à ETAR Sul de Sever do Vouga chegam à obra de entrada desta, por gravidade e por bombagem.

O tratamento preliminar ocorre na obra de entrada e destina-se à remoção das matérias que afluem à ETAR, conjuntamente com as águas residuais, que podem prejudicar a eficiência do tratamento e/ou danificar alguns equipamentos. Este tratamento inclui as operações de gradagem, tamisação, remoção de areias e gorduras e medição de caudal.

No caso desta ETAR, a obra de entrada será constituída por dois canais:

- Canal principal: será instalada uma grade grossa, de limpeza manual, inclinada relativamente à soleira do canal seguida de tamisador transportador;
- Canal de “by-pass”: grade grossa, de limpeza manual, inclinada relativamente à soleira do canal.

Os resíduos provenientes da gradagem serão compactados e removidos mecanicamente, por transportadores/compactadores colocados sobre as grades, de modo a reduzir substancialmente o seu volume e teor de humidade, sendo posteriormente armazenados em contentores apropriados para a recolha e transporte até ao destino final.

5.3.2 Gradagem

Os principais parâmetros e critérios de dimensionamento de gradagem são:

- Para efeitos de cálculo de perda de carga considerou-se um grau de colmatação máximo nas grades na ordem de 50% da seção de passagem;
- Velocidade de aproximação às grades compreendida entre 0,3 e 0,9 m/s;
- Velocidade máxima de passagem na grade de 1,0 m/s;
- Grades grossas com espaçamento entre barras de 40 mm;
- Capitação média de produção de gradados de 50 l / 1000 m³ de água residual;
- A descarga de material gradado retido nas grades grossas será realizada num cesto metálico compatível com o sistema de limpeza do equipamento de gradagem a instalar;
- O tamisador transportará os gradados diretamente até um contentor.

As tabelas 15 e 16 resumem as principais características das grades manuais e do tamisador.

Tabela 15 - Características equipamento de gradagem manual (grade grossa)

Características Geométricas	
Tipo	Grelha de malha grossa de limpeza manual
Número de grelhas	2 (um principal e um canal de <i>by-pass</i>)
Espaçamento entre barras	40 mm
Secção das barras	50 x 8 mm
Secção das grades	retangular
Material das grades	aço inox AISI 304
Ângulo de inclinação com a soleira do canal	60 °

Tabela 16 - Características equipamento de gradagem mecânica (tamisador)

Caraterísticas geométricas	
Tipo	Tamisador GPS
Nº grelhas	1
Largura grelha (mm)	350
Largura min grelha (mm)	360
Largura máx grelha (mm)	450
Furos grelha (mm)	2 a 12
Potência motor (kW)	0,75
Velocidade mínima de escoamento no canal (m/s)	0,3
Velocidade máxima de passagem no tamisador (m/s)	1,2

A figura 7 descreve o processo de operação do Tamisador/compactador.

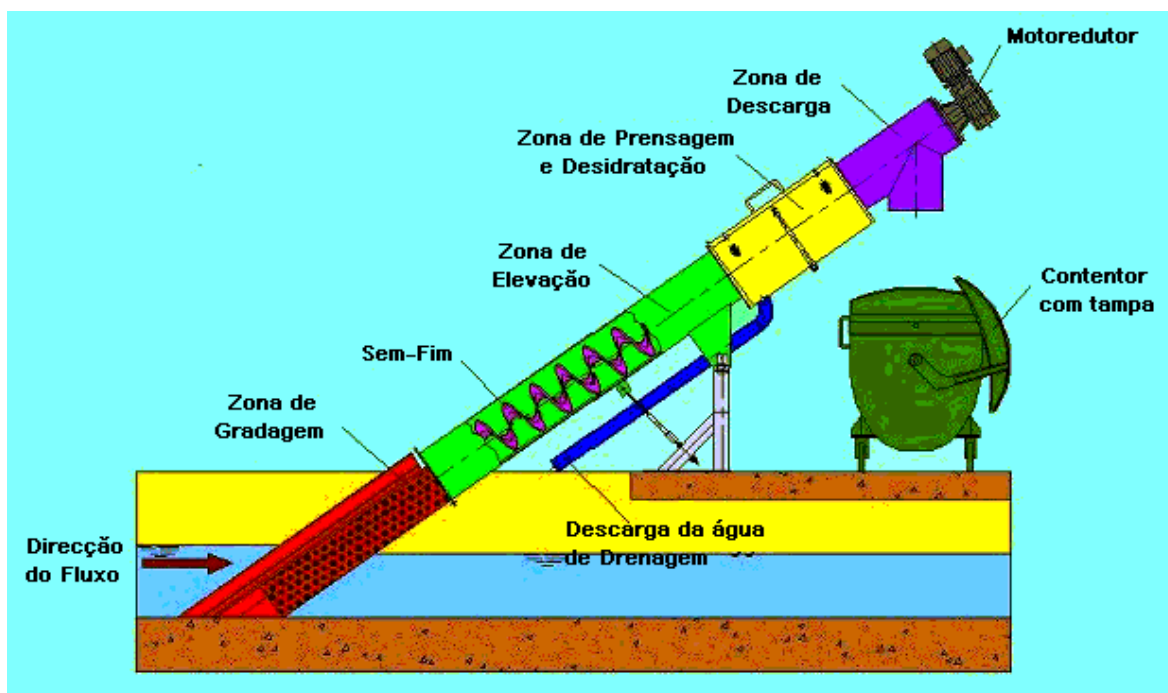


Figura 7 - Esquema de Tamisador/compactador

5.3.3 Medição de Caudal

A medição do caudal afluente à ETAR é conseguida graças a um Caudalímetro ultrassónico, instalado entre o equipamento de gradagem e o equipamento de desarenação/desengorduramento, que se encontra montado sobre um canal de *Parshall*.

A deteção do nível do líquido a montante do descarregador *Parshall* será efetuada através de um detetor de nível, do tipo ultrassónico, que deverá possuir indicação local do valor de caudal instantâneo e do volume total acumulado.

Atendendo ao caudal alimentado à ETAR, será adotado equipamento pré-fabricado em PRFV para o descarregador *Parshall*, uma vez que este tipo de equipamento, relativamente a descarregadores de betão construídos *in situ*, apresenta maiores garantias dimensionais, e conseqüentemente, de precisão de medição.

O detetor de nível do líquido deverá estar posicionado a uma distância de $2/3$, relativamente ao comprimento da secção convergente, para montante da garganta do descarregador *Parshall*. O detetor ultrassónico deverá estar instalado a uma cota que corresponderá a uma distância mínima de 500 mm relativamente ao nível máximo do líquido, considerando o caudal máximo admitido pelo descarregador em questão.

A conceção da instalação deverá permitir que as condições de aproximação ao *Parshall* resultem num escoamento relativamente estável, sem perturbações na lâmina líquida. Também se deverá impedir que as condições de jusante interfiram com o escoamento do líquido no *Parshall*, nomeadamente no que respeita ao nível de afogamento, que corresponderá à relação entre as alturas do nível líquido a jusante, medido na secção final da garganta, e a montante, relativamente à cota de fundo da garganta, e que deverá ser inferior a 50%.



Figura 8 - Medidor de caudal Parshall

Face à estimativa de caudais de ponta afluentes à instalação considera-se que a medição de caudal será efetuada através de um descarregador *Parshall* com 2" (50,8 mm) de largura de garganta.

Este tipo de descarregador *Parshall* apresenta uma gama de medição de caudal que oscila entre 0,65 e 47,52 (l/s).

5.3.4 Desarenador/Desengordurador

O desarenador/desengordurador destina-se à remoção de areias e gorduras, de modo a proteger os equipamentos eletromecânicos instalados a jusante, facilitar o tratamento e evitar possíveis obstruções nos coletores, resultantes da aderência de gordura. O desarenador/desengordurador será do tipo compacto, equipado com pá raspadora de gorduras e separador de areias longitudinal. A areia extraída do desarenador é separada da água num classificador de areias e armazenada em contentores adequados de forma a serem transportados a destino final (aterro). A gordura é recolhida numa caixa lateral ao separador de areias e conduzida por uma pá raspadora para o reservatório de armazenamento. As gorduras separadas serão armazenadas em contentores adequados de forma a serem transportadas a destino final.



Figura 9 - Desarenador/desengordurador

Os principais componentes deste equipamento são os seguintes:

- Tanque de aço inoxidável AISI 304;
- Transportador horizontal;
- Classificador de areias com descarga aberta (para a esquerda);
- Arejamento de gorduras (com compressor);
- Pá raspadora de gorduras.

A tabela 17 apresenta as principais características dimensionais e de operação do equipamento de desarenação/desengorduramento.

Tabela 17 - Características geométricas do equipamento de desarenação/desengorduramento

Parâmetro	Valores			Unidades
	Gama	Típico	Obtido	
Tempo de Retenção	45 - 90	60	60	s
Velocidade horizontal	0,25 - 0,4	0,3	0,3	m/s
Velocidade sedimentação para remoção da partícula mais pequena	0,6 - 0,9	0,75	0,75	m/min
Caudal de ponta			2033,86	m ³ /dia
Área			1,88	m ²
Comprimento			5	m
Largura			5	m
Área da secção			0,08	m ²
Altura lâmina líquida			0,3	m
Volume			59,32	m ³

Os cálculos de dimensionamento encontram-se no anexo A.

A jusante do tratamento preliminar as águas residuais afluem ao decantador primário.

5.4. Decantação Primária

O objetivo da decantação primária é a remoção de sólidos que não foram removidos no tratamento preliminar, devido à sua reduzida dimensão.

O efluente, uma vez no decantador primário adquire um estado de relativo repouso onde a matéria em suspensão, com peso gravítico maior que a água, é sedimentada por gravidade até ao fundo do decantador, enquanto que os sólidos com peso menor que a água se mantêm à superfície. A matéria depositada no fundo do decantador é removida para posterior deposição (METCALF & EDDY, 2003).

Os decantadores primários constituem a forma mais económica de remover CBO_5 e SS (cerca de 30% de CBO_5 e 60% de SS, no caso dos esgotos domésticos de acordo com a figura 10).

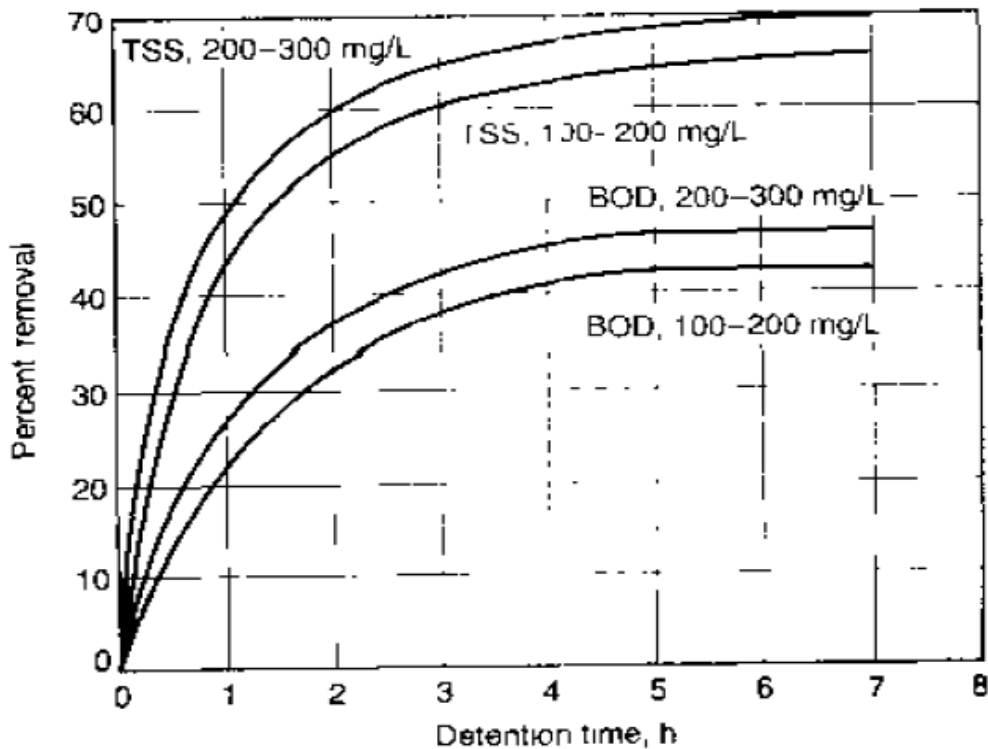


Figura 10 - Remoção típica de CBO e SST em tanques de decantação primária. (Fonte: Metcalf & Eddy, 2003)

A remoção de CBO e SST reflete-se na diminuição da necessidade de oxigénio e nos consumos de energia, o que reduz os problemas operacionais dos processos biológicos realizados a jusante (MOURA, 2012).

A concentração de sólidos nas lamas da decantação primária pode variar entre 2,0 e 8,0 %.

Será instalado um tanque, de estrutura circular que estará munido de pontes raspadoras de fundo para remover os sólidos e de superfície para remoção de sobrenadantes.



Figura 11 - Decantador primário

A tabela 18 resume as características principais (geométricas e operacionais) do decantador primário.

Tabela 18 - Dimensionamento do decantador primário

Parâmetros	Valores			Unidades
	Gama	Típicos	Obtidos	
Estrutura	Circular			
Profundidade	3,0 - 4,9	4,3	3,3	m
Diâmetro	3,0 - 60	12,0 - 45,0	5,0	m
Tempo de Retenção Hidráulico	1,5 - 2,5	2	2	h
Carga Hidráulica	30 - 50	40	40	m ³ /m ² .d
Caudal ponta			2033,86	m ³ /dia
Área			19,76	m ²
Volume			65,9	m ³
Remoção CBO ₅			30	%
Remoção SST			60	%

Os cálculos de dimensionamento apresentam-se no anexo B.

5.5. Tratamento Biológico

O principal objetivo do tratamento biológico é a remoção de compostos orgânicos e nutrientes, que se encontram dissolvidos ou em suspensão no efluente a tratar.

Através do metabolismo dos microrganismos, os compostos orgânicos e nutrientes são degradados para síntese de novas células. Trata-se portanto de um processo de autodepuração microbiológica, onde ocorre transferência de poluição da fase líquida para uma lama biológica, que necessitará de posterior tratamento (SILVA, 2003). Este processo pode ser traduzido pela seguinte expressão:



É perceptível que, para permitir o metabolismo dos microrganismos, é necessário fornecer oxigénio. A forma como a oxigenação é efetuada, está na origem das várias alternativas existentes para os processos de tratamento biológico (SILVA, 2003).

O efluente procedente do decantador primário segue para o tanque de arejamento onde a matéria orgânica solúvel será removida aerobicamente por microrganismos que se encontram em suspensão. Para que seja possível manter os microrganismos em suspensão, é necessário agitar o conteúdo do tanque ao mesmo tempo que é provido o ar necessário ao seu metabolismo (METCALF & EDDY, 2003).

Dada a necessidade de manter os microrganismos no tanque é necessário separá-los do efluente, operação que é realizada no decantador secundário, e recirculá-los ao tanque de arejamento numa corrente de maior concentração em sólidos (microrganismos) do que a concentração de entrada do decantador (METCALF & EDDY, 2003).

Na figura 12 é apresentado o diagrama do processo.

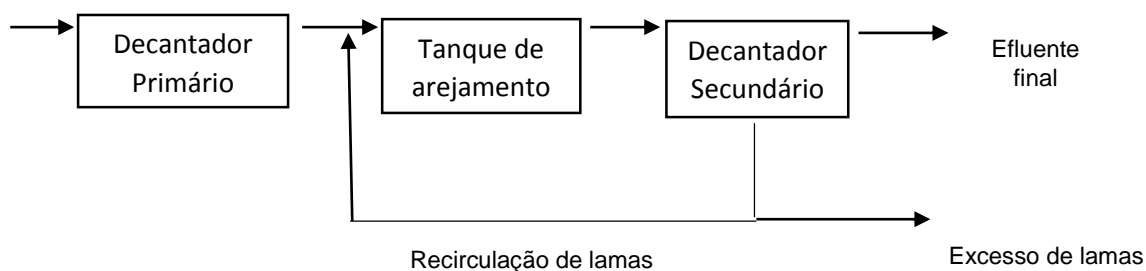


Figura 12 - Diagrama do processo de lamas ativadas

Existem, várias alternativas para os sistemas de lamas ativadas que condicionam os critérios de dimensionamento do reator. Algumas destas alternativas são apresentadas nas tabelas 19, 20 e 21, bem como os critérios de dimensionamento do tratamento biológico.

Os sistemas de lamas ativadas na variante de média carga aplicam-se a uma larga gama de dimensões de ETAR, revelando uma relação de compromisso entre o rendimento de tratamento, os custos de investimento e exploração e a produção de lamas em excesso (SILVA, 2003).

Tabela 19 - Principais parâmetros de dimensionamento do processo de lamas ativadas em reator convencional [adaptado de Metcalf & Eddy, 2003]

Parâmetro	Gama	Unidades
TRS	3 - 15	dia
	5 - 15	
F/M	0,2 - 0,6	kg CBO ₅ /kg MLSS.d
Carga Volúmica	0,3 - 1,6	kg CBO ₅ /m ³ .dia
	0,8 - 2,0	
MLSS	1500 - 4000	mg/l
	3000 - 6000	
Tempo de arejamento	3 - 5	h
Recirculação de lamas	25 - 100	%

Tabela 20 - Parâmetros operacionais do processo de lamas ativadas em regime de arejamento convencional de mistura completa [adaptado de Metcalf & Eddy, 2003]

Parâmetro	Gama	Unidades
Idade de lamas	3 a 15	dias
F/M	0,2 - 0,5	kg CBO ₅ /kg SSV.d
Carga Volúmica	0,3 - 0,7	kg CBO ₅ /m ³ .d
SST	3000 - 5000	mg SST/l
SSV	2400 - 4000	mg SSV/l
TRH	4 a 8	h
Produção de lamas	0,3 - 0,5	kg MS/kg CBO ₅ rem
Consumo de oxigénio	0,8 - 1,2	kg O ₂ /kg CBO ₅ rem

Tabela 21 - Critérios de dimensionamento do processo biológico de lamas ativadas. [adaptado de Metcalf & Eddy, 2003]

Variantes	Carga Mássica (kg CBO ₅ /kg SST/d)	Sólidos Suspensão Tanque Arejamento (kg SST/m ³)	Consumo Oxigénio (kg O ₂ /kg CBO ₅ /d)	Lamas em excesso (kg SST/kg CBO ₅ /d)	Remoção de CBO ₅ (%)
Arejamento Prolongado	0,05 - 0,15	3 - 6	2	0,4	95
Convencional	0,3 - 0,5	2 - 2,5	0,8	0,8	95
Alta Carga	1 - 2	2 - 2,5	0,5	1,2	60 - 70

A opção pelo tratamento biológico por lamas ativadas, na variante de arejamento convencional constitui uma boa solução técnica, pois este tipo de sistema é idóneo pelo rendimento ótimo que se consegue no grau de depuração, como pela simplicidade do funcionamento e manutenção dos órgãos.

O tanque de arejamento constitui o reator biológico onde se processa a degradação da matéria orgânica afluyente.



Figura 13 - Tanque de arejamento

Num reator convencional em mistura completa é assumido que a carga orgânica no tanque de arejamento, a concentração de sólidos em suspensão e as necessidades de oxigénio são constantes em todo o volume do reator. Este tipo de reatores apresenta maiores volumes que os reatores de fluxo-pistão e capacidades de diluição superiores, devido à sua boa mistura, sendo aplicados quando se verificam grandes variações de cargas afluentes ao sistema (FERREIRA, 2006).

Numa fase posterior, poderá haver a uma subdivisão do reator biológico em duas linhas de tratamento, a funcionar em paralelo, com o objetivo de conferir flexibilidade àquela que é a etapa principal do tratamento da fase líquida e garantir a otimização dos custos energéticos.

Por ser o principal órgão da instalação, apresenta-se de seguida a metodologia de cálculo utilizada:

- 1) Relações paramétricas de qualidade da água residual:

$$bCQO = 1,6 \times CBO_5$$

$$nbCQO = CQO - bCQO$$

$$sCQOe = sCQO - 1,6 \times sCBO_5$$

$$nbVSS = \left(1 - \frac{bpCQO}{pCQO}\right) \times VSS$$

$$iTSS = TSS - VSS$$

2) Produção diária de biomassa:

$$P_{X,bio} = \frac{Q \times Y \times (S_a - S)}{1 + K_d \times SRT} + \frac{f d \times K_d \times Q \times Y \times (S_o - S) \times SRT}{1 + K_d \times SRT}$$

$$S = \frac{K_s \times (1 + K_d \times SRT)}{SRT \times (\mu_m - \mu_d) - 1}$$

$$\mu_{m,T} = \mu_m \times \theta^{T-20}$$

$$K_{d,T} = K_{20} \times \theta^{T-20}$$

3) Massa de sólidos:

$$P_{X,VSS} = P_{X,bio} + Q \times nbVSS$$

$$P_{X,TSS} = \left(\frac{P_{X,bio}}{0,85}\right) + Q \times nbVSS + Q \times (TSS_0 - VSS_0)$$

$$X_{VSS} \times V = P_{X,VSS} \times SRT$$

$$X_{TSS} \times V = P_{X,TSS} \times SRT$$

4) Volume do tanque:

$$V = \frac{P_{X,TSS} \times SRT}{MLSS}$$

5) Tempo de retenção no tanque:

$$\tau = \frac{V_{TANQUE}}{Q}$$

6) Massa de sólidos suspensos:

$$MLVSS = \left(\frac{kg VSS}{kg TSS}\right) \times MLSS$$

7) Carga mássica (relação F/M)

$$\left(\frac{F}{M}\right) = \frac{Q (m^3/d) \times S_o (g/m^3)}{V (m^3) \times MLVSS (g/m^3)}$$

8) Carga de CBO:

$$CBO = \frac{Q (m^3/d) \times S_o (g/m^3)}{V (m^3)}$$

9) Quantidade de oxigénio requerida com oxidação dos compostos carbonáceos:

$$R_0 = Q \times (S_0 - S) - 1,42 \times P_{X,bio}$$

10) Caudal de ar com arejamento por bolha fina:

$$AOTR = SOTR \times \frac{\beta \times C_{s,t,h} - C_l}{C_{s,20}} \times 1,024^{T-20} \times \alpha \times F$$

$$Q_{ar} \left(\frac{kg}{min} \right) = \frac{SOTR \left(\frac{kg}{h} \right)}{E \times 60 \left(\frac{min}{h} \right) \times kgO_2/m^3 ar}$$

O arejamento da biomassa será realizado através da injeção de ar no fundo do tanque, por intermédio de uma malha de difusores.

A difusão de ar ao longo da massa de líquido proporciona a utilização do oxigénio pelos microrganismos aeróbios, que procedem à degradação da matéria orgânica presente nas águas residuais a tratar, ao mesmo tempo que garante a suspensão dos sólidos que constituem o licor misto.

O sistema de arejamento instalado deverá ser concebido para conseguir garantir em cada ponto do reator biológico uma concentração de oxigénio mínima entre 1,5 a 2 mg/l para as condições de afluência e para as restantes condições de dimensionamento adotadas.

O ar será fornecido por um soprador, que será instalado no edifício de apoio equipado com um isolamento acústico, e conduzido aos difusores com uma tubagem de aço.

Será ainda instalada uma sonda de oxigénio para monitorização do processo e controlo do compressor de ar (funcionamento em função do teor de oxigénio dissolvido, ou temporizador).

A sonda medidora de oxigénio permite, através da existência de dois valores-limite (máximo e mínimo, a regular em fase de ensaios), proceder à paragem e arranque do compressor.

A recirculação de lamas será feita desde o decantador secundário com um grupo de bombagem.

O dimensionamento deste órgão teve em conta os seguintes aspetos principais:

- Tratamento biológico com lamas ativadas em tanque de arejamento, em regime de arejamento convencional com recirculação;
- Concentração média de oxigénio dissolvido nos tanques de arejamento de 2,0 mg/l;
- Temperatura média das águas residuais de 12 °C;
- Controlo automático, com autómato instalado no quadro elétrico, dos níveis de oxigénio dissolvido através da instalação de sonda de oxigénio dissolvido;
- Concentração mínima de oxigénio dissolvido nos tanques de arejamento de 1,0 mg/l.

Prevê-se o funcionamento de apenas um reator durante o período inicial de exploração da ETAR, ou seja, para metade da sua capacidade de tratamento.

Os principais parâmetros e critérios de dimensionamento do processo de lamas ativadas em arejamento convencional (média carga) são os que se resumem na tabela seguinte:

Tabela 22 - Dimensionamento do tanque de arejamento

Parâmetros	Unidades	Valor
Caudal	m ³ /d	790,56
TRS	d	5
Número de tanques	-	1
Volume tanque	m ³	738
Tempo de Retenção Hidráulico no tanque - TRH	h	22,4
Sólidos Suspensos Voláteis no tanque - MLVSS	g/m ³	2263
Sólidos Suspensos Totais no tanque - MLSS	g/m ³	3000
Relação Alimento/Microrganismos - F/M	kg/kg.d	0,21
Carga de CBO	kg/m ³ .d	0,48
Produção de lamas	kg/d	443
Necessidade de oxigénio	kg/h	13,71
Caudal de ar	m ³ /min	6,31
Razão de recirculação	-	0,6
Temperatura	°C	12
Rendimento biomassa/substrato - Y	g SSV / g b CQO	0,4
Rendimento biomassa/substrato observado - Yobs	g SSV / g b CQO	0,585
Decaimento celular - Kd	g SSV / g SSV.d	0,12

Taxa específica de crescimento máximo - μ_m	g SSV / g SSV.d	6,0
Constante de meia saturação	g b CQO / m ³	20
fd		0,15
$\theta\mu_m$		1,07
θK_d		1,04
Fator de arejamento - α		0,5
Fator β		0,95
Fator de arejamento - F		0,9
Número de arejadores		139
Relação SSV/SST		0,75

Os cálculos de dimensionamento apresentam-se no anexo C.

5.6. Decantador Secundário

A decantação secundária traduz-se pelo processo de sedimentação, permitindo a separação da biomassa do efluente. Desta forma é possível a recirculação de lamas para o tanque de arejamento, bem como a remoção de lamas em excesso.

Enquanto a sedimentação de sólidos é evitada no tanque de arejamento por ação de equipamento de arejamento e agitação, o decantador secundário é dimensionado para promover essa operação unitária (MOURA, 2012).



Figura 14 - Decantador secundário

As águas residuais afluentes penetram diretamente na zona central da câmara de decantação, que dispõe de um deflector anelar para tranquilização do escoamento, sendo obrigadas a efetuar um escoamento vertical descendente que facilita a decantação. O tempo de retenção no decantador secundário deve ser suficiente para se verificar a ocorrência dos fenómenos físicos de sedimentação dos sólidos em suspensão e de flotação dos sobrenadantes, que originam a acumulação de lamas no fundo do decantador e a eventual acumulação de escumas a superfície.

O líquido clarificado adquire um movimento ascensional e abandona o decantador através de uma lâmina descarregadora disposta em todo o perímetro da parte superior cilíndrica, sendo então recolhido por uma caleira inclinada, disposta como uma coroa circular, que após passagem pelo tratamento terciário, drena para uma câmara de visita a partir da qual o efluente é posteriormente conduzido ao meio recetor.

As lamas são descarregadas, por pressão hidrostática, para a estação elevatória de recirculação.

Antes da introdução nos decantadores secundários, o licor misto é desgaseificado, por queda, à saída do tanque de arejamento.

O clarificador, de dupla célula, é provido de pontes raspadoras com sucção para a extração rápida das lamas sedimentadas.

As lamas são extraídas pelos tubos de sucção das pontes raspadoras para o posto de recirculação comum ao decantador. A partir deste, é efetuada a recirculação das lamas para o reator biológico, através de grupos eletrobomba submersíveis, com uma taxa de 60%, regulada em função do número de bombas em funcionamento.

A repartição dos afluentes nos órgãos de tratamento é feita com descarregadores e orifícios imersos.

Uma vez que existem praias fluviais na zona, o efluente será ainda sujeito a tratamento terciário.

Dado o grau de tratamento do efluente tratado, é possível efetuar-se o seu reaproveitamento para determinados usos que não requeiram água potável, como é o caso da lavagem de pavimentos, contentores, etc., e a rega dos espaços verdes.

O transporte das escorrências do espessador efetuar-se-á para o tanque de arejamento graviticamente.

Da aplicação das condições existentes e dos dados de base considerados resultam as condições de funcionamento que se resumem na tabela 23.

Tabela 23 - Dimensionamento do Decantador Secundário

Parâmetro	Unidades	Valor
Caudal de dimensionamento horário	m ³ /h	32,94
Área superficial útil	m ²	57,5
Raio útil	m	4,3
Diâmetro	m	9
Carga hidráulica (Q _{médio})	m ³ /m ² /h	22
Carga hidráulica (Q _{ponta})	m ³ /m ² /h	44
Carga de sólidos (Q _{médio})	kg MS/m ² /h	2,8
Carga de sólidos (Q _{ponta})	kg MS/m ² /h	7,1
Volume	m ³	239,6
Profundidade	m	4
Número de decantadores	Unidade	1

O dimensionamento do decantador secundário consiste na determinação da área superficial e do volume útil das câmaras de decantação. Os critérios de dimensionamento considerados apresentam-se na tabela 24.

Tabela 24 - Critérios de dimensionamento do decantador secundário (Metcalf & Eddy, 2003)

Parâmetro		Gama	Unidades
Carga Hidráulica	Caudal médio	16 - 28	m ³ /m ² .d
	Caudal ponta	40 - 64	
Carga de sólidos	Caudal médio	5 - 7	kg/m ² .h
	Caudal ponta	9	
Altura de líquido		3,5 - 6	m
Carga sobre o descarregador	Caudal médio	124	m ³ /ml.d
	Caudal ponta	250	

A estação elevatória de recirculação de lamas destina-se a conduzir as lamas provenientes do decantador secundário para recirculação (diretamente para o tanque de arejamento) e/ou para o sistema de tratamento de lamas.

As lamas produzidas no tratamento biológico são extraídas do fundo do decantador secundário e conduzidas por pressão hidrostática até a estação elevatória de lamas. Parte dessas lamas deve ser recirculada para o tratamento biológico, a fim de garantir a existência constante, no tanque de arejamento, de uma concentração de microrganismos adequada. As restantes lamas, designadas por lamas em excesso, são conduzidas ao espessador gravítico.

A quantidade de lamas em excesso depende, portanto, da taxa de recirculação de caudal e da própria exploração da ETAR, estando intrinsecamente relacionada com o funcionamento do tanque de arejamento. De acordo com as condições de funcionamento do tanque, e admitindo caudais de recirculação de 60% do caudal médio, considera-se que a quantidade de lamas produzidas no tratamento biológico (incluindo lamas em excesso e lamas a recircular) possa assumir os valores indicados na tabela abaixo.

Tabela 25 - Quantidade de lamas produzidas no tratamento biológico

Grandeza	Unidade	Valor
Lamas em excesso (total)	kg / dia	442,87
Lamas Recirculadas	m ³ / h	19,76

5.7. Tratamento Terciário

Dada a localização proposta para a instalação da ETAR de Sever do Vouga Sul, a montante de uma zona com praias fluviais informais, propõe-se incluir no esquema de tratamento um tratamento terciário, com desinfecção por ultravioletas.

Este sistema de tratamento compreende uma descarga de radiação, que seja capaz de destruir os microrganismos patogénicos presentes no efluente. As lâmpadas são imersas num canal onde passa o efluente a tratar. A dose de radiação é controlada pelo número de lâmpadas usadas e pelo tempo de contacto destas com o efluente. A radiação provoca a rutura das cadeias ADN portadoras da informação genética, o que leva a que os microrganismos se tornem incapazes de se reproduzirem, acabando por serem eliminados. Além de ser uma solução avançada é também ecológica uma vez que não necessita de produtos químicos (SILVA, 2003).

O objetivo de tratamento desta operação unitária será de: 100 VMR de Coliformes Fecais/100 ml, na água a descarregar na linha de água. Parte do efluente tratado será aproveitado para rega.

Com o sistema de tratamento a implantar pretende-se garantir a qualidade da água tratada na ETAR em conformidade com as normas legalmente estabelecidas para descarga de águas residuais no meio recetor, e também para a água utilizada na manutenção dos espaços envolventes.

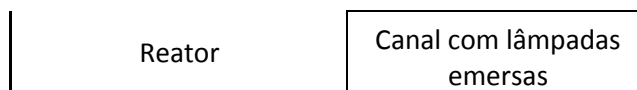


Figura 15 - Equipamento de desinfeção por UV

A tabela 26 apresenta os principais dados de referência para o dimensionamento do sistema de desinfeção por UV.

Tabela 26 - Dimensionamento do equipamento de desinfeção UV

Parâmetro	Valor	Unidade
Transmitância	59	%
Absorvância	0,229	u.a./cm
Nº lâmpadas	51	
Comprimento	4	m
Largura	1	m
Módulos	6	
Volume	0,94	m ³
Tempo exposição mínimo	40	s
Dose aplicada	50,35	mJ/cm ²
Intensidade	1,26	mW/cm ²
Intensidade média	0,53	mW/cm ²
N	100 VMR coliformes fecais/100 ml	



A dose de UV é dada pela seguinte expressão:

$$D = I \times t$$

Em que:

D – Dose UV, mW.s/cm²

I – Intensidade UV, mW/cm²

t – Tempo de exposição, s

Tabela 27 - Características das lâmpadas UV utilizadas na desinfecção de águas residuais [adaptado de Metcalf & Eddy, 2003]

Item	Unidade	Tipo de lâmpada		
		Baixa pressão Baixa intensidade	Baixa pressão Alta intensidade	Média pressão alta intensidade
Potência consumida	W	70 - 100	200	
Corrente elétrica	kW	350 - 550	1,2	2,0 - 5,0
	mA		Variável	Variável
Voltagem	V	220	Variável	Variável
Eficiência	%	30 - 40	25 - 35	10,0 - 12,0
Saída da lâmpada a 254 nm	W	25 - 27	60 - 400	
Temperatura	°C	35 - 45	90 - 150	600 - 800
Pressão	mm Hg	0,007	0,001 - 0,01	
Comprimento	m	0,75 - 1,5	Variável	Variável
Diâmetro	mm	15	Variável	Variável

Os cálculos de dimensionamento encontram-se no anexo D.

5.8. Tratamento de Lamas

A fase sólida corresponde às lamas obtidas em ambas as decantações. Podem ser geradas de forma mista, ou então de forma separada e só posteriormente processadas em conjunto.

As lamas retiradas do decantador secundário serão elevadas para o silo espessador gravítico, que diminui o seu conteúdo em água.

É necessário que as lamas sejam submetidas a um tratamento específico com o objetivo de estabilizar a grande quantidade de matéria putrescível presente nas lamas, de forma a ser evitada a ocorrência de maus cheiros e o desenvolvimento de microrganismos patogénicos (SILVA, 2003).

O processo de compactação dos dois tipos de lamas é distinto, devido à diferença de densidades das lamas. As lamas primárias são mais densas devido à sua componente mineral.

Depois de estabilizada, a lama pode apresentar características semelhantes às de um fertilizante, o que pode ser aproveitado na valorização energética deste subproduto.

A operação de espessamento tem por objetivo aumentar a concentração de sólidos das lamas provenientes dos decantadores, para valores situados entre 15 e 100 g/l, com a consequente redução do volume das lamas. Desta forma, podem ser utilizados órgãos de condicionamento de menor volume, podem ser reduzidos custos com transporte de lamas, podem ser utilizadas tubagens com menor diâmetro, bem como menos equipamentos de bombagem. Além disso, o funcionamento das instalações de desidratação é favorecido, possibilitando ainda a deposição de lamas em aterro (MOURA, 2012).



Figura 16 - Espessador gravítico

O espessador gravítico pode ter diversas formas geométricas e disposições construtivas, sendo normalmente constituído por uma câmara de betão armado apoiada no solo, que funciona como câmara de decantação, clarificando a fase líquida e concentrando as lamas no fundo. Neste órgão distingue-se a zona superior de clarificação da fase líquida, a intermédia de decantação e a inferior de espessamento de lamas. O silo dispõe ainda de um sistema de extração de lamas e de saída do líquido sobrenadante.

As lamas afluentes penetram diretamente na zona superior do silo, onde permanecem durante um período de tempo suficiente para se verificar a ocorrência dos fenómenos físicos de sedimentação e espessamento das lamas.

O dimensionamento do espessador de lamas consiste na determinação da área superficial e do volume útil da câmara de decantação.

Tabela 28 - Critérios de dimensionamento do espessador de lamas (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

Parâmetro	Unidade	Gama de valores
Concentração de sólidos afluentes	%	0,5 - 1,5
Carga de sólidos	kg/m ² .dia	55
Captção de sólidos	%	60 - 85
SST no sobrenadante	mg/l	200 - 1000
Carga hidráulica	m ³ /m ² .d	4 - 8
Tempo de retenção	d	>1
Altura total	m	> 3

Na tabela 29 são apresentadas as principais características geométricas do espessador de lamas.

Tabela 29 - Características geométricas do espessador de lamas

Grandeza	Unidade	Valor
Diâmetro interior	m	3,2
Altura	m	4
Área útil	m ²	8,1
Volume	m ³	32,4

Os cálculos de dimensionamento apresentam-se no anexo E.

O espessador tem um volume útil de 32,2 m³, pois é deixado um volume de cerca de 200 litros no fundo cónico do espessador.

O processo de desidratação será concebido numa centrífuga colocada em maciços de betão sobre suportes vibratórios, permitindo a redução do nível de ruído. Será instalada uma centrífuga montada na horizontal e afunilada no fim. A estrutura rotativa permite que lama se desloque para a zona afunilada na qual o sólido desidratado é descarregado (SILVA, 2013).



Figura 17 - Centrífuga de desidratção de lamas

Por fim, as lamas desidratadas são enviadas, através de um sistema de bombagem adaptado a este tipo de lamas, para semi-reboques que posteriormente as transportarão até ao destino final.

Deste modo, termina a exposição dos vários processos que poderão ser incluídos no processo global de uma ETAR, caso o objetivo do tratamento assim o exija.

5.9. Destino Final

As lamas são um resultado inevitável do tratamento de águas residuais sendo um dos principais problemas associados à exploração de ETAR. Por outro lado se forem administradas corretamente podem constituir um importante recurso renovável.

De entre as várias alternativas para a utilização das lamas salientam-se a valorização agrícola, a recuperação de solos, florestas e o recobrimento de aterros sanitários. Pelo seu teor em matéria orgânica e nutrientes constituem um fertilizante orgânico de grande valor. Podem também servir de corretoras de solo graças ao seu pH alcalino. Além disso, podem constituir um elevado potencial energético proveniente da digestão anaeróbia das lamas.

Deve ser feita a compostagem das lamas de modo a eliminar metais pesados, garantindo uma maior higienização para salvaguarda dos seres vivos. Além da compostagem existem outras técnicas para tratamento de lamas tendo em vista a sua deposição ou valorização energética, tais como: estabilização química com sal, digestão anaeróbia, secagem térmica e incineração.

A utilização de lamas na agricultura é comum, visto ser uma solução barata, conseguindo-se um benefício mútuo quer para o agricultor, quer para o município. No entanto é obrigatório analisar a concentração de metais pesados presentes nas lamas antes da sua deposição no solo, de acordo com o Decreto-Lei n.º 446/91, de 22 de Novembro.

A prática mais comum é a utilização de lamas de ETAR, composta ou tratada quimicamente, como solo de cobertura em aterro. Estes são adequados à deposição de lamas se também forem usados para deposição de resíduos sólidos.

O destino final das lamas depende portanto da sua composição, das características de solo das diversas áreas e da viabilidade prática, técnica e económica das várias alternativas.

6. Custos Unitários

A empreitada inclui a execução das obras de construção civil (movimentos de terras, órgãos de betão armado, circuitos hidráulicos) e de fornecimento e montagem de equipamentos metalomecânicos, eletromecânicos, elétricos, de automação, instrumentação e telegestão.

6.1. Redes de Drenagem e Coletores Gravíticos

Custos de Investimento

Os custos de investimento para construção de emissários dependem do material da tubagem e das condições de implantação.

Para determinação das quantidades de trabalho para instalação dos emissários foram utilizados os seguintes critérios:

- Largura da vala igual a $D_{ext} + 0,50$ m;
- Vala com paredes verticais;
- Arranque e reposição de pavimentos numa faixa com a largura da vala mais 0,20 m para cada lado;
- Recobrimento médio da tubagem igual a 1,5 m;
- Câmaras de visita com afastamento médio de 40 m.

Os materiais considerados nas estimativas de custos foram o PVC corrugado.

Tabela 30 - Custos por metro de tubagem instalada em vala

DN (mm)	Custo (€/m)
200	79
250	89
315	103
400	128

Para os ramais propõe-se o custo de 400 euros por ramal.

Custos de manutenção

Considerou-se que os custos de manutenção dos coletores gravíticos a construir correspondiam, anualmente, a 0,25% do valor do investimento nas mesmas condutas.

Para os coletores existentes a integrar, efetuou-se uma estimativa de custo com base nas suas características, considerando-se que o custo de manutenção será também de 0,25% do valor estimado.

6.2. Condutas Elevatórias

Custos de investimento

Os custos de investimento para construção de condutas elevatórias de águas residuais ou para troços de emissários em pressão, são apresentados em função do material da tubagem e da classe de pressão.

Para determinação das quantidades de trabalho para instalação das condutas em vala foram utilizados os seguintes critérios:

- Largura da vala igual a $D_{ext} + 0,50$ m;
- Vala com paredes verticais;
- Arranque e reposição de pavimentos numa faixa com largura da vala mais 0,20 m para cada lado;
- Recobrimento médio da tubagem igual a 1,0m.

Os materiais considerados nas estimativas de custos foram o PEAD MRS 80, incluindo os custos de acessórios e eventuais soldaduras com rendimentos de acordo com indicação do fabricante.

Na tabela 33 apresentam-se os custos da tubagem instalada em vala, em função do material, do diâmetro e da classe de pressão.

Tabela 31 - Custos por metro de tubagem de PEAD instalada em vala

DN (mm)	Custo (€/m)
110	67
125	69
140	73
160	78
200	91
250	112

Custos de manutenção

Para a manutenção das condutas elevatórias, considera-se um encargo anual de 1% do investimento inicial. Este valor é superior ao da manutenção dos coletores gravíticos, pois considera-se que as tubagens onde o escoamento se processa em pressão, como é o caso das condutas elevatórias, estão sujeitas a um maior desgaste e a uma probabilidade de ocorrência de anomalias.

6.3. Estações Elevatórias

Custos de investimento

As estações elevatórias a utilizar no presente caso serão infraestruturas de pequenas dimensões que poderão ser subdivididas em quatro zonas: câmara de chegada, onde se processa a gradagem; poço de bombagem; câmara de manobras e comando e saída da conduta elevatória.

Os custos das estações elevatórias de águas residuais dependem dos caudais e das alturas manométricas dos grupos eletrobomba, sendo profundamente influenciados pelas diferenças de conceção, pelo programa das instalações e pelos condicionamentos locais, nomeadamente pela cota dos coletores afluentes. Nesta fase são consideradas em geral estações elevatórias constituídas por grupos submersíveis em poço pré-fabricado PRFV com cesto de gradagem, caixa de válvulas e um armário para instalação do quadro elétrico.

Considera-se que as seguintes expressões traduzem as funções correspondentes às curvas de custo, que incluem os custos associados ao posto de transformação, à gradagem e à telegestão, para caudais elevados inferiores a 20 l/s:

- Construção civil: $C_{CC} = (32100 + 279 \times Q + 0,15 \times Q \times H)$;
- Equipamento: $C_{Eq} = (12000 + 1650 \times Q^{0,769} \times H^{0,184} + 9250 + 150 \times (Q \times H)^{0,305})$.

Para caudais superiores a 20 l/s propõem-se as seguintes expressões:

- Construção civil: $C_{CC} = (39904 + 374 \times Q + 0,15 \times Q \times H)$;
- Equipamento: $C_{Eq} = (1317 \times Q^{0,769} \times H^{0,184} + 2092 \times (Q \times H)^{0,466})$.

Em que:

Q – caudal a elevar (l/s)

H – altura manométrica (m)

Custos de manutenção

Considerou-se que os custos de manutenção anual das obras de construção civil correspondem a 0,25% do seu custo de investimento.

Quanto ao equipamento eletromecânico, previu-se um encargo de 2% ao ano do valor de investimento. Devido ao menor período de vida útil do equipamento, em comparação com o das restantes infraestruturas, previu-se uma substituição do equipamento ao final de 20 anos.

Encargos com energia

Para o cálculo dos encargos com energia elétrica é necessário considerarem-se duas parcelas. A primeira refere-se ao custo da potência contratada, que depende da potência dos grupos a instalar nas EE, que é determinada através da seguinte equação:

$$P = 9,8 \times Q_{dim} \times H / \eta \quad (\text{kW})$$

Sendo:

Q_{dim} – Caudal de dimensionamento da EE (m^3/s);

H – Altura manométrica (m);

η - Rendimento dos grupos eletromecânicos (-) para o qual foi considerado o valor de 50%.

Os custos da potência contratada apresentam-se no quadro abaixo, que corresponde ao tarifário da EDP, para instalações de baixa tensão.

A outra parcela refere-se ao custo da energia ativa gasta. Admitiu-se uma tarifa simples, independente do horário de utilização, que toma o valor unitário de 0,1390 €/kWh.

Tabela 32 - Custos da potência contratada

P_f (kVA)	T_p (€/mês)
6,9	10,53
10,35	15,19
13,8	20,06
17,25	24,92
20,7	29,78

A energia anual consumida na EE calcula-se através da seguinte expressão:

$$E_{\text{anual}} = 24 \times 365 \times 9,8 \times Q_{\text{md}} \times H / \eta \quad (\text{kWh})$$

Sendo Q_{md} o caudal médio diário (m^3/s).

6.4. Estações de Tratamento de Águas Residuais

Custos de investimento

Os custos de investimento dependem da população. Estes referem-se aos montantes a serem despendidos no primeiro investimento, em construção civil e equipamentos elétricos e eletromecânicos. A estação de tratamento de águas residuais a construir incluirá os órgãos em betão (tanque de arejamento e decantador secundário) e o edifício de apoio para desidratação de lamas.

Custos de manutenção

Consideram-se como os custos de manutenção os investimentos a fazer para a substituição de equipamentos que atingiram o seu período de vida útil antes do ano horizonte da instalação (40 anos) e para a manutenção da construção civil.

Foi previsto que os custos de manutenção atingirão 30% do valor de primeiro investimento.

Transporte de resíduos

Para o cálculo dos custos do transporte de lamas e de detritos sólidos produzidos no tratamento, é feita uma estimativa em função das quantidades de resíduos sólidos produzidos e o custo do seu transporte, em função do preço por quilómetro.

Na ETAR de Sever do Vouga Sul será instalada uma centrífuga dedicada para a desidratação mecânica das lamas. As lamas poderão ser vendidas para aproveitamento agrícola.

Reagentes

O único reagente poderá ser necessário ao tratamento é o polieletrólito, para condicionamento das lamas.

O custo em reagentes é estimado com base na estimativa de caudal de lamas a produzir na ETAR em função do preço do polieletrólito em pó.

Controlo analítico

Conforme a legislação vigente, DL 152/97, de 19 de Junho, e DL 348/98, de 9 de Novembro, deverão ser feitas campanhas de amostragem na ETAR.

Para ETARs com uma dimensão de $10000 \leq \text{ETAR} < 50000$ de população equivalente, como é o caso da ETAR de Sever de Vouga, serão feitas, como mínimo, doze amostras durante todos os anos de funcionamento da ETAR.

Deverá ser estimado um preço para as campanhas de recolha de amostras e calculado um custo em função do número de análises que deverão ser feitas na ETAR.

7. Conclusão

O presente trabalho foi desenvolvido com vista à elaboração de um estudo em termos de abastecimento de água e recolha de águas residuais em baixa.

Este trabalho teve como principal objetivo efetuar o pré - dimensionamento de uma nova ETAR a construir no município de Sever do Vouga para fazer face às disfunções existentes.

Efetuei o dimensionamento da 1ª fase do projeto, com o levantamento de elementos de base, população, delimitação de bacias drenantes, estimativa de capitações e avaliação das condições de descarga e da qualidade do efluente final.

A nova ETAR receberá os efluentes do sistema de drenagem constituído por seis sub-bacias.

Os critérios de seleção do processo de tratamento devem refletir a escolha da solução mais vantajosa do ponto de vista técnico, social, económico e ambiental. Deste modo considerou-se que a solução de tratamento mais adequada seria o tratamento biológico por lamas ativadas em regime de média carga.

A ETAR de Sever do Vouga será constituída pelos seguintes órgãos principais: equipamento de gradagem, tamisador compactador, desarenador/desengordurador, decantador primário, tanque de arejamento, decantador secundário, equipamento de desinfecção UV, estação elevatória de lamas, espessador de lamas e centrífuga.

Em cenário conservativo, a população servida pela ETAR no ano horizonte de projeto é da ordem de 10976 habitantes.

O efluente tratado será descarregado no rio Vouga, através de um emissário final.

Além do trabalho principal, desempenhei outras tarefas que me foram atribuídas, como por exemplo a reforma das Especificações Técnicas da AdRA.

As diversas tarefas por mim desenvolvidas ao longo deste estágio, integrado numa equipa em pleno funcionamento, permitiram-me aprofundar e adquirir conhecimentos muito importantes para uma vida profissional futura.

8. Referências Bibliográficas

- AdP – Águas de Portugal, SGPS - Planos Diretores para a criação dos Sistemas Multimunicipais de Baixa de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais do Norte, do Centro e Sul – Critérios de Conceção de soluções e estimativa de investimentos e custos operacionais.
- Anexo ao Documento de Enquadramento Estratégico – Município de Sever do Vouga, AdRA – Águas da Região de Aveiro, Setembro de 2009.
- Assembleia da República – Decreto-Lei n.º 58/05, de 29 de Dezembro. Diário da República, 2005.
- Dossier Técnico Abastecimento – Parceria para a Organização dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais em Baixa – Município de Sever do Vouga, AdP – Águas de Portugal, Maio de 2009.
- Dossier Técnico Saneamento – Parceria para a Organização dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais em Baixa – Município de Sever do Vouga, AdP – Águas de Portugal, Maio de 2009.
- ECKENFELDER, W. Wesley; Grau, Petr. - Activated Sludge Process Design and Control: Theory and Practice, Technomic Publishing Company, U.S.A, 1992.
- FERREIRA, F. - Modelação e Gestão Integrada de Sistemas de Águas Residuais, Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade Nova de Lisboa, 2006.
- GOMES, João P. D. - Custos de Construção de Infra-Estruturas de Abastecimento de Água e Saneamento, Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2010.
- HENZE, Mogens; JANSSEN, Poul; ARVIN, Eric. - Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes, Springer, third edition, Berlin, 2002.
- http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=006971&contexto=bd&selTab=tab2
- <http://www.aguasdevalongo.net/veolia/tecnica/sabermais2.asp>
- http://www.aquasdomondego.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=1950&t=E_TAR-de-Ribeira-de-Frades
- <http://www.eb1-albergaria-velha-n1.rcts.pt/Alb3/Aguagota/pagina4.htm>
- http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos_ficheirosintese
- http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos_lugar

- .edEphMDo4AU#hl=pt-BR&site=img&tbm=isch&oq=caleira+parshall+&gs_l=img.3...23335.25232.3.26160.2.0.2.0.0.0.0.0..0.0...0.0.0..1c.1.17.img.x81MIAuQcw&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.48572450,d.ZGU&fp=1b5478fdf23307b6&biw=1366&bih=643&q=caleira%20parshall&facrc= &imgdii= &imgrc=XG7YEWVHa_OLyM%3A%3B92iXyATAmS3_rM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.levelcontrol.com.br%252Fquivos%252Ffotos%252FUGUZN7projetoalharshall.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.levelcontrol.com.br%252Fprodutos.php%253Fpagina%253D1%2526linha%253D17%3B480%3B640"/>.img.MRs0nSBww40&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.48572450,d.ZGU&fp=4cecbdc1b918099&biw=1366&bih=600&q=centrifuga%20desidradora%20lamas&facrc= &imgdii=2s5bowski_e8vM%3A%3BNLAqA1sZrWp4M%3B2s5bowski_e8vM%3A&imgrc=2s5bowski_e8vM%3A%3Bn9W576Jn-GR9OM%3Bhttp%253A%252F%252Fi01.i.aliimg.com%252Fimg%252Fpb%252F638%252F904%252F437%252F437904638_151.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fportuguese.alibaba.com%252Fproduct-gs%252Findustrial-wastewater-dewatering-decanter-centrifuge-346071158.html%3B645%3B502"/>.img.MRs0nSBww40&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.48572450,d.ZGU&fp=4cecbdc1b918099&biw=1366&bih=600&q=centrifuga%20desidradora%20lamas&facrc= &imgdii=2s5bowski_e8vM%3A%3BNLAqA1sZrWp4M%3B2s5bowski_e8vM%3A&imgrc=2s5bowski_e8vM%3A%3Bn9W576Jn-GR9OM%3Bhttp%253A%252F%252Fi01.i.aliimg.com%252Fimg%252Fpb%252F638%252F904%252F437%252F437904638_151.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fportuguese.alibaba.com%252Fproduct-gs%252Findustrial-wastewater-dewatering-decanter-centrifuge-346071158.html%3B645%3B502"/>
- .img.MRs0nSBww40&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.48572450,d.ZGU&fp=4cecbdc1b918099&biw=1366&bih=600&q=centrifuga%20desidradora%20lamas&facrc= &imgdii=2s5bowski_e8vM%3A%3BNLAqA1sZrWp4M%3B2s5bowski_e8vM%3A&imgrc=2s5bowski_e8vM%3A%3Bn9W576Jn-GR9OM%3Bhttp%253A%252F%252Fi01.i.aliimg.com%252Fimg%252Fpb%252F638%252F904%252F437%252F437904638_151.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fportuguese.alibaba.com%252Fproduct-gs%252Findustrial-wastewater-dewatering-decanter-centrifuge-346071158.html%3B645%3B502"/>.img.MRs0nSBww40&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.48572450,d.ZGU&fp=4cecbdc1b918099&biw=1366&bih=600&q=centrifuga%20desidradora%20lamas&facrc= &imgdii=2s5bowski_e8vM%3A%3BNLAqA1sZrWp4M%3B2s5bowski_e8vM%3A&imgrc=2s5bowski_e8vM%3A%3Bn9W576Jn-GR9OM%3Bhttp%253A%252F%252Fi01.i.aliimg.com%252Fimg%252Fpb%252F638%252F904%252F437%252F437904638_151.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fportuguese.alibaba.com%252Fproduct-gs%252Findustrial-wastewater-dewatering-decanter-centrifuge-346071158.html%3B645%3B502"/>
- [.img.MRs0nSBww40&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.48572450,d.ZGU&fp=4cecbdc1b918099&biw=1366&bih=600&q=centrifuga%20desidradora%20lamas&facrc= &imgdii=2s5bowski_e8vM%3A%3BNLAqA1sZrWp4M%3B2s5bowski_e8vM%3A&imgrc=2s5bowski_e8vM%3A%3Bn9W576Jn-GR9OM%3Bhttp%253A%252F%252Fi01.i.aliimg.com%252Fimg%252Fpb%252F638%252F904%252F437%252F437904638_151.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fportuguese.alibaba.com%252Fproduct-gs%252Findustrial-wastewater-dewatering-decanter-centrifuge-346071158.html%3B645%3B502"/>](http://www.google.pt/search?hl=pt-BR&rlz=1G1TEUA_PT-PTPT527&q=desinfec%C3%A7%C3%A3o+UV+aguas+residuais&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=8O_SUazOHYyQ7Abqx4HoBQ&biw=1366&bih=600&sei=8u_SUeuxOuGM7Aam24HgDg#facrc= &imgdii= &imgrc=S3GJo40TkeHfIM%3A%3BSyDlnx2kulclTM%3Bhttp%253A%252F%252Fimg.alibaba.com%252Fphoto%252F584253957%252FUV_Waste_Water_Sewage_Water_Treatment_System.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fportuguese.alibaba.com%252Fpro)

[duct-gs%252Fuv-waste-water-sewage-water-treatment-system-584253957.html%3B374%3B379](http://www.remosa.net/pt-pt/desarenador-desengordurador/584253957.html%3B374%3B379)

- <http://www.remosa.net/pt-pt/desarenador-desengordurador/>
- <http://www.oms.pt/fornecimentos.html>
- <http://lusoitaliana.pt/images/catalogos/ambiente/ecoplants/GPS.pdf>
- <http://www.adra.pt/>
- <http://www.cm-sever.pt/>
- <https://energia.edp.pt/particulares/eletricidade/casa/tarifarios-2013.aspx>
- IDAD – Instituto do Ambiente e Desenvolvimento - Diagnóstico Ambiental, Diagnóstico Sever do Vouga: <http://www.cm-sever.pt/ambiria/Page.aspx?id=6>
- IDAD – Instituto do Ambiente e Desenvolvimento - Plano Municipal da Água, 2006.
- INSAAR – Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais - Instituto da Água, I.P. Disponível em: <http://insaar.inag.pt/>.
- IRAR - Relatório Anual Dos Serviços de Águas e Resíduos Em Portugal – 2005. Lisboa: IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos.
- LENCASTRE, A., Franco, F.M. – Lições de Hidrologia, Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 1984.
- MAOTDR – Programa Operacional de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2000-2006). Lisboa, Janeiro 2000.
- MAOTDR (2007), PEAASAR II – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2007-2013. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional; Lisboa.
- MARTINS, Ramiro José Espinheira. – Desinfeção de Águas Residuais Domésticas por Radiação Ultravioleta, Porto, 2006.
- METCALF & EDDY, INC. - Wastewater Engineering – Treatment and Reuse. fourth edition. New York: McGraw - Hill, 2003.
- Ministério do Ambiente – Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho. Diário da República, 1997.
- Ministério do Ambiente – Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. Diário da República, 1998.
- Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – Decreto-Lei n.º 118/06, de 21 de Junho. Diário da República, 2006.

- MOURA, Inês. – Opções de Tratamento de Águas Residuais por Sistemas Clássicos de Lamas Activadas Numa Perspetiva de Minimização de Recursos Aplicados, Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Vouga – Usos e Necessidades de Água, Anexo VI, 2002.
- Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Vouga – Síntese da Análise e Diagnóstico da Situação Atual, Volume II – Enquadramento, 1999.
- QUINTELA, A. C. – Hidráulica, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1981.
- SIMRIA – Estudo Prévio da Expansão às Bacias do Médio Vouga. Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais, em Alta. Relatório 3, 5ª fase, Parte II – Saneamento de Águas Residuais, AdRA – Águas da Região de Aveiro, Coimbra, 2009
- SILVA, Raquel. – Arranque e Exploração de ETAR Municipais, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003.
- SOUSA, Eduardo Ribeiro. - Sistemas de Abastecimento de Água, IST, Lisboa, 2001.
- SPERLING, M. - Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuais, 2ª Edição, Vol.3, DESA-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.
- TILLMAN, Glenn. - Primary Treatment at Wastewater Treatment Plants, Lewis Publishers, London, 1992.
- Tratamento Águas Ultravioleta, Aquambiente, 2004.

9. Anexos

Anexo A

Dimensionamento Tratamento Preliminar

Foi assumido o valor de velocidade de sedimentação para remoção da partícula mais pequena, $vt = 0,75 \text{ m/min}$. (Fonte: Metcalf)

Foi assumido o valor de velocidade horizontal, $v = 0,3 \text{ m/s}$. (Fonte: Metcalf)

$$Q_{\text{ponta}} = 2033,86 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} = 1,41 \text{ m}^3/\text{min} = 0,024 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$vt = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{Q}{vt} = \frac{1,41}{0,75} = 1,88 \text{ m}^2$$

em que:

Q – Caudal de ponta (m^3/min)

A – Área (m^2)

$$A = L \times l$$

em que:

L – Comprimento

l – Largura

Através da relação empírica, $L = 25 \times l$ e da fórmula acima, obtemos:

$$l = \sqrt{\frac{A}{25}} = \sqrt{\frac{1,88}{25}} = 0,27 \text{ m}$$

$$L = 25 \times l = 25 \times 0,27 = 6,86 \text{ m}$$

$$v = \frac{Q}{S}$$

em que:

v – Velocidade horizontal (m/s)

S – Área da secção (m²)

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{0,024}{0,3} = 0,08 \text{ m}^2$$

$$S = l \times h$$

$$h = \frac{S}{l} = \frac{0,08}{0,27} = 0,30 \text{ m}$$

em que:

h – Altura da lâmina líquida

Dimensionamento Desarenador

O canal Parshall possui largura de garganta de 2" (50,8 mm), a este valor corresponde o valor de $n=1,550$ e $k=434,58$.

$$Q = k \times H^n$$

$$84,74 = 434,58 \times H^{1,550}$$

$$H = 0,348 \text{ m}$$

Em que:

Q – Caudal de ponta (m³/h)

H – Lâmina de água (m)

$$B = \frac{Q}{0,3H} = \frac{0,024}{0,3 \times 0,348} = 0,230 \text{ m}$$

Em que:

Q- Caudal de ponta (m³/s)

Velocidade de sedimentação da partícula mais pequena=0,3 m/s

B- Largura do canal (m)

Deve-se arredondar o valor de B para o múltiplo de 5 mais próximo, logo B é aproximadamente igual a 5m.

$$L = \frac{Q}{v_s \times B} = \frac{1,41}{0,75 \times 5} = 0,38 \text{ m}$$

Em que:

Q – Caudal de ponta (m³/min)

Vs – Velocidade horizontal (m/s)

L – Comprimento do canal

Deve-se multiplicar o valor de L pelo coeficiente de segurança de 1,5 e arredondar o resultado para um número maior e múltiplo de 5.

$$0,38 \times 1,5 = 0,56 \approx 5 \text{ m}$$

$$V = SS \times Q \times t = 0,35 \times 84,74 \times 2 = 59,32 \text{ m}^3$$

Em que:

Q – Caudal de ponta (m³/h)

SS – Teor de sólidos sedimentáveis (considerou-se 35%)

T – Periodicidade de limpeza (considerou-se 2h)

V- Volume (m³)

$$\text{Profundidade da caixa de fundo} = \frac{V}{B \times L} = \frac{59,32}{5 \times 5} = 2,37 \text{ m}$$

Considerou-se espaçamento entre barras de 40 mm.

A este valor corresponde um valor de Q_{sr} (quantidade de sólidos retidos) de $0,009 \text{ L/m}^3$.

$$\text{Volume}_{\text{dejetos gerados}} = Q \times Q_{sr} \times T_{\text{acumulação}} = 2033,86 \times 0,009 \times 30 = 549,1 \text{ m}^3$$

Em que:

Q- Caudal de ponta em (m^3/d)

T – Tempo de acumulação de detritos (considerou-se 1 mês)

$$A_{\text{útil}} = \frac{Q}{V_{\text{barra}}} = \frac{0,024}{0,8} = 0,03 \text{ m}^2$$

Em que:

Considerou-se velocidade de passagem entre as barras de $0,8 \text{ m/s}$. Esta deve ser inferior a 1 m/s para que não arraste os sólidos retidos e deve ser superior a $0,6 \text{ m/s}$ para não acumular material de sedimentação nas grades.

$$E = \frac{a}{a + t} = \frac{40}{40 + 8} = 0,83 \text{ mm}$$

Em que:

E – Relação de ocupação do canal da grade pelas barras

A – Espaçamento entre as barras (mm)

T – Espessura as barras (mm)

$$S = \frac{A_{\text{útil}}}{E} = \frac{0,03}{0,00083} = 36,1 \text{ m}$$

Em que:

S - Seção do canal no local da grade

$$b = \frac{S}{H} = \frac{36,1}{0,348} \approx 103,7 \text{ m}$$

Em que:

B – Largura do canal da grade

O valor de b deve ser arredondado para um múltiplo de 5.

$$v = \frac{Q}{H \times b} = \frac{0,024}{0,348 \times 105} = 6,57 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

Em que:

V – Velocidade no canal de chegada

$$Hf = 1,43 \times \frac{V_{\text{barra}}^2 - v^2}{2g} = 1,43 \times \frac{0,8^2 - 6,57 \times 10^{-4}^2}{2 \times 9,8} = 0,0467$$

Em que:

Hf – Perda de carga na grade limpa

$$Hf_{50} = 1,43 \times \frac{2V_{\text{barra}}^2 - v^2}{2g} = 0,1868$$

Em que:

Hf50 – Perda de carga na grade 50% obstruída

Este valor deve ser maior que 0,15 nas grades de limpeza manual e maior que 0,10 nas grades de limpeza mecânica.

Anexo B

Dimensionamento do Decantador Primário

$$fp = 1,5 + \frac{60}{\sqrt{pop}}$$

em que:

fp – Fator de ponta

pop – População (hab)

Na área de influência existem 10976 habitantes, logo obtive um fator de ponta de valor 2,073.

Se o valor do fator de ponta for inferior a 2,5 (valor usado como fator de ponta no Metcalf) deve ser usado o caudal médio nos cálculos de dimensionamento do decantador primário. Pelo contrário se o valor for superior a 2,5 deve ser usado o caudal de ponta.

$$Q_{médio} = 790,56 \frac{m^3}{dia} = 32,94 \frac{m^3}{h}$$

Foi assumido o valor típico de carga hidráulica, $Ch = 40 m^3/m^2 \cdot d$ (Fonte: Metcalf)

$$Ch = \frac{Q}{A}$$

em que:

A – Área (m^2)

$$A = \frac{790,56}{40,00} = 19,76 m^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 5,02 m$$

em que:

d- Diâmetro (m)

Foi assumido o valor típico de Tempo de Retenção Hidráulico, $TRH = 2h$

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

$$V = 2 \times 32,94 = 65,9 \text{ m}^3$$

em que:

V – Volume (m³)

Q – Caudal médio (m³/h)

$$V = A \times h$$

$$h = \frac{V}{A} = \frac{65,9}{19,76} = 3,3 \text{ m}$$

em que:

h – Profundidade (m)

Anexo C

Dimensionamento Tratamento Secundário

Tanque de arejamento

Eficiência de transferência de Oxigénio = 35%

Profundidade do líquido no tanque de arejamento = 4,9 m

Ponto de libertação de ar para difusores de 0,5 m acima da superfície do tanque

Concentração de oxigénio dissolvido no tanque de arejamento = 2,0 g/m³

Elevação local de 500 m (P= 95,6 kPa)

Tabela 33 - Coeficientes cinéticos do processo de lamas ativadas, sem nitrificação, a 20 °C. (Fonte. Metcalf & Eddy)

Coefficient	Unit	Range	Typical value
μ_{mn}	g VSS/g VSS·d	0.20–0.90	0.75
K_n	g NH ₄ -N/m ³	0.5–1.0	0.74
Y_n	g VSS/g NH ₄ -N	0.10–0.15	0.12
k_{dn}	g VSS/g VSS·d	0.05–0.15	0.08
K_o	g/m ²	0.40–0.60	0.50
θ values			
μ_n	Unitless	1.06–1.123	1.07
K_n	Unitless	1.03–1.123	1.053
k_{dn}	Unitless	1.03–1.08	1.04

° Adapted from Henze et al. (1987a), Barker and Dold (1997); and Grady et al. (1999)

Tabela 34 - Características da água residual

Parâmetro	Concentração (g/m ³)
BOD	450
sBOD	225
COD	1110
sCOD	488
rbCOD	296
TSS	600
VSS	500

$$bCOD = 1,6 \times BOD = 1,6 \times 450 = 720 \text{ g/m}^3 = S_0$$

$$nbCOD = COD - bCOD = 1110 - 720 = 390 \text{ g/m}^3$$

$$sCOD_e = sCOD - 1,6 sBOD = 488 - 1,6 \times 225 = 128 \text{ g/m}^3$$

$$\frac{bpCOD}{pCOD} = \frac{1,6 (BOD - sBOD)}{COD - sCOD} = \frac{1,6 (450 - 225)}{1110 - 488} = 0,58$$

$$nbVSS = \left(1 - \frac{bpCOD}{pCOD}\right) VSS = (1 - 0,58) \times 500 = 210 \text{ g/m}^3$$

$$iTSS = TSS - VSS = 600 - 500 = 100 \text{ g/m}^3$$

$$u_{m,T} = u_m \theta^{T-20}$$

$$u_{m,12^\circ\text{C}} = 6 \times 1,07^{12-20} = 3,5 \text{ g/g.d}$$

$$K_{d,T} = K_{20} \theta^{T-20}$$

$$K_{d,12^\circ\text{C}} = 0,12 \times 1,04^{12-20} = 0,088 \text{ g/g.d}$$

$$S = \frac{K_s [1 + K_d \cdot SRT]}{SRT (u_m - K_d) - 1} = \frac{20 [1 + 0,088 \times 5]}{5 (3,5 - 0,088) - 1} = 1,8 \text{ g bCOD/m}^3$$

$$P_{X,VSS} = \frac{Q \cdot y \cdot (S_0 - S)}{1 + K_d \cdot SRT} + \frac{f d \cdot K_d \cdot Q \cdot y \cdot (S_0 - S) \cdot SRT}{1 + K_d \cdot SRT}$$

$$= \frac{790,56 \times 0,4 \times (720 - 1,8) \times 10^{-3}}{1 + 0,088 \times 5}$$

$$+ \frac{0,15 \times 0,088 \times 790,56 \times 0,4 \times (720 - 1,8) \times 5 \times 10^{-3}}{1 + 0,088 \times 5} = 168,13 \text{ kg VSS/d}$$

$$P_{X,VSS} = 168,13 + Q(nbVSS) = 168,13 + 790,56 \times 210 \times 10^{-3} = 334,15 \text{ kg/d}$$

$$P_{X,TSS} = \frac{168,13}{0,85} + Q(nbVSS) \times 10^{-3} + Q(TSS - VSS) \times 10^{-3} = 442,87 \text{ kg/d}$$

$$(X_{VSS})(V) = P_{X,VSS} \cdot SRT = 334,15 \times 5 = 1670,75 \text{ kg}$$

$$(X_{TSS})(V) = P_{X,TSS} \cdot SRT = 442,87 \times 5 = 2214,35 \text{ kg}$$

Considerando $X_{TSS} = 3000 \text{ g/m}^3$

$$V = \frac{2214,35 \times 10^3}{3000} = 738 \text{ m}^3$$

$$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{738 \times 24}{790,56} = 22,4 \text{ h}$$

$$\text{Fraction VSS} = \frac{1670,75}{2214,35} = 0,75$$

$$\text{MLVSS} = 0,75 \times 3000 = 2263 \text{ g/m}^3$$

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \cdot S_0}{X \cdot V} = \frac{790,56 \times 450}{2263 \times 738} = 0,21 \text{ kg/kg.d}$$

$$\text{BOD loading} = \frac{Q \cdot S_0}{V} = \frac{790,56 \times 450}{738 \times 10^3} = 0,48 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$$

$$\text{bCOD removed} = Q(S_0 - S) = 790,56 \times (720 - 1,8) \times 10^{-3} = 567,78 \text{ kg/d}$$

$$Y_{\text{obs},TSS} = \frac{P_{X,TSS}}{\text{bCOD removed}} = \frac{442,87}{567,78} = 0,78 \frac{\text{g TSS}}{\text{g bCOD}}$$

$$0,78 \times 1,6 = 1,24 \text{ g TSS / g BOD}$$

$$Y_{\text{obs},VSS} = Y_{\text{obs},TSS} \times \text{Fraction VSS} = 0,78 \times 0,75 = 0,585 \frac{\text{g VSS}}{\text{g bCOD}}$$

$$0,585 \times 1,6 = 0,936 \text{ g VSS / g BOD}$$

$$\begin{aligned} R_0 &= Q(S_0 - S) - 1,42 P_{X,bio} = 790,56 \times (720 - 1,8) \times 10^{-3} - 1,42 \times 168,13 = 329,03 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \\ &= 13,71 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Tabela 35 - Concentração de oxigénio dissolvido em função da temperatura e da salinidade. (Fonte: Metcalf & Eddy)

Dissolved-oxygen concentration in water as a function of temperature and salinity
(barometric pressure = 760 mm Hg^a)

Temp. °C	Dissolved-oxygen concentration, mg/l									
	Salinity, parts per thousand									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	14.60	14.11	13.64	13.18	12.74	12.31	11.90	11.50	11.11	10.74
1	14.20	13.73	13.27	12.83	12.40	11.98	11.58	11.20	10.83	10.46
2	13.81	13.36	12.91	12.49	12.07	11.67	11.29	10.91	10.55	10.20
3	13.45	13.00	12.58	12.16	11.76	11.38	11.00	10.64	10.29	9.95
4	13.09	12.67	12.25	11.85	11.47	11.09	10.73	10.38	10.04	9.71
5	12.76	12.34	11.94	11.56	11.18	10.82	10.47	10.13	9.80	9.48
6	12.44	12.04	11.65	11.27	10.91	10.56	10.22	9.89	9.57	9.27
7	12.13	11.74	11.37	11.00	10.65	10.31	9.98	9.66	9.35	9.06
8	11.83	11.46	11.09	10.74	10.40	10.07	9.75	9.44	9.14	8.85
9	11.55	11.19	10.83	10.49	10.16	9.84	9.53	9.23	8.94	8.66
10	11.28	10.92	10.58	10.25	9.93	9.62	9.32	9.03	8.75	8.47
11	11.02	10.67	10.34	10.02	9.71	9.41	9.12	8.83	8.56	8.30
12	10.77	10.43	10.11	9.80	9.50	9.21	8.92	8.65	8.38	8.12
13	10.53	10.20	9.89	9.59	9.30	9.01	8.74	8.47	8.21	7.96
14	10.29	9.98	9.68	9.38	9.10	8.82	8.55	8.30	8.04	7.80
15	10.07	9.77	9.47	9.19	8.91	8.64	8.38	8.13	7.88	7.65
16	9.86	9.56	9.28	9.00	8.73	8.47	8.21	7.97	7.73	7.50
17	9.65	9.36	9.09	8.82	8.55	8.30	8.05	7.81	7.58	7.36
18	9.45	9.17	8.90	8.64	8.39	8.14	7.90	7.66	7.44	7.22
19	9.26	8.99	8.73	8.47	8.22	7.98	7.75	7.52	7.30	7.09
20	9.08	8.81	8.56	8.31	8.07	7.83	7.60	7.38	7.17	6.96

^aFrom Colt, J. (1984) "Computation of Dissolved Gas Concentration in Water as Functions of Temperature, Salinity and Pressure," *American Fisheries Society Special Publication 14*, Bethesda, MD, 1984.

Através da figura acima: $C_{20} = 9,08 \text{ mg/l}$ e $C_{12} = 10,77 \text{ mg/l}$

$$\frac{P_b}{P_a} = \exp\left[-\frac{gM(zb - za)}{RT}\right] = \exp\left[-\frac{9,81 \times 28,97 \times (500 - 0)}{8314 \times (273,15 + 12)}\right] = 0,94$$

A concentração de oxigénio a 500 m e 12 °C é:

$$C_{s,\tau,H} = 10,77 \times 0,94 = 10,12 \text{ mg/l}$$

Tabela 36 - Propriedades físicas da água. (Fonte: Metcalf & Eddy)

I Physical Properties of Water (SI Units)^a

Temperature, °C	Specific weight γ , kN/m ³	Density ^b ρ , kg/m ³	Modulus of elasticity ^b $E/10^6$, kN/m ²	Dynamics viscosity, $\mu \times 10^3$, N·s/m ²	Kinematic viscosity, $\nu \times 10^6$, m ² /s	Surface tension ^c σ , N/m	Vapor pressure P_v , kN/m ²
0	9.805	999.8	1.98	1.781	1.785	0.0765	0.61
5	9.807	1000.0	2.05	1.518	1.519	0.0749	0.87
10	9.804	999.7	2.10	1.307	1.306	0.0742	1.23
15	9.798	999.1	2.15	1.139	1.139	0.0735	1.70
20	9.789	998.2	2.17	1.002	1.003	0.0728	2.34

^aAdapted from Vennard and Street (1975).^bAt atmospheric pressure.^cIn contact with the air.

$$P_{atm,H} = \frac{0,94 \times 101,325}{9,802} = 9,72 \text{ m}$$

Assumindo que a percentagem de concentração de oxigénio que sai do tanque de arejamento é 19%, a concentração de oxigénio é:

$$C_{sm,\tau,H} = (C_{s,\sigma,H}) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{P_{atm,H} + P_{w,Ef \text{ depth}}}{P_{atm,H}} + \frac{O}{21} \right) = 10,12 \times 0,5 \times \left[\frac{9,72 + (4,9 - 0,5)}{9,72} + \frac{19}{21} \right]$$

$$= 11,93 \text{ mg/l}$$

Usando $\alpha=0,5$, $\beta=0,95$ e $F=0,9$

$$SOTR = \frac{AOTR \times C_{s,20} \times 1,024^{20-T}}{\alpha \times F \times (\beta \times C_{sm,\tau,H} - C)} = \frac{13,71 \times 9,08 \times 1,024^{20-12}}{0,5 \times 0,9 \times (0,95 \times 11,93 - 2,0)} = 35,8 \text{ kg/h}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{(0,94 \times 101,325 \times 10^3) \times 28,97}{8314 \times (273,15 + 12)} = 1,1633 \text{ kg/m}^3$$

$$0,2318 \times 1,1633 = 0,270 \text{ kg O}_2/\text{m}^3 \text{ air}$$

$$\text{Air flowrate} = \frac{SOTR}{E \times 60 \times 0,270} = \frac{35,8}{0,35 \times 60 \times 0,270} = 6,31 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 906 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Considerando que cada arejador debita 6,5 m³/h de ar

$$N^{\circ} \text{ arejadores} = \frac{Q \text{ ar}}{6,5} = \frac{906}{6,5} = 139$$

Decantador Secundário

$$Qr + Xr = (Q + Qr)X$$

$$R = \frac{Qr}{Q}$$

$$R \times Xr = (1 + R)X$$

$$R = \frac{X}{Xr - X}$$

Assumiu-se $Xr = 8000 \text{ g/m}^3$

$$R = \frac{3000}{8000 - 3000} = 0,60$$

Assumiu-se Carga hidráulica de $22 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

$$A = \frac{Q + Qr}{Ch} = \frac{1,6 \times 790,56}{22} = 57,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Diâmetro decantador} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 8,6 \text{ m}$$

Usar diâmetro arredondado às unidades = 9 m

$$\begin{aligned} \text{Solids loading} &= \frac{(1 + R) \times Q \times \text{MLSS}}{A} = \frac{(1 + 0,6) \times 790,56 \times 3000 \times 10^{-3}}{57,5 \times 24} \\ &= 2,8 \text{ kg MLSS} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Área} \times \text{Altura do cilindro} + \frac{\text{Área} \times \text{Altura do cone}}{3} \\ &= 57,5 \times 4 + \frac{57,5 \times 0,5}{3} = 239,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Considerou-se altura do cilindro e altura do cone iguais a 4m e 0,5m respetivamente.

Anexo D

Dimensionamento Tratamento Terciário

Considerou-se:

Transmitância 59%

Lâmpadas de baixa pressão e baixa intensidade

Eficiência de reflexão radiação UV a 254 nm = 70%

Eficiência = 8,3W a 254 nm

$$T (\%) = 100 \times 10^{-A}$$

$$A = -\log\left(\frac{T}{100}\right) = -\log\left(\frac{59}{100}\right) = 0,229 \text{ u. a./cm}$$

Assumiu-se Dose efetiva de 21 mJ/cm² para atingir o padrão de efluente desinfetado proposto.

Assumiu-se espessura de lâmina de água (L) de 4 cm.

Lei de Beertlambert:

$$\alpha = 2,303A = 2,303 \times 0,229 = 0,527$$

$$Dose \text{ aplicada}(Da) = \frac{Dose \text{ efetiva} \times \alpha \times L}{1 - e^{-\alpha.L}} = \frac{21 \times 0,527 \times 4}{1 - e^{-0,527 \times 4}} = 50,4 \text{ mJ/cm}^2$$

$$Dose \text{ aplicada por volume}(Dav) = \frac{Da}{L} \times 0,2778 = \frac{50,4}{4} \times 0,2778 = 3,50 \text{ Wh/m}^3$$

$$N^{\circ} \text{ de lâmpadas}(n) = \frac{Qp \times Dav}{P_{254} \times f} = \frac{84,75 \times 3,50}{8,3 \times 0,7} = 51$$

Assumiu-se tempo de exposição mínimo (t_{min}) = 40 s

$$V = Q_{ponta} \times t_{min} = 0,0235 \times 40 = 0,94 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{V}{L} = \frac{0,94}{0,04} = 23,54 \text{ m}^2$$

As lâmpadas podem ser distribuídas em 6 módulos, cada um com largura de 1 m e comprimento 4 m.

$$Da(\text{reator}) = \frac{n \times f \times P_{254}}{A} \times t = \frac{51 \times 8,3 \times 0,7}{23,54 \times 10^{-4}} \times 40 = 50,35 \text{ mJ/cm}^2$$

A dose aplicada no dimensionamento foi de 50,4 mJ/cm², idêntica à dose obtida com a configuração adotada.

$$I = \frac{Da}{t} = \frac{50,35}{40} = 1,26 \text{ mW/cm}^2$$

$$Im = \frac{I}{\alpha L} (1 - e^{-\alpha L}) = \frac{1,26}{0,527 \times 4} (1 - e^{-0,527 \times 4}) = 0,53 \text{ mW/cm}^2$$

Anexo E

Dimensionamento do Espessador Gravítico

Assumiu-se uma carga de sólidos de 55 kg/m².d.

$$A_{\text{útil}} = \frac{\text{Caudal de lamas afluentes ao espessamento}}{\text{Carga de sólidos}} = \frac{442,87}{55} = 8,1 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{8,1 \times 4}{\pi}} = 3,2 \text{ m}$$

Assumiu-se uma altura de 4m.

$$V = A \times h = 8,1 \times 4 = 32,4 \text{ m}^3$$