



Susana Nunes Inocêncio

Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Contribuição para o Estudo do
Processo de Lamas Ativadas com vista
à Redução de Custos de Operação**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente – Perfil Engenharia Sanitária

Orientador: Mestre José Manuel Leitão Sardinha, Faculdade
de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Pedro Manuel da Hora Santos Coelho

Arguente: Prof. Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral

Vogal: Mestre José Manuel Leitão Sardinha



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Outubro 2012



Susana Nunes Inocêncio

Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Contribuição para o Estudo do Processo de
Lamas Ativadas com vista à Redução de Custos
de Operação**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente – Perfil Engenharia Sanitária

Orientador:

Mestre José Manuel Leitão Sardinha, Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Outubro 2012

Contribuição para o Estudo do Processo de Lamas Ativadas com vista à Redução de Custos de Operação

© Copyright em nome de Susana Nunes Inocêncio, da FCT/UNL e da UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Para os meus pais

AGRADECIMENTOS

Tendo fim a elaboração da presente dissertação, não posso deixar de agradecer às pessoas cujos contributos foram indispensáveis à sua realização.

Agradeço em primeiro lugar ao Professor José Sardinha, pela orientação, sugestões e disponibilidade prestada ao longo destes meses de trabalho.

À colaboração da empresa Águas do Oeste, S.A., em particular, à Engenheira Eunice Cortês pelo fornecimento de todos os dados necessários e, ao Engenheiro Carlos Fernandes, pela visita guiada às instalações da Águas do Oeste.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização da dissertação.

Aos meus pais e ao meu irmão por todo o apoio e companhia ao longo da elaboração da dissertação.

À Vera por toda a motivação e pelas corridas ao final do dia. À Sara pela companhia nos meses de verão.

À Raquel e à Vera pela amizade e pelos cafés ao fim de semana.

Ao Daniel por toda a ajuda e paciência na formatação, e pela disponibilidade em todos os momentos.

À Barradinhas pelos cozinhados saudáveis, mas principalmente pelo companheirismo e entreatura na fase final.

À Marta pela companhia e acolhimento nas últimas semanas, proporcionando um ambiente descontraído e divertido.

À Sandra e à Vanessa pelo apoio e por estarem presentes.

RESUMO

O controlo analítico do processo de lamas ativadas, através de determinações de parâmetros em laboratório, produz informação essencial para uma correta operação das instalações de tratamento. Contudo, trata-se de um procedimento demorado e dispendioso, razão pela qual se têm procurado formas de minimizar essas limitações.

O Índice Volumétrico de Lamas (IVL) é frequentemente utilizado como auxiliar, no controlo de operação em sistemas de lamas ativadas, por ser facilmente e rapidamente determinado no local, sem custos adicionais.

Como tal, este estudo teve como objetivo avaliar a fiabilidade do teste do IVL no controlo do processo de lamas ativadas, na medida em que permite estimar a concentração de sólidos suspensos totais das lamas secundárias, podendo, caso aquela estimativa se considere fiável para efeitos operacionais, reduzir drasticamente o custo com determinações deste parâmetro em laboratório.

Assim, procurou-se estudar a fiabilidade desta metodologia de controlo, recorrendo-se à comparação das concentrações de sólidos suspensos totais, determinadas pelos dois métodos (laboratório e teste do IVL), permitindo averiguar o erro associado às determinações pelo teste do IVL. Para tal, foram utilizados dados reais, já existentes, de 20 ETAR com sistemas de tratamento por lamas ativadas, exploradas pela empresa Águas do Oeste, S.A..

Através dos resultados obtidos foi possível concluir que a metodologia proposta pode ser aplicada nas ETAR com sistema de tratamento por lamas ativadas, revelando-se mais útil nas instalações de dimensão inferior a 5 000 e.p., tendo em conta as vantagens que representa, em termos de redução de custos na ordem dos 145 000 €/ano.

Palavras-chave: ETAR, lamas ativadas, teste IVL, concentração de SST, lamas secundárias, redução de custos.

ABSTRACT

The analytical control of the activated sludge process, using laboratory determinations of parameters, produces essential information for proper operation of wastewater treatment facilities. However, it is time-consuming and costly, which is why it has been sought ways to minimize these limitations.

The Sludge Volume Index (SVI) is a test often used as an aid in operation control of activated sludge systems, because it is easily and quickly determined on site, without additional costs.

As such, this study aimed to analyze the reliability of the SVI control test of activated sludge systems, taking into account that it allows estimate the total suspended solids concentration of the secondary sludge. If that estimate is considered reliable for operational purposes, it may drastically reduce the cost of this parameter in the laboratory determinations.

So, we tried to study the reliability of this control methodology, resorting to the comparison of the concentrations of suspended solids, determined by the two methods (laboratory and SVI), which allows determine the error associated to the SVI estimation's. This was done by using real data from 20 existing wastewater treatment facilities (WWTF), with activated sludge treatment systems, explored by Águas do Oeste, S.A..

Through the results we conclude that the proposed methodology may be applied in WWTF with activated sludge treatment systems, proving to be more useful in WWTF with size of less than 5000 p.e., given the advantages it represents in terms of cost reduction in order of 145 000 €/year.

Key-words: WWTF, activated sludge, SVI test, concentration of TSS, secondary sludge, costs reduction.

ABREVIATURAS

AdO	Águas do Oeste, S.A.
AdP	Águas de Portugal, S.A.
BPE	Biopolímeros Extracelulares
CBO₅	Carência Bioquímica de Oxigénio
CC	Concentração estimada através de cálculo
CL	Concentração determinada em laboratório
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
EMP	Erro Médio Percentual
e.p.	Equivalente populacional
HP	Horizonte de Projeto
INAG	Instituto da Água
IVL	Índice Volumétrico de Lamas
IVAE	Índice Volumétrico Agitado Específico
IVLD	Índice Volumétrico de Lamas Diluído
LE	Laboratório Externo
LI	Laboratório Interno
PEAASAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais
pH	Potencial de hidrogénio iónico
QCAII	Quadro Comunitário de Apoio II
QCAIII	Quadro Comunitário de Apoio III
QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional
SBR	Reator Biológico de Funcionamento Sequencial

SIMBOLOGIA

v_s	Velocidade de sedimentação
v_0	Velocidade inicial de sedimentação
e	Constante matemática neperiana
k	Parâmetro empírico de sedimentação
c_i	Concentração inicial de sólidos suspensos totais
SST	Concentração de sólidos suspensos totais de uma amostra representativa de lamas secundárias
MLSS	Concentração de sólidos suspensos totais de uma amostra representativa do reator biológico
MLSSV	Concentração de sólidos suspensos voláteis de uma amostra representativa do reator biológico
F/M	Razão de carga mássica (“Food” / “Microorganisms”)
R	Razão de recirculação
θ	Idade de lamas do sistema
Q	Caudal de águas residuais
Q_r	Caudal de recirculação
Q_p	Caudal de purga de lamas
S	Concentração de substrato
V	Volume
T_h	Tempo de retenção hidráulico
V_{30}	Volume de sólidos sedimentados num cilindro de medição após 30 minutos
VLD₃₀	Volume de sólidos sedimentados de uma amostra diluída num cilindro de medição após 30 minutos
n	Número de diluições
Qmd	Caudal médio diário
Qdim	Caudal de dimensionamento

ÍNDICE DE MATÉRIAS

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento e justificação do estudo.....	1
1.2. Objetivos da dissertação.....	5
1.3. Estrutura da dissertação	5
2. REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1. Lamas ativadas.....	7
2.2. Sedimentação das lamas ativadas	10
2.2.1. Operação de sedimentação	11
2.2.2. Decantadores secundários.....	13
2.2.3. Condições ótimas de sedimentação	14
2.2.4. Problemas na separação sólido-liquido	15
2.3. Parâmetros de controlo de operação	17
2.3.1. Concentração de matéria sólida no reator biológico.....	17
2.3.2. Carga mássica.....	17
2.3.3. Recirculação de lamas	19
2.3.4. Idade de lamas	20
2.4. Monitorização analítica de MLSS e SST	22
2.5. Índice volumétrico de lamas	24
3. METODOLOGIA.....	27
3.1. Dados utilizados no estudo.....	28
3.1.1. Determinações analíticas dos parâmetros MLSS e SST	29
3.1.2. Determinação do parâmetro V_{30} (teste do IVL)	30
3.2. Análise da fiabilidade do teste do IVL.....	30
3.2.1. Validação dos dados	32
3.2.2. Erro médio percentual	32
3.2.3. Coeficiente de correção, K.....	33
3.3. Redução de custos	34

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	37
4.1. Fiabilidade do teste do IVL	37
4.1.1. ETAR do Carregado	38
4.1.2. ETAR da Espiçandeira	39
4.1.3. ETAR de Alcoentre	41
4.1.4. ETAR do Painho.....	42
4.1.5. ETAR de Reguengo Grande	43
4.1.6. ETAR da Miragaia	45
4.1.7. ETAR da Zambujeira	46
4.1.8. ETAR de Rio Maior.....	48
4.1.9. ETAR da Fervença	49
4.1.10. ETAR de Pataias	50
4.1.11. ETAR de São Martinho do Porto.....	51
4.1.12. ETAR da Benedita.....	52
4.1.13. ETAR de Gaeiras	54
4.1.14. ETAR da Charneca	56
4.1.15. ETAR do Casalinho.....	57
4.1.16. ETAR da Silveira	59
4.1.17. ETAR do Turcifal	60
4.1.18. ETAR de Vila Facaia	61
4.1.19. ETAR da Atouguia da Baleia.....	63
4.1.20. ETAR da Nazaré	64
4.2. Redução de custos	65
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	69
6. CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS.....	81
A. Dados utilizados no estudo.....	81
B. Caudal médio afluyente.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Evolução da população servida com drenagem e tratamento de águas residuais.	2
Figura 1.2: Localização das ETAR em Portugal em 2009	3
Figura 2.1: Esquema do tratamento de águas residuais por lamas ativadas	8
Figura 2.2: Esquema de tratamento de águas residuais por lamas ativadas, com configuração de vala de oxidação.....	9
Figura 2.3: Esquema de tratamento de águas residuais por lamas ativadas, com configuração de SBR.	10
Figura 2.4: Curva de sedimentação, com distinção da zona de clarificação, da zona de transição e da zona de compressão.....	12
Figura 2.5: Curva de relação entre o IVL e a carga mássica.....	18
Figura 2.6: Locais de recolha de amostras de MLSS do reator biológico e de SST das lamas secundárias, no sistema de lamas ativadas.....	22
Figura 3.1: Boiões de transporte das amostras de mistura líquida do reator biológico e de lamas em excesso.....	29
Figura 3.2: Etapas efetuadas pelo técnico analista na determinação dos parâmetros analíticos MLSS e SST	29
Figura 3.3: Etapas efetuadas pelo operador na determinação do parâmetro V_{30}	30
Figura 3.4: Metodologia aplicada na análise da fiabilidade do teste do IVL.	31
Figura 3.5: Esquema da metodologia empregue na determinação da redução de custos proporcionada.....	34
Figura 4.1: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR da Carregado.	38
Figura 4.2: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR da Espiçandeira.	40
Figura 4.3: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR da Espiçandeira.	40
Figura 4.4: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR de Alcoentre.	41

Figura 4.5: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR de Alcoentre.....	42
Figura 4.6: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR de Painho.	43
Figura 4.7: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR de Reguengo Grande.....	44
Figura 4.8: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR de Reguengo Grande.	45
Figura 4.9: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR de Miragaia.	46
Figura 4.10: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR da Zambujeira.	47
Figura 4.11: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR de Rio Maior.....	48
Figura 4.12: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL), da concentração calculada (CC) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR da Fervença.	49
Figura 4.13: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL), da concentração calculada (CC), e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR de Pataias.	51
Figura 4.14: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL), da concentração calculada (CC), e da concentração calculada (CC) ao longo do tempo, na ETAR de São Martinho do Porto.	52
Figura 4.15: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR da Benedita.	53
Figura 4.16: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR de Gaeiras.	55
Figura 4.17: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR de Gaeiras.	55
Figura 4.18: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR de Charneca.	56

Figura 4.19: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR da Charneca.	57
Figura 4.20: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL), da concentração calculada (CC) ao longo do tempo, na ETAR do Casalinho.	58
Figura 4.21: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente à ETAR do Casalinho, ao longo do tempo de estudo.	58
Figura 4.22: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR da Silveira.	59
Figura 4.23: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR da Silveira.	60
Figura 4.24: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR do Turcifal.	61
Figura 4.25: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL), e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR de Vila Facaia.	62
Figura 4.26: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR de Vila Facaia.	62
Figura 4.27: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR da Atouguia da Baleia.	63
Figura 4.28: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada, com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR da Nazaré.	64
Figura 4.29: Custo específico em determinações analíticas da concentração de SST das lamas secundárias, em laboratório interno e externo, por caudal de águas residuais tratado.	68

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1: Tipos de sedimentação gravítica que ocorrem no tratamento de águas residuais.	11
Quadro 2.2: Parâmetros de dimensionamento dos decantadores secundários de sistemas de lamas ativadas consoante o regime de operação.....	13
Quadro 2.3: Distinção dos problemas de sedimentação consoante os efeitos na separação sólido-líquido.....	16
Quadro 2.4: Valores da razão F/M consoante o regime de operação.....	18
Quadro 2.5: Idade de lamas segundo o regime de operação.....	20
Quadro 2.6: Capacidade de sedimentação das lamas conforme o teste do IVL.....	24
Quadro 2.7: Descrição das limitações do teste do IVL.....	25
Quadro 3.1: Frequência de amostragem dos parâmetros estudados.....	28
Quadro 3.2: Custo por determinação analítica da concentração de SST, em laboratório interno e externo.....	34
Quadro 4.1: Características da ETAR do Carregado.....	38
Quadro 4.2: Características da ETAR da Espiçandeira.....	39
Quadro 4.3: Características da ETAR de Alcoentre.....	41
Quadro 4.4: Características da ETAR do Painho.....	42
Quadro 4.5: Características da ETAR de Reguengo Grande.....	44
Quadro 4.6: Características da ETAR da Miragaia.....	45
Quadro 4.7: Características da ETAR da Zambujeira.....	47
Quadro 4.8: Características da ETAR de Rio Maior.....	48
Quadro 4.9: Características da ETAR da Fervença.....	49
Quadro 4.10: Características da ETAR das Pataias.....	50
Quadro 4.11: Características da ETAR de São Martinho do Porto.....	51
Quadro 4.12: Características da ETAR da Benedita.....	53
Quadro 4.13: Características da ETAR de Gaeiras.....	54
Quadro 4.14: Características da ETAR da Charneca.....	56
Quadro 4.15: Características da ETAR do Casalinho.....	57

Quadro 4.16: Características da ETAR da Silveira.....	59
Quadro 4.17: Características da ETAR do Turcifal.....	60
Quadro 4.18: Características da ETAR de Vila Facaia.....	61
Quadro 4.19: Características da ETAR da Atouguia da Baleia.	63
Quadro 4.20: Características da ETAR da Nazaré.....	64
Quadro 4.21: Custo anual em determinações analíticas da concentração de lamas, por ETAR, em laboratório interno (L.I.) e externo (L.E.), consoante a frequência de amostragem diária ou semanal.	65
Quadro 4.22: Custo anual, com determinações diárias e semanais da concentração de SST, das entidades gestoras de sistema de saneamento “em alta” providas com sistemas de tratamento por lamas ativadas, que dispõem de laboratório interno.	66
Quadro 4.23: Custo anual, com determinações diárias e semanais da concentração de SST, das entidades gestoras de sistema de saneamento “em alta” providas com sistemas de tratamento por lamas ativadas, que realizam o controlo do processo em laboratório externo.....	67
Quadro 5.1: Valores do EMP e do fator de correção K para cada ETAR, segundo o tipo de configuração do reator biológico.	69
Quadro A.1: Dados disponibilizados pela ETAR do Carregado.	81
Quadro A.2: Dados disponibilizados pela ETAR da Espiçandeira.	82
Quadro A.3: Dados disponibilizados pela ETAR de Alcoentre.	83
Quadro A.4: Dados disponibilizados pela ETAR do Painho.	84
Quadro A.5: Dados disponibilizados pela ETAR de Reguengo Grande.....	85
Quadro A.6: Dados disponibilizados pela ETAR de Miragaia.	86
Quadro A.7: Dados disponibilizados pela ETAR da Zambujeira.	87
Quadro A.8: Dados disponibilizados pela ETAR de Rio Maior.....	88
Quadro A.9: Dados disponibilizados pela ETAR de Fervença.	89
Quadro A.10: Dados disponibilizados pela ETAR de Pataias.	90
Quadro A.11: Dados disponibilizados pela ETAR de São Martinho do Porto.	91
Quadro A.12: Dados disponibilizados pela ETAR da Benedita.	92
Quadro A.13: Dados disponibilizados pela ETAR de Gaeiras.....	93

Quadro A.14: Dados disponibilizados pela ETAR da Charneca.....	94
Quadro A.15: Dados disponibilizados pela ETAR do Casalinho.	95
Quadro A.16: Dados disponibilizados pela ETAR da Silveira.	96
Quadro A.17: Dados disponibilizados pela ETAR do Turcifal.	98
Quadro A.18: Dados disponibilizados pela ETAR de Vila Facaia.	99
Quadro A.19: Dados disponibilizados pela ETAR da Atouguia da Baleia.....	100
Quadro A.20: Dados disponibilizados pela ETAR da Nazaré.....	101
Quadro B.1: Caudal médio diário afluente no ano de 2010.....	102
Quadro B.2: Caudal médio diário afluente no ano de 2011.....	103
Quadro B.3: Caudal médio diário afluente no ano de 2012 (janeiro – maio).	104

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento e justificação do estudo

O custo associado ao tratamento de águas residuais tem vindo a aumentar devido, entre outros fatores, a requisitos de qualidade ambiental cada vez mais exigentes.

Na década de 90, foi intensificada a proteção dos recursos hídricos com a publicação de legislação como a Diretiva comunitária n.º 91/271/CEE, de 21 de Maio, transportada para o direito interno pelo Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, relativa ao tratamento das águas residuais urbanas e de alguns setores industriais tornando obrigatório o tratamento secundário das águas residuais antes da sua descarga no meio aquático. Além disso, estabeleceu critérios para que seja efetuado o tratamento adicional de remoção dos nutrientes azoto e fósforo, quando a descarga em massas de água sensíveis.

Os prazos estabelecidos pela Diretiva n.º 91/271/CEE tornaram necessária a execução de novos sistemas e infraestruturas de drenagem e tratamento de águas residuais que foram, e continuam a ser, financiados por fundos estruturais estabelecidos nos quadros de apoio comunitário:

- Quadro Comunitário de Apoio II (QCAII), entre 1994 e 1999;
- QCAIII, entre 2000 e 2006;
- QREN, entre 2007 e 2013.

Em 1999, dificuldades na realização atempada e eficaz dos projetos financiados pelo Fundo de Coesão levaram à aprovação do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais, entre 2000 e 2006, (PEAASAR 2000-2006) e do PEAASAR 2007-2013 (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007). Estes planos

estabeleceram linhas de orientação estratégica, de modo a atingir níveis de atendimento da população de 90% na drenagem e tratamento de águas residuais.

O nível estimado de atendimento da população com drenagem e tratamento de águas residuais aumentou, significativamente, entre 1998 e 2007, mantendo-se constante até 2009, com 81% e 71%, respetivamente, conforme ilustrado na Figura 1.1.

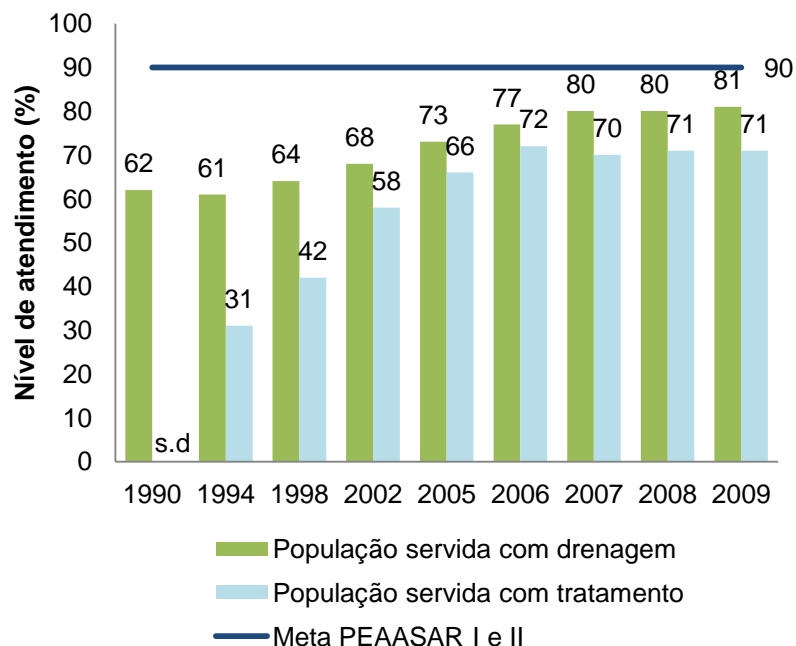


Figura 1.1: Evolução da população servida com drenagem e tratamento de águas residuais (ERSAR, 2011).

Pode-se verificar pelos últimos dados, que a situação em 2009 ainda se encontrava longe do objetivo de atendimento da população de 90%, tal como definido no PEAASAR I e II. Uma das possíveis razões para tal foi o desenvolvimento assimétrico das redes de drenagem e dos sistemas de tratamento, originando, nuns casos, situações em que não foi assegurado o tratamento das águas residuais recolhidas e, noutros, situações em que não foi assegurada a rede de recolha das águas residuais face às infraestruturas de tratamento presentes (ERSAR, 2011).

Esta última situação verificou-se especialmente nas regiões do Norte litoral, que devido ao relevo acidentado e a uma maior dispersão da população, apresentam maiores dificuldades em alargar a cobertura do serviço (ERSAR, 2011).

Na Figura 1.2 verifica-se uma elevada dispersão das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) para servir pequenos aglomerados urbanos, principalmente no Norte e Centro de Portugal.

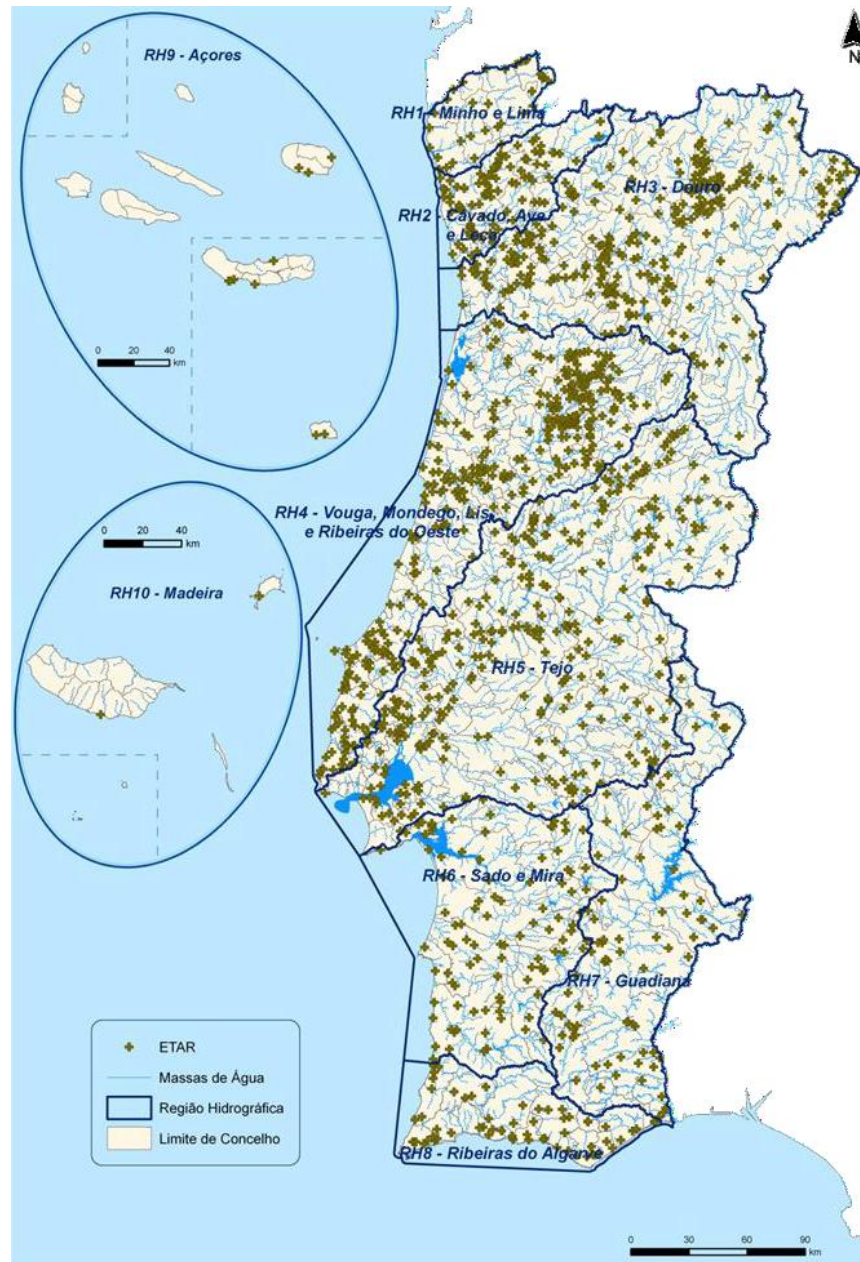


Figura 1.2: Localização das ETAR em Portugal em 2009 (INAG, 2011).

A grande maioria das ETAR existentes ou em construção no País têm capacidade inferior a 2000 equivalente populacional (e.p.) com predomínio no Norte e Centro, onde representam cerca de 70 % a 90% do número total de instalações, e 40 % a 50% da população total a servir (Sardinha et al., 2002). Esta situação resultou em elevados custos de investimento por habitante servido, em cerca de 266 €/e.p., comparativamente à construção de ETAR com dimensão superior a 2000 e.p., em cerca de 146 €/e.p. (Sardinha et al., 2002).

Sardinha et al. (2002) verificaram ainda que, além do elevado investimento, os custos de exploração também são superiores em ETAR de pequena dimensão, especialmente em ETAR com dimensões inferiores a 500 e.p., tornando mais exigente a gestão técnica e económica dos sistemas.

Das tecnologias de tratamento secundário analisadas (lamas ativadas, leitos percoladores, lagunagem convencional e leito de macrófitas), a tecnologia de tratamento por lamas ativadas foi definida como a mais dispendiosa no que diz respeito aos custos de exploração, com os custos com o pessoal, energia, reagentes e manutenção, superiores a 0,20 €/m³, em ETAR com dimensão inferior a 500 e.p. (Sardinha et al., 2002).

Apesar de ser uma das tecnologias mais dispendiosas de operar, o processo de lamas ativadas é um dos mais utilizados, pelo que importa otimizar metodologias de controlo que melhorem a gestão operacional e eliminem os custos de ineficiência, tendo em conta a situação de crise económica em que o país se encontra.

Nesta perspetiva, é importante procurar formas de minimizar custos como o associado ao controlo analítico, em particular no que respeita ao controlo de processo, dado que o controlo analítico inerente à verificação da conformidade legal, resultante das licenças de descarga, é de carácter obrigatório.

O controlo analítico de operação do processo é usualmente realizado por determinação de parâmetros em laboratório, caracterizando-se por ser um procedimento demorado e dispendioso. Além do mais, este tipo de controlo analítico fornece apenas uma caracterização instantânea do estado do processo, em que os resultados são obtidos em momento posterior, o que, por vezes, se mostra inadequado quando é necessário decidir rapidamente com vista à implementação de alterações de operação para controlar o sistema de tratamento. Este problema é ainda agravado com a redução da frequência de amostragem dos parâmetros, devido aos custos inerentes a este procedimento analítico.

Como tal, é fundamental prestar maior atenção aos testes operacionais que podem ser realizados no próprio local, como o Índice Volumétrico de Lamas (IVL), comumente, utilizado como indicador das características de sedimentabilidade das lamas secundárias.

O teste IVL apresenta vantagens, por ser executado no local, fornecendo resultados com elevada rapidez (trinta minutos), permitindo perceber as condições do sistema e, assim, contribuir para responder em tempo útil às variações do sistema, sem custos adicionais. No entanto, existem dúvidas quanto à sua fiabilidade na representação das condições geradas no decantador secundário, e na aproximação dos resultados à realidade.

Assim, julga-se pertinente estudar um pouco mais a aplicabilidade de metodologias que empreguem testes de operação no controlo do processo de lamas ativadas, tendo em conta a relação custo benefício que os mesmos proporcionam dado que, são muito menos onerosos que o tradicional controlo analítico, pese embora, tenham associado uma incerteza face à informação recolhida através desse mesmo controlo analítico.

1.2. Objetivos da dissertação

O objetivo deste trabalho consistiu no estudo da fiabilidade da utilização do teste IVL no controlo do processo de lamas ativadas, face ao tradicional controlo de recolha de amostras e posterior determinação analítica em laboratório. Pretende-se ainda determinar a potencial redução de custo proporcionada pela eventual implementação desta metodologia nos sistemas multimunicipais.

A análise da fiabilidade do teste do IVL foi realizada através da comparação de dados reais, já existentes, provenientes de vinte ETAR com processo de tratamento por lamas ativadas, com diferentes dimensões e configurações. Para tal recorreu-se à Empresa Águas do Oeste, S.A., entidade que explora diferentes instalações, quer sob o ponto de vista da sua dimensão quer da sua própria configuração do processo de lamas ativadas.

1.3. Estrutura da dissertação

O trabalho desenvolvido apresenta a seguinte estrutura:

O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, abordando os assuntos relacionados com o processo e controlo do tratamento de águas residuais por lamas ativadas.

No capítulo 3 descreve-se a metodologia empregue na avaliação da fiabilidade do teste do IVL e na determinação da redução dos custos proporcionada.

No capítulo 4 são apresentados e analisados os resultados obtidos, para cada ETAR estudada.

No capítulo 5 encontra-se a discussão dos resultados.

No capítulo 6 estão presentes as principais conclusões do estudo efetuado.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é feito o enquadramento do tema deste trabalho, abordando os assuntos relacionados com o teste do IVL, nomeadamente, com o processo de lamas ativadas e, em particular, o processo de sedimentação no decantador secundário, assim como os parâmetros de controlo de operação.

Por fim, será abordada a monitorização dos parâmetros analíticos, e a aplicabilidade do teste IVL, tendo em conta que o objetivo do trabalho é avaliar a substituição das determinações analíticas pelo teste IVL.

2.1. Lamas ativadas

O tratamento de águas residuais resulta da combinação de processos e operações unitárias, de modo a proporcionar diferentes níveis de tratamento.

O tratamento preliminar corresponde às operações de gradagem e/ou tamisação, de desarenação e desengorduramento, para remoção dos sólidos de maiores dimensões, areias e gorduras, respetivamente. O tratamento primário consiste na remoção de uma parte dos sólidos sedimentáveis, resultando na produção de lamas primárias.

O tratamento secundário das águas residuais engloba processos de tratamento por via química ou, mais frequentemente, por via biológica aeróbia e/ou anaeróbia, por forma a conseguir uma elevada eficiência de remoção da matéria orgânica e outros compostos.

Nos sistemas biológicos aeróbios ocorrem reações catabólicas com produção de energia, através da oxidação da matéria orgânica em dióxido de carbono, água e ATP. Parte dessa energia é utilizada na cobertura das necessidades metabólicas celulares e na síntese celular (Santos Oliveira, 1982).

Os sistemas biológicos aeróbios podem ser baseados em processos de biomassa suspensa, como o processo de lamas ativadas e lagoas arejadas, ou de biomassa fixa, como os leitos percoladores e os discos biológicos.

O tratamento por lamas ativadas é um processo biológico de biomassa suspensa, no qual, os microrganismos se desenvolvem, removendo os compostos orgânicos dissolvidos, produzindo-se um efluente com uma reduzida concentração em sólidos suspensos, e com concentrações dos restantes parâmetros que, normalmente, permitem cumprir com as normas de descarga de águas residuais no meio recetor.

O estudo do processo de lamas ativadas teve início em 1880, pelo Dr. Angus Smith, no entanto foram Arden e Lockett que, em Maio de 1914, publicaram a importância das lamas ativadas na remoção de matéria orgânica solúvel, em meio aeróbio (Metcalf e Eddy, 2004). Desde esse momento, o processo de lamas ativadas cresceu em popularidade, sendo atualmente o processo de tratamento mais utilizado (Grady e Lim, 1980; Gray, 2004).

O seu princípio de funcionamento baseia-se na mistura de uma densa população de microrganismos com a água residual afluyente, em condições aeróbias (Gray, 2004).

Este sistema de tratamento é materializado em três componentes principais: um reator biológico, no qual os microrganismos são mantidos em suspensão; um decantador, onde se dá a separação sólido-líquido; e um sistema de recirculação de lamas ativadas, do decantador secundário ao reator biológico, conforme ilustrado na Figura 2.1 (Metcalf e Eddy, 2004).

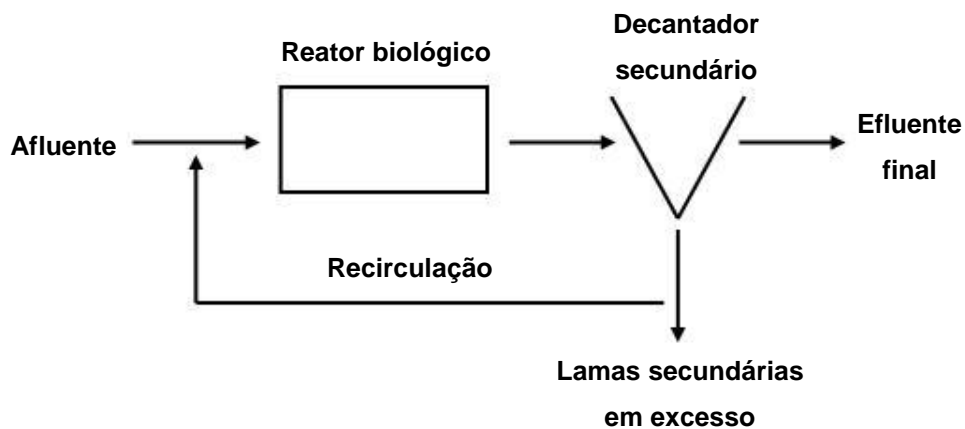


Figura 2.1: Esquema do tratamento de águas residuais por lamas ativadas (adaptado de Gray, 2004).

No reator biológico são criadas as condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento estável de uma população de microrganismos mantida em suspensão por via do sistema de agitação ou de arejamento.

O sistema de arejamento do reator biológico tem como função fornecer oxigénio aos microrganismos, mas também, provocar a agitação do meio líquido, mantendo a matéria em suspensão. Deste modo, é possível assegurar o contacto entre a superfície dos flocos e a matéria orgânica, assim como a dispersão dos produtos metabólicos finais, do interior do floco (Gray, 2004).

A concentração de oxigénio dissolvido no reator biológico deve estar entre 1,5 mg/l e 4 mg/l, em toda a área do reator biológico (Metcalf e Eddy, 2004).

É nesta fase de tratamento que se consegue remover grande parte da matéria orgânica por ação dos microrganismos, através de oxidação biológica, e do envolvimento de material particulado nos flocos que se vão formando.

O reator biológico pode assumir distintas formas e configurações, sendo usualmente construído um tanque de betão armado com planta retangular ou quadrada, podendo ainda ter uma configuração de vala de oxidação com planta oval, conforme ilustrado na Figura 2.2.

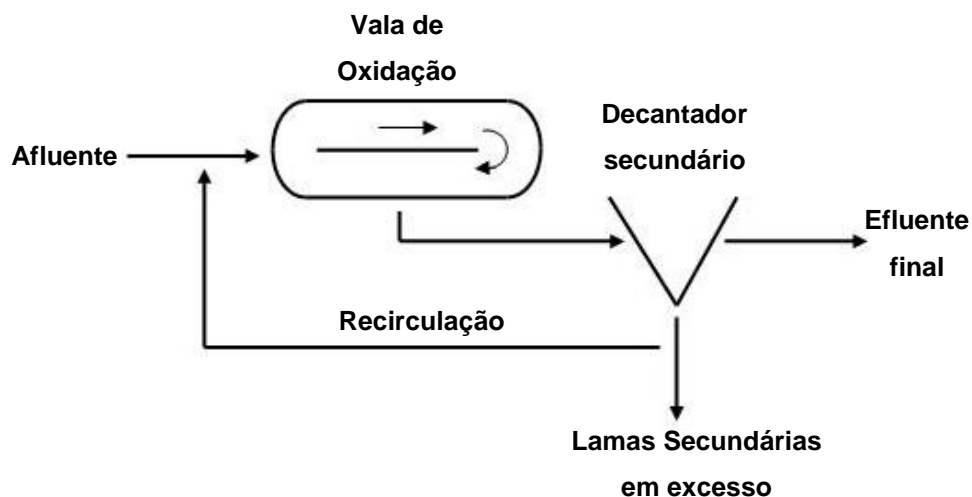


Figura 2.2: Esquema de tratamento de águas residuais por lamas ativadas, com configuração de vala de oxidação (adaptado de Metcalf e Eddy, 2004).

Nesta configuração a água residual circula nos canais internos do tanque oval através de sistemas de arejamento como, por exemplo, os rotores. A operação das valas de oxidação é realizada em arejamento prolongado, com longos tempos de retenção hidráulico (24 horas) e idade de lamas elevada (20 a 30 dias) (Metcalf e Eddy, 2004).

Os sistemas de lamas ativadas também podem ser constituídos por apenas um tanque com ambas as funções de reator biológico e de decantador, pese embora cada qual ocorra de forma descontínua e sequencial ao longo do tempo. Esta variação do processo clássico de lamas ativadas designa-se por reator biológico sequencial (*sequential biological reactor*) ou, abreviadamente, por SBR, ilustrado na Figura 2.3 (Henze et al., 1997).

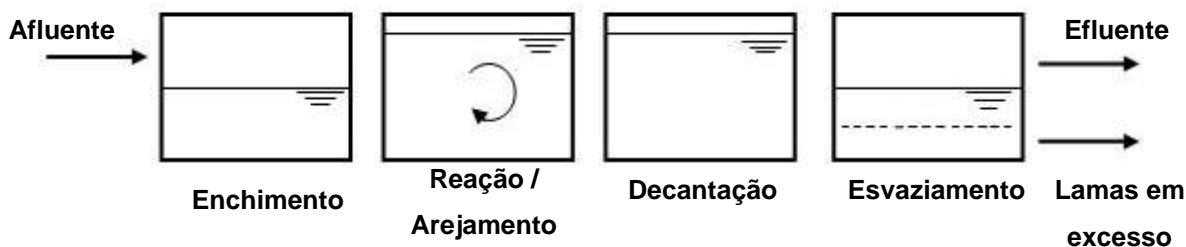


Figura 2.3: Esquema de tratamento de águas residuais por lamas ativadas, com configuração de SBR (adaptado de Metcalf e Eddy, 2004).

Neste tipo de configuração a mistura líquida de sólidos suspensos mantém-se no reator biológico durante todos os ciclos, não sendo necessário decantador secundário, nem recirculação de lamas. O efluente clarificado é descarregado através de um equipamento próprio no final de cada sequência, período em que se pode retirar as lamas em excesso por forma a controlar a idade de lamas do sistema.

O decantador secundário, ou clarificador, promove a separação dos sólidos suspensos do efluente clarificado através da sedimentação dos flocos, produzindo um efluente com baixas concentrações em CBO_5 e em sólidos suspensos. As lamas secundárias originadas contêm, geralmente, entre 0,5 % a 2% de matéria sólida, sendo que o seu espessamento dificilmente ultrapassa os 4% (Gray, 2004).

A recirculação de lamas corresponde ao retorno das lamas ativadas do decantador secundário para o interior do reator biológico, de modo a assegurar a quantidade necessária de microrganismos no reator biológico. A razão de recirculação encontra-se, normalmente, entre 50% a 75% do caudal médio de águas residuais afluente à estação (Metcalf & Eddy, 2004). É, na realidade, usual assegurar-se maior capacidade instalada para aumento da segurança operacional face a eventuais oscilações da concentração das lamas secundárias, geralmente igual a 150% do caudal médio afluente.

2.2. Sedimentação das lamas ativadas

A sedimentação dos sólidos nos decantadores secundários permite a remoção dos flocos biológicos, produzindo um efluente clarificado e, ao mesmo tempo, lamas com uma concentração suficiente, que facilite o seu tratamento (Metcalf e Eddy, 2004).

Para que a sedimentação ocorra de forma eficiente, deve garantir-se o correto dimensionamento dos decantadores secundários, assim como, a manutenção de condições ótimas para a formação de lamas com boas características de sedimentação, de forma a prevenir a ocorrência de problemas na separação sólido-líquido.

2.2.1. Operação de sedimentação

Sedimentação é o termo que se dá à separação das partículas em suspensão, mais pesadas que a água, através da força da gravidade (Metcalf e Eddy, 2004).

Com base na capacidade de interação das partículas no reator biológico, podem ocorrer 4 tipos de sedimentação, descritos no Quadro 2.1.

Quadro 2.1: Tipos de sedimentação gravítica que ocorrem no tratamento de águas residuais (adaptado de Metcalf e Eddy, 2004; Alves, 2010).

Tipo de sedimentação	Descrição	Ocorrência
Tipo I - Sedimentação de partículas discretas	Refere-se à sedimentação individual das partículas, em que não há interação entre as partículas vizinhas. A velocidade de sedimentação é independente da concentração.	Desarenação
Tipo II – Sedimentação de partículas floculentas	Refere-se à sedimentação das partículas que se aglomeram durante o processo de sedimentação. Ao aglomerarem-se, a velocidade de sedimentação aumenta.	Decantadores secundários
Tipo III – Sedimentação “em manto”	Refere-se à sedimentação de partículas que se aglomeram, formando massas de significativa dimensão que sedimentam como um todo, verificando-se uma separação nítida entre a água e a lama.	Decantadores secundários
Tipo IV – Sedimentação em compressão	Refere-se à sedimentação de partículas com consolidação muito lenta da estrutura da lama, devido ao peso das partículas constantemente adicionadas.	Fundo dos decantadores secundários e espessadores

A sedimentação “em manto”, ou decantação retardada, é normalmente associada ao decantador secundário após uma unidade de tratamento biológica, em particular, o processo de lamas ativadas, quando a concentração de lamas é superior a 2 000 mg/l de SST (Gray, 2004).

Em suspensões de elevada concentração, forma-se uma matriz de partículas interligadas, na qual sedimentam todas à mesma velocidade. Neste caso, é possível distinguir uma zona superior de clarificação, uma zona intermédia de transição, e uma inferior de compactação. Na zona de clarificação as partículas sedimentam a uma determinada velocidade de sedimentação, que começa a diminuir na zona de transição devido ao aumento da viscosidade e da concentração da suspensão. Na zona de compactação há uma reação em sentido contrário com igual velocidade, tendendo ao

desaparecimento da zona de transição e ao contacto entre as duas interfaces, dando-se o espessamento da lama (Jordão e Pessoa, 1975).

A determinação da velocidade de sedimentação na zona de clarificação, compreende a utilização de um cilindro graduado, onde é colocada uma amostra de lamas ativadas, deixando-se repousar, e registando-se a altura da interface da zona de clarificação, em intervalos de tempo regulares (Jordão e Pessoa, 1975; Metcalf e Eddy, 2004; Gray, 2004). Os dados provenientes desses testes são utilizados para criar uma curva de sedimentação, como a representada na Figura 2.4.

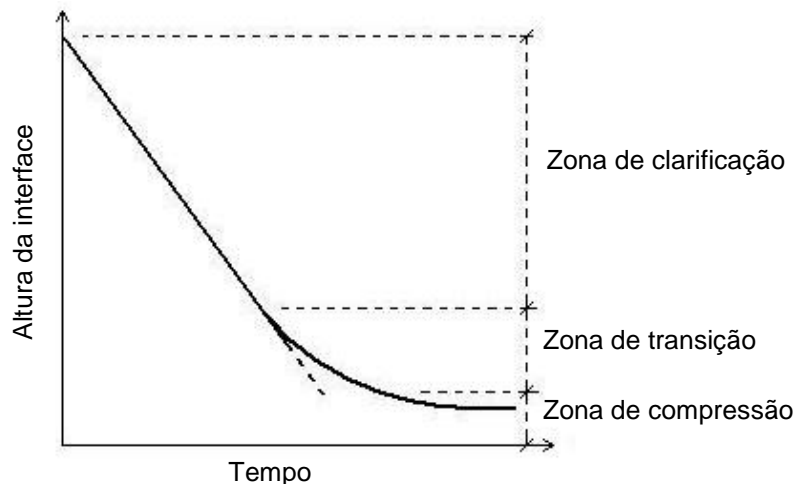


Figura 2.4: Curva de sedimentação, com distinção da zona de clarificação, da zona de transição e da zona de compressão (adaptado de Metcalf e Eddy, 2004).

A velocidade de sedimentação das partículas na zona de clarificação é igual ao declive da reta tangente à curva na zona de clarificação, permitindo a determinação da área de clarificação, consoante o caudal afluente.

A velocidade de sedimentação é influenciada por muitos fatores mas o principal é a concentração inicial de sólidos totais em suspensão. O modelo que melhor descreve esta relação é a equação de Vesilind (Giokas et al., 2003):

$$v_s = v_0 e^{-kC_i} \text{ (m.s}^{-1}\text{)} \quad (2.1)$$

Em que, v_s é a velocidade de sedimentação (m.s^{-1}), v_0 é a velocidade inicial de sedimentação (m.s^{-1}), k é o parâmetro empírico de sedimentação ($\text{m}^3.\text{kg}^{-1}$) e C_i é a concentração inicial de sólidos suspensos totais (kg.m^{-3}).

A sedimentabilidade das lamas ativadas pode ser expressa pela velocidade de sedimentação, caracterizada pela equação de Vesilind (1968), e as suas constantes v_0 e k (Catunda e Haandel, 1992). No entanto, quando, eventualmente, o topo do manto de lamas atinge o topo do decantador secundário esta equação deixa ser fiável (Vanderhasselt e Vanrollegheem, 2000).

2.2.2. Decantadores secundários

O dimensionamento dos decantadores secundários (área e profundidade) é diretamente dependente da sedimentabilidade da mistura líquida dos sólidos suspensos, da razão de recirculação, do caudal médio diário e do caudal de ponta afluente (Vesilind, 2003). No Quadro 2.2 encontram-se os principais parâmetros utilizados no dimensionamento dos decantadores secundários de sistemas de lamas ativadas.

Quadro 2.2: Parâmetros de dimensionamento dos decantadores secundários de sistemas de lamas ativadas consoante o regime de operação (Metcalf e Eddy, 2004).

Regime de operação	Carga hidráulica (m ³ /m ² .h)		Carga volúmica (Kg/m ² .h)		Profundidade (m)
	Média	Máxima	Média	Máxima	
Arejamento prolongado	0,3 – 0,7	1 – 1,4	1 - 5	7	4 - 6
Arejamento rápido e convencional	0,7 – 1,4	1,7 - 2	4 - 7	10	4 - 6

A carga hidráulica é inferior nos decantadores secundários, comparativamente aos decantadores primários, promovendo maiores tempos de retenção, de modo a permitir a sedimentação das partículas mais leves.

Como o decantador secundário promove também um certo espessamento, deve ser considerada a sua capacidade em termos de volume de sólidos, estabelecendo uma carga volúmica máxima, de modo a assegurar o correto funcionamento do decantador secundário (Vesilind, 2003).

Quanto maior a profundidade dos decantadores secundários maior a eficiência na remoção dos sólidos suspensos e na concentração das lamas de recirculação, no entanto, a profundidade dos decantadores representa custos de construção, sendo, portanto, inferior a 6 m de profundidade, na grande maioria dos casos (Metcalf e Eddy, 2004).

As condições de operação dos decantadores secundários são influenciadas pelas flutuações do caudal de águas residuais afluente, do caudal de lamas de recirculação, da concentração da mistura líquida de sólidos suspensos e das condições de sedimentabilidade, que podem ocorrer sazonalmente, diariamente, e até, ao longo do dia (Vesilind, 2003). Deste modo é necessário basear o dimensionamento do decantador secundário no caudal de ponta, de modo a manter o correto funcionamento do processo, evitando a perda de sólidos pelo efluente final.

2.2.3. Condições ótimas de sedimentação

A sedimentabilidade das lamas ativadas é um dos fatores mais importantes na operação do processo de lamas ativadas, dado que afeta a eficiência da sedimentação secundária (Eckenfelder et al., 1986).

As características de sedimentação estão relacionadas com a formação de aglomerações de microrganismos, conhecidos como flocos biológicos, no tanque de arejamento. O processo de agregação entre os microrganismos e outros sólidos em suspensão é denominado por floculação, e permite a separação eficiente dos sólidos suspensos do efluente clarificado (Gray, 2004).

O desenvolvimento dos flocos biológicos depende da existência de condições específicas de crescimento dos microrganismos no tanque de arejamento.

O seu processo de formação não é completamente compreendido pela comunidade científica. No entanto estudos indicaram a existência de biopolímeros extracelulares (BPE), compostos principalmente por substâncias húmicas, polissacarídeos e proteínas, de carga negativa, que agem como pontes entre os microrganismos e permitem a sua agregação em flocos (Frølund et al., 1996; Gray, 2004). Por outro lado, tem-se verificado que, aparentemente, concentrações elevadas de BPE representam um efeito negativo na floculação, sendo necessária a presença de catiões divalentes, como o cálcio e o magnésio, que vão atuar como pontes entre as bactérias e os BPE, permitindo a agregação das partículas (Grady et al., 1999; Nguyen et al., 2008; Wilén et al., 2008).

As bactérias filamentosas formam o “*backbone*” (“espinha dorsal”) dos flocos biológicos, proporcionando resistência à tração e fragmentação do floco (Sezgin et al., 1978; Parker, 2005). No entanto, a presença em excesso de microrganismos filamentosos, originando flocos largos e pouco densos, resulta em dificuldades na sedimentação (Barbusinski e Koscielniak, 1995; Parker, 2005). Por outro lado, a escassez de bactérias filamentosas resulta na formação de flocos pequenos, esféricos e relativamente fracos, pelo que, em situações de elevada turbulência, podem ser facilmente fragmentados em partículas mais pequenas (Richard, 1989; Gray, 2004).

Parece assim que, para a formação de uma macroestrutura (flocos grandes, densos e fortes) deve existir um balanço apropriado entre bactérias floculentas e bactérias filamentosas (Richard, 1989; Nguyen et al., 2007).

Observações empíricas mostraram que a idade de lamas, ou seja, o tempo de permanência das lamas ativadas no sistema, deve ser superior a um valor mínimo, para que ocorra floculação (Grady et al., 1999; Gray, 2004). Em sistemas com idades de lamas inferiores a 9 dias, o tamanho dos flocos é significativamente mais irregular e variável ao longo do tempo, do que em sistemas operados com idade de lamas superiores a 16 dias (Liao et al., 2006; Wilén et al., 2000).

A sedimentabilidade das lamas também é afetada por fatores externos, como a concentração de nutrientes ou de substâncias tóxicas que variam consoante as características da água residual, ou

consoante as condições ambientais, como a concentração em oxigénio dissolvido, a temperatura e o pH (Krishna e Loosdrecht, 1999; Morgan-Sagastume e Allen, 2005). Por exemplo, concentrações de oxigénio dissolvido inferiores a 2,0 mg/l originam lamas com piores características de sedimentação e um efluente com maior turbidez, devido ao crescimento excessivo de bactérias filamentosas e a formação de flocos porosos (Grady, et al., 1999; Wilén e Balmér, 1999).

Caso estas condições não estejam presentes, a floculação não ocorre, e as bactérias, de tamanho coloidal, crescem de uma forma dispersa, originando velocidades de sedimentação muito reduzidas e diminuindo a eficiência de decantação (Gray, 2004). Além disso, a fraca sedimentabilidade e compactação das lamas resulta numa baixa concentração das lamas de recirculação, originando problemas na manutenção da concentração de biomassa no reator biológico (Eckenfelder et al., 1986).

2.2.4. Problemas na separação sólido-líquido

Na operação do processo de lamas ativadas as dificuldades mais comuns são as relacionadas com a separação sólido-líquido. Estas dificuldades podem ser provocadas pelos fenómenos de *bulking* filamentoso, formação de flocos *pin-point*, desfloculação, formação de *foaming*, e desnitrificação (Gray, 2004).

O *bulking* filamentoso resulta da proliferação de bactérias filamentosas, devido principalmente, à escassez de oxigénio dissolvido, provocando a redução da velocidade de sedimentação da lama (Gray, 2004). Outro problema associado a este fenómeno é a fraca compactação das lamas no fundo do decantador, resultando em lama com menor concentração, sendo necessário maior recirculação de modo manter a concentração de MLSS no reator biológico (Grady et al., 1999; Gray, 2004).

A desfloculação resulta da instabilidade dos flocos e da sua fragmentação em partículas mais pequenas, aumentando a turbidez do efluente final e empobrecendo as características de sedimentação das lamas.

Os flocos *pin-point* são constituídos por bactérias floculantes, e apresentam uma microestrutura, compacta e esférica, sendo bastante fácil a sua fragmentação em partículas mais pequenas, em condições de turbulência, podendo ser transportadas pelo efluente (Gray, 2004).

O *foaming* é formado pelo crescimento excessivo de microrganismos filamentosos hidrofóbicos, normalmente do género *Nocardia*, que fixam os flocos às bolhas de ar, formando um *foaming* denso e estável à superfície do reator biológico (Tsang et al., 2008). A cor escura do *foaming* deve-se à presença de cerca de 30% a 50% do total de sólidos suspensos totais presentes no reator biológico, dificultando a operação, e o tratamento das águas residuais (Gray, 2004).

A desnitrificação não controlada no decantador secundário também afeta o comportamento da decantação. De facto, a desnitrificação pode ocorrer quando o tempo de permanência das lamas ativadas no decantador secundário é suficientemente longo para a criação de condições anóxicas, e o efluente do reator biológico foi totalmente nitrificado. O azoto gasoso, ao ascender à superfície, dificulta a sedimentação dos flocos e promove a sua flotação até à superfície do decantador secundário, contaminando o efluente final (Gray, 2004).

Nem sempre é fácil detetar qual a origem do problema em determinada situação, o que dificulta a seleção da correspondente medida corretiva mais adequada. O Quadro 2.3 sistematiza os problemas mais frequentes em função dos efeitos na decantação secundária.

Quadro 2.3: Distinção dos problemas de sedimentação consoante os efeitos na separação sólido-líquido (Gray, 2004).

	Bulking filamentoso	Flocos pin-point	Desfloculação	Desnitrificação
Presença de filamentos	Sim	Não	Não	Não
IVL elevado	Sim	Possivelmente	Possivelmente	Possivelmente
Sobrenadante clarificado	Sim	Não	Não	Possivelmente
Flotação de lamas	Não	Não	Não	Sim
Efluente túrbido	Não	Sim	Sim	Não

Ao contrário do *bulking* filamentoso, a desfloculação e os *flocos pin-point* são fenómenos difíceis de monitorizar e de prever, pois não afetam, significativamente, a quantidade de biomassa no sistema, mas podem deteriorar significativamente a qualidade do efluente (Barbusinski e Koscielniak, 1994; Seka e Verstraete, 2003).

As propriedades de sedimentabilidade das lamas no decantador secundário estão na base do controlo operacional do processo de lamas ativadas. Como tal, é realizado um controlo e monitorização do processo de lamas ativadas, de modo a manter as condições necessárias ao desenvolvimento de flocos biológicos no reator biológico, procurando manter uma separação eficiente dos sólidos suspensos do efluente clarificado.

2.3. Parâmetros de controlo de operação

Como foi referido anteriormente a sedimentabilidade das lamas é o fator mais importante no processo de tratamento por lamas ativadas. Como tal, é necessário manter as condições ótimas de sedimentabilidade, que consistem, fundamentalmente, em desenvolver e manter a concentração de biomassa no reator biológico ou, pelo menos, manter a carga mássica constante.

Nesta perspetiva, é essencial o controlo de parâmetros, como a razão de recirculação e a idade de lamas, de modo a permitir a manutenção da concentração dos microrganismos no reator biológico face às flutuações de carga orgânica afluyente.

2.3.1. Concentração de matéria sólida no reator biológico

A concentração média de sólidos suspensos no interior do reator biológico (MLSS) é o principal parâmetro analítico utilizado no controle de operação do processo de lamas ativadas, representando a concentração de sólidos suspensos totais (SST) presentes no interior do reator biológico.

A MLSS é constituída por uma mistura homogénea de biomassa e de outros sólidos suspensos na mistura líquida do reator biológico (Metcalf e Eddy, 2004). Para a medição da fração orgânica presente, é colocada uma amostra de MLSS num forno de mufla a 550 ° C, durante 1 hora (Standard Methods Committee, 1999). A concentração de sólidos perdida por ignição representa a concentração média de sólidos suspensos voláteis no interior do reator biológico (MLSSV), enquanto que os sólidos restantes representam o total fixo, de sólidos dissolvidos ou suspensos.

A concentração de MLSS no reator biológico deve ser diariamente determinada, e mantida entre os 2000 mg/l e 5000 mg/l (Grady et al., 1999; Gray, 2004). A determinação diária da concentração implica elevados custos de mão-de-obra e de controlo analítico pelo que, atendendo à estabilidade inerente à maioria dos sistemas, é comum que o controlo de processo utilize uma periodicidade diferente com o objetivo de reduzir os custos de operação, circunstância que é particularmente importante em instalações de pequena dimensão.

2.3.2. Carga mássica

A carga mássica corresponde à quantidade diária de substrato afluyente, disponível por quantidade de biomassa presente no tanque de arejamento, por dia (Orhon e Artan, 1994). Este parâmetro é

expressado pela razão F/M (*F* de *Food*, e *M* de *microorganisms*), que pode ser determinado através da seguinte equação (2.2).

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \times S}{MLSSV \times V} = \frac{S}{MLSSV \times T_h} \text{ (Kg CBO}_5\text{/KgMLSS.d)} \quad (2.2)$$

Onde, *Q* representa o caudal de água residual afluyente ao reator biológico (m³/d); *S* representa a concentração de substrato no caudal afluyente (Kg CBO₅/m³); *MLSSV* representa a concentração de sólidos suspensos voláteis de uma amostra representativa do conteúdo do reator biológico (Kg MLSSV/m³); *V* representa o volume do reator biológico (m³); e *T_h* representa o tempo de retenção hidráulico no reator biológico (d).

O controlo da carga mássica deve ser feito através da manutenção da MLSS no reator biológico, uma vez que, o responsável pela operação do processo não tem controlo sobre a carga orgânica e o caudal afluyente, tal como evidenciado na equação (2.2).

Vários autores correlacionaram a razão F/M com as características de sedimentação das lamas ativadas, através do parâmetro IVL, resultando na curva representada na Figura 2.5.

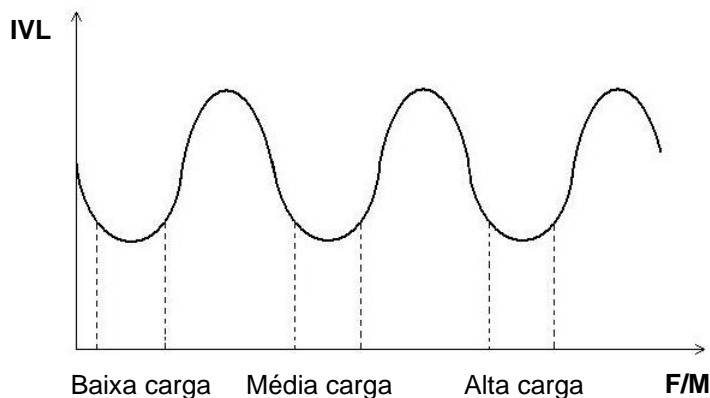


Figura 2.5: Curva de relação entre o IVL e a carga mássica (razão F/M).

Como em condições de sedimentação ótimas a lama deve apresentar um IVL reduzido, então a razão F/M ótima corresponde aos valores mínimos de IVL, indicando-se no Quadro 2.4 os valores da razão F/M ótimos, consoante o regime de operação empregue.

Quadro 2.4: Valores da razão F/M consoante o regime de operação (Metcalf e Eddy, 2004).

	Razão F/M (kgCBO ₅ /kgMLSS.d)
Baixa Carga	0,05 – 0,15
Média Carga	0,2 – 0,4
Alta Carga	0,4 – 1,5

A operação em condições extremas de carga mássica no reator pode causar problemas nas reações biológicas e conseqüentemente na sedimentação das lamas no decantador (Jordão e Pessoa, 1975; Ramalho, 1983).

Em condições de elevada carga mássica, não há formação de flocos, e os microrganismos estão geralmente dispersos, sendo difícil a sua sedimentação e compactação. Além disso, como existe “alimento” em excesso, apenas é consumida a matéria orgânica facilmente degradável, pelo que o efluente final apresenta menor qualidade. Por outro lado, em operações de baixa carga mássica, quando o “alimento” é escasso, a matéria orgânica é totalmente consumida, e os microrganismos podem chegar à fase de respiração endógena, resultando na oxidação quase completa dos flocos (Gray, 2004).

2.3.3. Recirculação de lamas

A recirculação de lamas tem como objetivo manter uma concentração apropriada de biomassa no tanque de arejamento, sendo o parâmetro sobre o qual o operador tem maior controlo.

A razão de recirculação é um parâmetro que deve ser devidamente determinado para minimizar o consumo de energia elétrica na estação elevatória de recirculação de lamas. Por outro lado, se a razão de recirculação for inferior ao mínimo aconselhável então pode ocorrer acumulação de lamas no decantador secundário e a sua perda pelo efluente (Grady e Lim, 1980).

Existem várias técnicas para a determinação de um caudal de recirculação, e são geralmente baseadas em manter uma determinada altura de lamas no decantador secundário ou em manter uma determinada concentração de MLSS no reator biológico (Metcalf e Eddy, 2004). É, no entanto, importante assegurar a estabilidade da concentração de MLSS no reator biológico, podendo ajustar a taxa de recirculação face a alterações do caudal afluente ao sistema bem como face a alterações da sedimentabilidade das lamas (comunicação pessoal, J. Sardinha, 2012).

Admitindo que a concentração de biomassa no caudal afluente é, usualmente, insignificante em relação à concentração de biomassa no interior do reator, então a biomassa de entrada no tanque de arejamento é apenas proveniente do caudal de recirculação, tal como representado na equação (2.3) (Metcalf e Eddy, 2004).

$$SST \times Q_R = MLSS(Q_R + Q) \quad (2.3)$$

Onde, SST representa a concentração de sólidos suspensos totais das lamas secundárias (mg/l), Q_R representa o caudal de recirculação (m^3/d), MLSS representa a concentração de sólidos suspensos totais de uma amostra representativa do reator biológico (mg/l) e Q é o caudal afluente ao decantador secundário (m^3/d).

Deste modo, é possível determinar a razão de recirculação, através da equação (2.4).

$$\frac{Q_R}{Q} = R = \frac{MLSS}{SST - MLSS} \quad (2.4)$$

Outra técnica utilizada para controlo da razão de recirculação é através da realização do teste do IVL, utilizando a seguinte equação (Metcalf e Eddy, 2004):

$$R = \frac{100}{[(100/MLSS \times IVL) - 1]} (\%) \quad (2.5)$$

2.3.4. Idade de lamas

A idade de lamas é o principal parâmetro de controlo do processo de lamas ativadas, sendo o principal fator que influencia as características de sedimentação das lamas ativadas (Grady et al., 1999).

A idade de lamas depende do regime de operação (Quadro 2.5).

Quadro 2.5: Idade de lamas segundo o regime de operação (Vesilind, 2003).

Regime de operação	Idade de lamas (dias)
Arejamento Prolongado (Baixa Carga)	20 - 40
Arejamento Convencional (Média Carga)	3 - 15
Arejamento Rápido (Alta Carga)	0,5 - 2

Um dos objetivos da operação do sistema de lamas ativadas é manter a idade de lamas constante, o que é conseguido através da extração periódica de um determinado volume de lamas em excesso do sistema. A extração, ou purga de lamas é usualmente processada a partir do decantador secundário, ou mais propriamente da estação elevatória de lamas que lhe está associada. Assim, uma parte da lama que é retirada do decantador secundário é purgada enquanto a outra parte, que na verdade é a maioria, é recirculada para o reator biológico.

O caudal de purga de lamas em excesso pode ser estimado através da equação (2.6).

$$Q_p = \frac{V \times MLSS}{\theta \times SST} (\text{m}^3/\text{d}) \quad (2.6)$$

Onde, Q_p representa o caudal de purga de lamas secundárias (m^3/d), V representa o volume do reator biológico (m^3), MLSS representa a concentração de sólidos suspensos totais de uma amostra representativa do reator biológico (mg/l), θ representa a idade de lamas (d) e SST representa a concentração de sólidos suspensos totais de uma amostra representativa de lamas secundárias (mg/l).

O Q_p pode ser retirado do sistema continuamente ou descontinuamente, até que a soma do volume purgado num dia seja igual ao Q_p . No caso da operação descontínua, o cálculo dos caudais parciais de purga de lamas deve basear-se na idade de lamas, de modo a que não ocorram variações superiores a 5 – 10% da concentração de MLSS no reator (Grady e Lim, 1980).

Deve ser realçado o facto de que, a manutenção de uma idade de lamas constante é uma estratégia de controlo a longo-prazo, e que esta não deve ser modificada, como medida de resposta a variações de curto-prazo (Grady e Lym, 1980).

Tendo em conta, que o período de espera para que uma determinada alteração surta efeito no processo de tratamento é, regra geral, na ordem de 1 a 1,5 vezes a idade de lamas, então, modificações na idade de lamas não diminuem as perturbações ocorridas num período de tempo de horas, pelo contrário, poderão interferir na estabilidade do processo a longo-termo (comunicação pessoal, J. Sardinha, 2012).

Como tal, é regra geral que nenhum parâmetro de controlo da idade de lamas deva ser modificado mais do que 20% num único dia, particularmente, a recirculação de lamas (Grady et al., 1999).

As variações a curto-termo são responsáveis pela natureza dinâmica dos sistemas de tratamento, sendo necessário tomar medidas de controlo que minimizem o seu impacto, sem descuidar da manutenção da idade de lamas necessária para atingir uma performance a longo-termo desejada (Grady e Lim, 1980).

O controlo a curto-termo da idade de lamas pode ser feito através do ajuste da razão de recirculação das lamas ao longo do dia de modo a antecipar as flutuações diárias de carga afluente, e ao aumentar a purga de lamas durante a noite, em que o caudal afluente é menor (Çakici e Bayramoglu, 1994).

Outra forma de evitar as perturbações diárias é através da aplicação de um tanque de equalização à entrada da ETAR, pese embora essa solução não seja frequente dado as implicações em termos de espaço ocupado e de aumento de investimento.

2.4. Monitorização analítica de MLSS e SST

A monitorização das características químicas, físicas e microbiológicas das águas residuais é objeto de cumprimento obrigatório pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, de modo a ser atribuída uma licença de descarga no meio recetor natural. Este tipo de monitorização é efetuado, obrigatoriamente, num laboratório externo acreditado. Além desta monitorização de conformidade legal é ainda necessário uma monitorização ao nível do controlo do processo de tratamento das águas residuais, que pode ser realizado em laboratório interno.

O controlo do processo de lamas ativadas depende da recolha de informação relativa ao processo de operação, e da qualidade dos dados obtidos (Environmental Protection Agency, 1982; Eckenfelder et al., 1986).

Os dois parâmetros que estão na base do controlo operacional são a razão de recirculação e a idade de lamas (Eckenfelder et al., 1986; Çakici e Bayramoglu, 1994). Para o controlo destes dois parâmetros são necessárias determinações periódicas da concentração de MLSS e da concentração de SST das lamas secundárias, como se pode observar pelas equações (2.4) e (2.6).

Os erros na determinação destes dois parâmetros podem ter várias origens, desde a recolha das amostras até à própria determinação em laboratório.

Os locais de recolha de amostras devem ser em pontos-chave do processo de tratamento, tal que as amostras reflitam a performance do processo (Eckenfelder et al., 1986). Na Figura 2.6 estão representados os respetivos locais de amostragem.

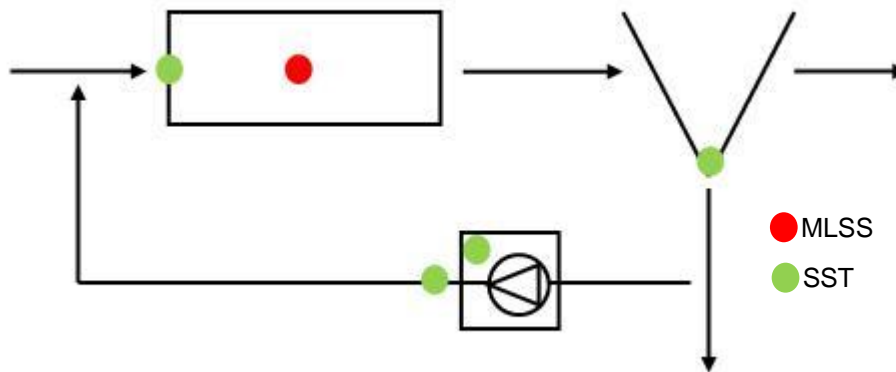


Figura 2.6: Locais de recolha de amostras de MLSS do reator biológico e de SST das lamas secundárias, no sistema de lamas ativadas.

As amostras de MLSS devem ser retiradas num local do reator biológico, onde o efluente se encontra misturado e homogêneo. Para assegurar a homogeneidade da mistura líquida, as amostras devem ser recolhidas durante a fase de arejamento do reator biológico.

No que respeita às lamas decantadas, os locais de recolha de amostras de SST podem ser (comunicação pessoal, J. Sardinha, 2012):

- No próprio fundo do decantador secundário. Esta situação é rara, pois para além de implicar muito trabalho por parte do operador, está sujeita a significativos erros de amostragem;
- No poço de bombagem das lamas secundárias. Esta situação também está sujeita a significativos erros de amostragem dado que o poço da estação elevatória não tem condições que assegurem a representatividade da amostra, desde logo por não dispor de agitação;
- Na tubagem, depois das bombas elevatórias, através de picagem. Este procedimento é o mais frequente pois é o mais acessível e pode ser realizado em qualquer momento, uma vez que a tubagem encontra-se em pressão. Contudo, implica que os grupos elevatórios estejam em funcionamento por período que assegure a representatividade da lama que está a ser elevada;
- No início do tanque de arejamento, na queda das lamas de recirculação. Este procedimento é frequente, no entanto, podem advir erros no momento da recolha, devido à perda de homogeneidade da concentração das lamas durante a queda. Além de apenas ser possível a recolha de amostras durante a recirculação das lamas.

Nos sistemas de lamas ativadas com configuração de SBR, a recolha de amostras de MLSS deve ser feita exclusivamente durante a fase de arejamento e, no caso dos SBR de nível variável, efetuar a recolha da amostra sempre à mesma cota do líquido (comunicação pessoal, J. Sardinha, 2012). No caso das lamas decantadas, o procedimento mais adequado consiste na recolha no circuito de extração de lamas em excesso.

As determinações analíticas em laboratório também podem originar erros significativos, como os apresentados pela Standard Methods Committee (1999):

- Perda de homogeneidade nas amostragens, devido às sucessivas amostragens;
- Perda de sólidos, quando estes aderem aos recipientes;
- Perda de peso devido à volatilização da matéria orgânica, assim como ganhos de peso devido à oxidação, dependendo da temperatura e do tempo de aquecimento na mufla.

Além dos erros de amostragem incutidos pela recolha e análise das amostras estes são fornecidos pelos laboratórios ao fim de determinado período de tempo o que, por vezes, não é compatível com a tomada de decisões operativas no local. Este fato é especialmente grave em situações de emergência face a alterações de comportamento da sedimentabilidade.

Deste modo o controlo da idade de lamas do sistema é baseado em estimativas de dados históricos, com um determinado grau de incerteza associado. Como alternativa a este método analítico, é comum a utilização do índice volumétrico de lamas, que permite o ajuste dos parâmetros operacionais, como a recirculação e idade de lamas do sistema (Grady, et al., 1999).

2.5. Índice volumétrico de lamas

Os testes de determinação da sedimentabilidade das lamas têm gerado discussão na comunidade científica, quanto à sua fiabilidade. No entanto, por serem facilmente e rapidamente determinados no local, são frequentemente utilizados, como auxiliar, na tomada de decisões no controlo de operação.

O índice volumétrico de lamas (IVL ou SVI, *sludge volume index*), desenvolvido por Mohlman em 1934, tornou-se no método mais utilizado no controlo do processo de lamas ativadas (Dick e Vesilind, 1969).

Para determinar o IVL é necessário determinar o volume de lamas sedimentadas, o que é feito, de forma muito simples, através da colocação de uma amostra do conteúdo do reator biológico num cilindro graduado de 1 litro, deixando-se em repouso por 30 minutos, período ao fim do qual se regista o volume de lamas ocupado. Este índice exprime o volume, em ml, ocupado por 1 g de MLSS, após 30 minutos de sedimentação, conforme a seguinte equação (2.7).

$$IVL = \frac{V_{30}}{MLSS} \text{ (ml/g)} \quad (2.7)$$

Onde, V_{30} representa o volume de sólidos sedimentados no cilindro, após 30 minutos (ml/l) e MLSS representa a concentração de SST de uma amostra representativa do reator biológico (g/l).

Quanto mais baixo for o valor de IVL, melhor será a floculação e a sedimentação no decantador secundário, tal como se pode verificar no Quadro 2.6.

Quadro 2.6: Capacidade de sedimentação das lamas conforme o teste do IVL (Gray, 2004).

	Capacidade de sedimentação das lamas
IVL < 80 ml/g	Boa
IVL = 100 ml/g	Satisfatória
IVL > 120 ml/g	Fraca

O IVL é um indicador geral das condições de sedimentação das lamas, no entanto, cada ETAR apresenta um valor de IVL ótimo, consoante a dimensão e a performance dos decantadores secundários e das condições hidráulicas (Richard, 1989).

Na prática, a concentração das lamas de recirculação é avaliada na base das propriedades de sedimentação da lama ativada, como é comumente medido pelo IVL (Orhon & Artan, 1994). Assim, assumindo que não há perda de sólidos pelo efluente, e que a concentração da lama é equivalente à alcançada após 30 minutos de sedimentação no cilindro de medição, é possível estimar a concentração de lamas secundárias através da equação (2.8) (Ramalho, 1983).

$$SST = \frac{10^6}{IVL} (\text{mg/l}) \quad (2.8)$$

Onde, SST representa a concentração de sólidos suspensos totais das lamas secundárias (mg/l) e IVL (ml/g) representa o índice de volume de lamas.

Apesar das vantagens apresentadas pelo teste do IVL, vários autores apontam algumas limitações subjacentes a este teste na medição da capacidade de sedimentação das lamas ativadas, descritas no Quadro 2.7.

Quadro 2.7: Descrição das limitações do teste do IVL.

Limitações	Descrição
Idade de lamas	Segundo Catunda e Haandel (1992) os valores dos testes de sedimentabilidade dependem da composição das lamas ativadas, nomeadamente, da fração de biomassa ativa. Deste modo, quanto menor for a idade de lamas do processo, maiores são os desvios dos resultados, em relação à realidade.
Concentração de MLSS	Os valores de IVL diminuem com o aumento da concentração de MLSS (Dick e Vesilind, 1969; Bye e Dold, 1998). O limite máximo da concentração de MLSS, para utilização do teste do IVL, é de 6 000 mg/l, segundo Dick e Vesilind (1969), e de 4 000 mg/l segundo Rachwal, Johnstone, Hanbury, e Critchard (1982), citado por Gray (2004).
Dimensão dos cilindros de medição	A dimensão dos cilindros de medição do IVL pode influenciar a velocidade de sedimentação das lamas, não sendo provável a existência de uma relação consistente entre o IVL e o processo de sedimentação nos decantadores (Dick e Vesilind, 1969). Giokas et al. (2003) também constataram que o aumento da altura do cilindro diminui a velocidade de sedimentação, enquanto que o aumento da razão altura/diâmetro aumenta a velocidade de sedimentação.

Temperatura	A temperatura da água residual afeta os resultados do teste do IVL, na medida em que a temperatura altera as características físicas, nomeadamente, a viscosidade da água residual, podendo ocorrer variações sazonais dos valores de IVL (Dick e Vesilind, 1969). Ghanizadeh e Sarrafpour (2001) verificaram que o aumento da temperatura, de 15 °C para 35 °C, provocou um aumento no IVL, de 40 ml/g para 130 ml/g. Por outro lado, os efeitos da temperatura observados em laboratório são sempre mais pronunciados do que os efeitos observados no reator biológico (Grady, et al., 1999).
--------------------	---

Em 1964, Stobbe desenvolveu um índice que permitiu eliminar a influência da concentração de MLSS no IVL, o índice volumétrico de lamas diluído (IVLD ou DSVI, *diluted sludge volume index*). Este teste foi baseado na observação experimental que o ensaio de IVL não é tão influenciado pela concentração inicial se o volume final de sólidos sedimentados for inferior a 25% do volume inicial (Catunda & Haandel, 1992). O IVLD é calculado através da seguinte equação:

$$IVLD = \frac{VLD_{30} \times 2^n}{MLSS} \text{ (ml/g)} \quad (2.9)$$

Onde, n representa o número de diluições; VLD_{30} representa o volume de sólidos, de uma amostra diluída do reator biológico, sedimentados no cilindro, após 30 minutos (ml/l) e MLSS representa a concentração de SST de uma amostra representativa do reator biológico (mg/l).

Além do IVLD, também foi desenvolvido o índice volumétrico agitado específico (IVAE ou SSVI, *stirred specific volume index*) com o intuito de reduzir a influência da concentração de MLSS no resultado do IVL. Neste teste é aplicada uma leve agitação, que ao aumentar a velocidade de sedimentação, reduz a influência da concentração inicial de sólidos no resultado (Catunda & Haandel, 1992). Este teste reproduz a situação não ideal que ocorre no decantador, ao contrário do IVL que é realizado em condições de repouso total (Gray, 2004).

Concluindo, o teste do IVL pode não ser suficientemente representativo das características de sedimentabilidade das lamas secundárias devido às condições artificiais criadas na realização do teste, e deste modo, poderão advir erros de cálculo baseados no teste de IVL, tal como constataram Dick e Vesilind, (1969). No entanto, por ser um teste mais expedito, rápido e menos oneroso do que as determinações analíticas em laboratório julga-se que pode ser utilizado pelos operadores das ETAR, no ajuste diário do caudal de purga de lamas.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste estudo teve como objetivo avaliar a fiabilidade da substituição de determinações analíticas, processadas em laboratório, designadamente a concentração de SST das lamas secundárias, pelo teste do IVL, no controlo operacional de sistemas de lamas ativadas, avaliando a inerente redução do custo operacional.

De facto, combinando a equação (2.6), descrita na subsecção 2.3.4, com as equações (2.7) e (2.8), descritas na secção 2.5, é possível determinar o caudal de purga de lamas (Q_p) sem recorrer a determinações analíticas, utilizando apenas, como variável, o volume de sólidos sedimentados após 30 minutos (V_{30}), resultado do teste do IVL, tal como na seguinte equação:

$$Q_p = \frac{V \times V_{30}}{\theta \times 10^6} \text{ (m}^3\text{/d)} \quad (3.1)$$

Contudo, esta metodologia toma como pressuposto, que o teste do IVL permite estimar a concentração de lamas secundárias. Assim a fiabilidade do emprego desta metodologia para controlo da purga de lamas foi avaliada, para várias instalações, através da comparação entre a concentração de lamas secundárias calculada pelo teste de IVL e a concentração de lamas secundárias determinada em laboratório, ao longo do tempo de amostragem.

Quanto mais próximas forem as concentrações ao longo do tempo, melhor o desempenho do teste de IVL no controlo do processo de lamas ativadas, sendo, no entanto, certo que, quer o IVL quer a concentração de matéria sólida em suspensão determinada na lama decantada acarretam um certo grau de incerteza.

Além da verificação do desempenho do teste do IVL, também foi determinada a redução de custos anual, proporcionada pelo eventual emprego da metodologia proposta nas ETAR com sistemas de tratamento por lamas ativadas em sistemas multimunicipais do Grupo Águas de Portugal.

3.1. Dados utilizados no estudo

Em Portugal, o conjunto de concessões multimunicipais de prestação de serviços de água e resíduos é constituído por 30 sociedades de capitais públicos, participadas pela AdP – Águas de Portugal, SGPS, S.A., a qual detém mais de 50% do capital social de cada uma delas, pertencendo a parte remanescente aos municípios abrangidos.

Das 30 concessionárias multimunicipais do Grupo AdP, 16 prestam serviços de gestão da componente “em alta” do sistema de saneamento de águas residuais.

O presente estudo do controlo operacional do processo de lamas ativadas é baseado em dados reais, já existentes, provenientes de 20 ETAR exploradas pela concessionária multimunicipal AdO - Águas do Oeste, S.A.. Os municípios abrangidos foram Alenquer, Azambuja, Cadaval, Lourinhã, Óbidos, Peniche, Rio Maior, Alcobaça, Nazaré e Torres Vedras.

As ETAR em estudo, todas providas com sistema de lamas ativadas, distinguem-se:

- Pelo ano de início de exploração;
- Pelo caudal de dimensionamento.
- Pela população equivalente servida;
- Pela configuração do reator biológico, que pode ser do tipo tanque de arejamento convencional, vala de oxidação ou SBR;
- Pelo regime de operação, de baixa ou média carga.

O Quadro 3.1 apresenta a frequência de amostragem dos dados que foram disponibilizados pela Águas do Oeste, S.A. para as 20 ETAR, e utilizados no presente estudo, referentes aos anos de exploração de 2010, 2011 e 2012, sendo neste último ano, de Janeiro a Maio.

Quadro 3.1: Frequência de amostragem dos parâmetros estudados.

Dados	Frequência de amostragem	
	2010	2011 e 2012
MLSS (mg/l)	Semanal	Quinzenal
SST (mg/l)		
V ₃₀ (ml/l)		

A frequência de amostragem dos parâmetros analíticos MLSS e SST, em cada ETAR, foi superior em 2010, sendo a média de amostragem 4 vezes por mês, enquanto que nos anos de 2011 e 2012 a média de amostragem diminuiu para 2 vezes por mês, por razões que se deveram a redução de

custos operacionais. Como tal, também foram utilizados dados de V_{30} com a mesma frequência, de modo a permitir a comparação entre os dois métodos.

3.1.1. Determinações analíticas dos parâmetros MLSS e SST

As amostras da mistura líquida do reator biológico e das lamas secundárias são comumente recolhidas pelo operador de cada ETAR, colocadas em frascos e transportadas até ao laboratório interno da Águas do Oeste, S.A., situado na ETAR da Silveira, em Torres Vedras.



Figura 3.1: Boiões de transporte das amostras de mistura líquida do reator biológico e de lamas em excesso.

Em laboratório, a determinação dos parâmetros é realizada por um técnico analista, conforme o procedimento experimental definido na *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (20th ed.), esquematizado na Figura 3.2.



Figura 3.2: Etapas efetuadas pelo técnico analista na determinação dos parâmetros analíticos MLSS e SST. 1 – Filtração em vácuo de um determinado volume de amostra; 2 – Colocação das cápsulas + papel de filtro + sólidos em suspensão na estufa; 3 – Pesagem.

3.1.2. Determinação do parâmetro V_{30} (teste do IVL)

O teste do IVL foi realizado, em cada ETAR, pelo operador de serviço. Este teste envolveu a recolha de uma amostra de massa líquida do interior do reator biológico, sendo posteriormente colocada a sedimentar durante 30 minutos, num cilindro graduado, protegido da luz solar (Figura 3.3). No final dos 30 minutos, o operador regista o volume de lamas sedimentado (V_{30}).

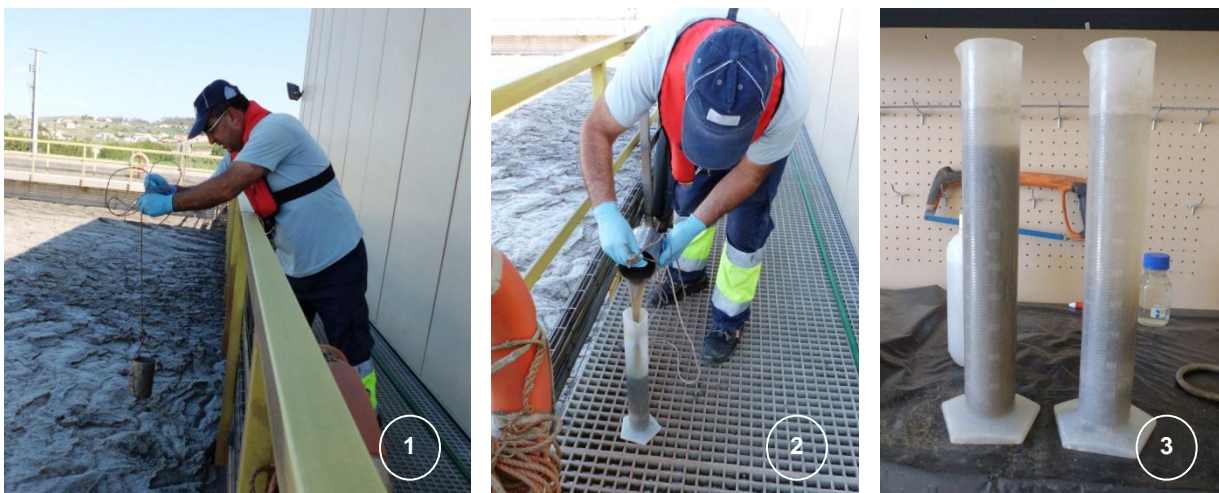


Figura 3.3: Etapas efetuadas pelo operador na determinação do parâmetro V_{30} . 1 – Recolha da amostra de mistura líquida do interior do reator biológico; 2 - Colocação da amostra de mistura líquida num cilindro de 1 L graduado. 3 – Sedimentação dos sólidos em suspensão durante 30 minutos.

3.2. Análise da fiabilidade do teste do IVL

A análise do desempenho do teste do IVL foi realizada com base na comparação entre as concentrações de SST das lamas secundárias, determinadas por dois métodos:

- Determinação em laboratório, conforme definido na *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*;
- Calculada pelo teste do IVL, através da equação (2.8).

Deste modo, quanto mais próximas forem as concentrações ao longo do tempo, melhor o desempenho do teste do IVL no controlo da idade de lamas do sistema.

Na Figura 3.4 está presente o esquema da metodologia aplicada na análise do desempenho do teste do IVL.

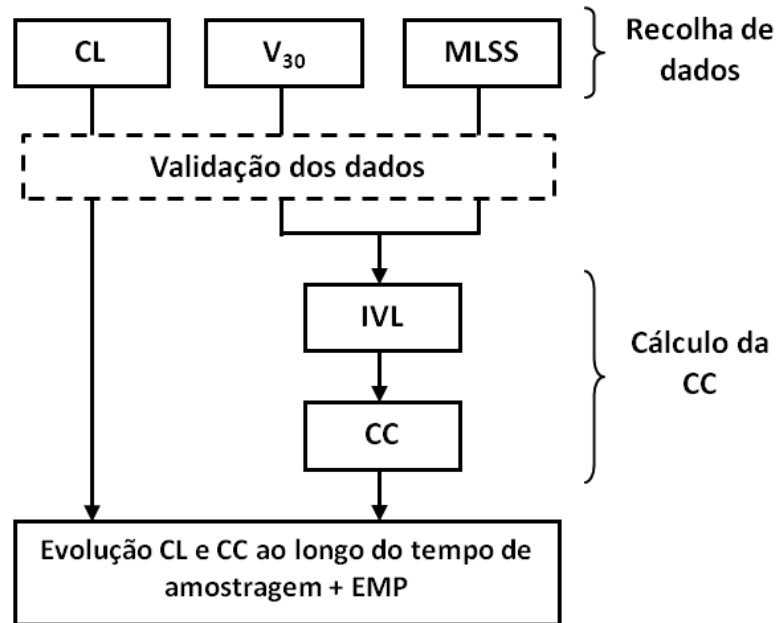


Figura 3.4: Metodologia aplicada na análise da fiabilidade do teste do IVL.

A análise considerou os valores da concentração de SST das lamas secundárias determinadas em laboratório (CL), da concentração de MLSS, bem como o volume de lamas sedimentadas durante o teste do IVL, V_{30} , desde janeiro de 2010 até maio de 2012, relativos a vinte ETAR com sistema de tratamento por lamas ativadas.

Antes da utilização destes valores, procedeu-se à validação dos mesmos (subsecção 3.2.1).

Para o cálculo do IVL foi utilizada a equação (2.7), descrita na secção 2.5, que relaciona o volume de lamas sedimentada no cilindro de medição (V_{30}) com a concentração inicial de sólidos suspensos (MLSS). A concentração de lamas calculada pelo teste do IVL (CC) foi determinada através da equação (2.8), apresentada na secção 2.5, que relaciona a concentração de lamas sedimentadas com o IVL.

Foi calculado o erro médio percentual (EMP), que representa o erro associado ao cálculo da concentração de SST das lamas secundárias, relativamente aos valores da concentração de lamas determinada em laboratório, para cada ETAR em estudo (subsecção 3.2.2). Em complemento, foram criados gráficos que mostram a evolução das concentrações das lamas secundárias (CL e CC) ao longo do tempo de amostragem, para cada ETAR em estudo.

Posteriormente, nalgumas situações, foram aplicados fatores de correção K (subsecção 3.2.3), que poderão ser, futuramente, utilizados aquando da aplicação da metodologia em cada ETAR em estudo, aumentando assim, a fiabilidade de utilização da metodologia proposta a cada instalação.

3.2.1. Validação dos dados

Antes de se analisar o desempenho do teste de IVL, procedeu-se à validação dos valores de concentração de SST das lamas secundárias e de MLSS do interior do reator biológico, fornecidos pela Águas do Oeste, S.A..

Um dos métodos utilizados para a verificação da ocorrência de erros foi através do cálculo da diferença da concentração de SST das lamas secundárias e de MLSS do reator biológico, uma vez que a concentração de lamas não poderá ser inferior à concentração no reator biológico. Assim, quando a diferença das concentrações foi inferior a zero, optou-se por desprezar os correspondentes valores, pois desconhece-se qual dos dois está errado.

Através da validação efetuada, do total de dados (MLSS e SST) existentes para as 20 ETAR no período em questão, verificou-se que tiveram que ser eliminados cerca de 12% dos valores devido às razões acima referidas. Isto indica-nos que a fiabilidade do processo de colheita e posterior determinação analítica das concentrações de MLSS e SST deverá ser inferior ao valor acima referido, dado que o mesmo corresponde a uma validação primária, muito objetiva, para situações demasiado evidentes. Deste modo, optou-se por apresentar gráficos onde se apresentam, para cada ETAR, ao longo do tempo, os valores determinados em laboratório (CL), assinalando uma possível margem de $\pm 20\%$ sobre os mesmos, comparando-os com os valores estimados através da metodologia proposta.

Por outro lado, também foram analisadas situações que exprimissem algum distanciamento da operação normal, tais como variações repentinas das concentrações, em particular da MLSS sem que se encontre justificação plausível.

Também se teve em conta as variações repentinas da concentração de SST das lamas secundárias, sendo este um indicador de que houve uma pausa prolongada da recirculação de lamas (aumento da concentração de lamas) ou que a amostragem foi realizada após a purga de lamas (descida da concentração de lamas). Estas variações não são detetadas pelo IVL, cuja determinação é baseada na concentração da MLSS e na sedimentabilidade das lamas, e por isso foram analisadas, de modo a evitar a sua influência nos resultados.

3.2.2. Erro médio percentual

As medidas de erro podem ser de dois tipos, os que são dependentes de escala e os que não o são (Hyndman e Koehler, 2006).

As medidas de erro dependentes de escala devem ser utilizadas com cuidado ao fazer comparações de precisão, através de conjuntos de dados, de modo a que as diferentes escalas, que afetam a magnitude dessas medidas, não sejam mal interpretadas como diferenças de erro.

As medidas de erro que não são dependentes da escala são ajustadas ao tamanho do conjunto de dados, através do erro percentual.

Para averiguação do erro associado à determinação da concentração de lamas através do teste do IVL, no tempo de amostragem definido para cada ETAR, utilizou-se o erro médio percentual (EMP).

O módulo da diferença entre os dois valores de concentração de SST das lamas secundárias, determinada em laboratório (CL) e calculada pelo teste de IVL (CC), no mesmo dia de amostragem, é definido como o erro absoluto (equação (3.2)).

$$\text{Erro absoluto} = |CL - CC| \text{ (mg/l)} \quad (3.2)$$

De modo a eliminar o efeito de escala associado ao erro absoluto e a facilitar a comparação entre os resultados, foi calculado o erro relativo percentual (equação (3.4)).

$$\text{Erro relativo percentual} = \frac{\text{Erro absoluto}}{CL} \times 100 \text{ (\%)} \quad (3.3)$$

Para cada ETAR foi calculado o erro médio percentual, que corresponde à média dos valores de erro relativo percentual calculados para cada dia de amostragem (equação (3.4)).

$$\text{Erro médio percentual} = \frac{\sum(\text{Erro relativo percentual})}{\text{n.º de amostragens}} \text{ (\%)} \quad (3.4)$$

3.2.3. Coeficiente de correção, K

Nos casos em que a concentração de lamas calculada foi regularmente inferior, ou superior, à concentração de lamas determinada em laboratório, foi aplicado um coeficiente de correção, que permitiu aproximar as concentrações determinadas pelos dois métodos, adaptando a equação (2.8), conforme se mostra de seguida:

$$CC = \frac{10^6}{IVL} \times K \text{ (mg/l)} \quad (3.5)$$

O coeficiente de correção K foi determinado por iteração, até o EMP ser o menor possível, para cada ETAR.

3.3.Redução de custos

A metodologia proposta permite reduzir drasticamente a necessidade de controlo analítico de processo, designadamente no que respeita às determinações analíticas da concentração de SST das lamas secundárias, que deixam de ser necessárias.

Uma vez que a metodologia proposta afeta apenas a realização diária do teste de IVL, que já ocorre nas ETAR, para efeitos de guia de controlo do processo, então não existe nenhum custo adicional com a aplicação da metodologia proposta.

Na Figura 3.5 está esquematizada a metodologia empregue na determinação da redução de custos ao aplicar a proposta metodológica nas ETAR com sistema de tratamento por lamas ativadas.

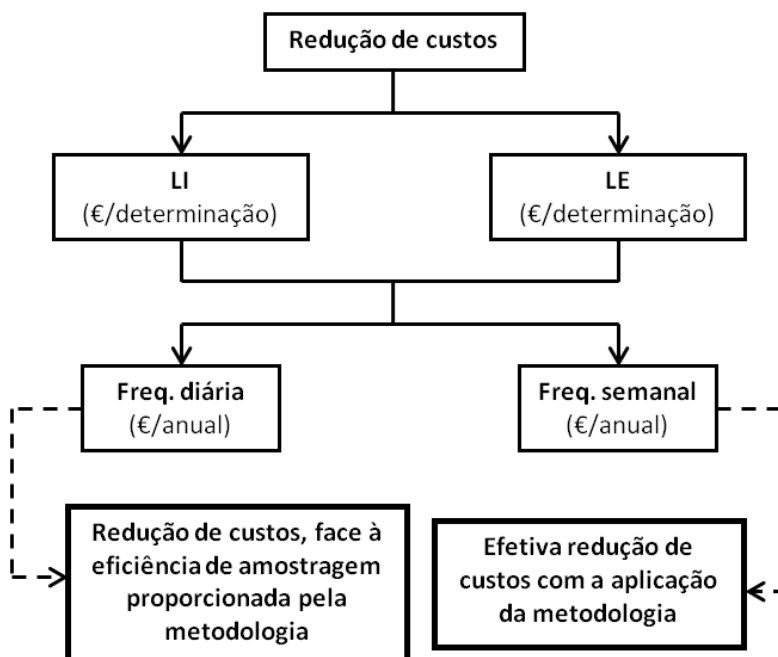


Figura 3.5: Esquema da metodologia empregue na determinação da redução de custos proporcionada.

A redução de custos por determinação analítica foi determinada tendo em conta a sua realização em laboratório interno ou em laboratório externo (Quadro 3.2).

Quadro 3.2: Custo por determinação analítica da concentração de SST, em laboratório interno e externo.

	Custo (€/determinação)
Laboratório interno	3,8
Laboratório externo	7,5

O custo em determinações analíticas vai representar, maior ou menor, impacte no custo anual de tratamento das águas residuais, dependendo da frequência de amostragem aplicada. Como tal, estimou-se o custo anual por ETAR, consoante a frequência de amostragem, diária, que corresponde à ideal e à proporcionada pelo teste de IVL, e semanal, que corresponde à situação padrão utilizada nas ETAR.

Com base no número de ETAR com sistema de tratamento por lamas ativadas exploradas pelas concessionárias multimunicipais pertencentes ao Grupo AdP, foi ainda possível estimar a redução de custos total anual.

Elaborou-se ainda uma curva que relaciona o custo específico com o caudal tratado, tendo em conta o custo por determinação analítica, em laboratório interno e externo, com o objetivo de averiguar qual a dimensão da ETAR a partir da qual é aconselhada a implementação da metodologia, sob o ponto de vista económico.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos quanto ao desempenho do teste do IVL nas vinte ETAR com processo de tratamento por lamas ativadas em estudo, e ainda a estimativa da redução de custos proporcionada pela implementação da metodologia proposta nas concessionárias multimunicipais.

4.1. Fiabilidade do teste do IVL

Para avaliar a fiabilidade do teste de IVL em cada ETAR, será apresentada a evolução das concentrações de SST das lamas secundárias ao longo do tempo de amostragem, nomeadamente, as:

- Concentrações determinadas em laboratório (CL),
- Concentrações calculadas pelo teste do IVL (CC).

A proximidade entre as concentrações poderá ser analisada através da apresentação dos valores do erro médio percentual (EMP) associado à CC, referente aos anos de 2010, 2011 e 2012, em cada ETAR estudada, e os valores do fator de correção K, nos casos em que foram aplicados.

4.1.1. ETAR do Carregado

No Quadro 4.1 estão presentes as principais características da ETAR do Carregado.

Quadro 4.1: Características da ETAR do Carregado.

ETAR do Carregado - Município de Alenquer			
Ano de início de exploração	2005	Configuração do reator biológico	Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	2 000		
População servida em HP (e.p.)	20 000	Regime de operação	Média carga

Não se dispõe de dados relativos a 2010 devido à execução de obras de reabilitação da ETAR do Carregado naquele período, circunstância que constitui um fator limitante na avaliação da metodologia em estudo. Em 2011 a frequência de amostragem foi quinzenal, com algumas amostragens adicionais. Os dados de 2012 englobam apenas três determinações em janeiro e uma em fevereiro.

A figura seguinte permite comparar a evolução, ao longo do tempo, da concentração de lamas calculada através do teste IVL, com a concentração de lamas determinada em laboratório, sobre a qual se representa, através das barras de erro uma incerteza que se admitiu na ordem $\pm 20\%$, conforme a subsecção 3.2.1.

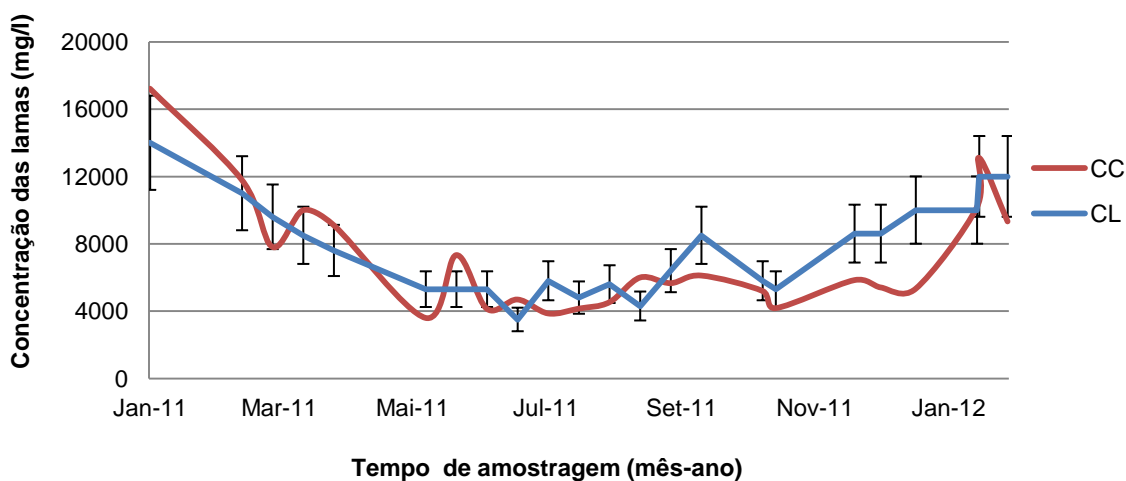


Figura 4.1: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR da Carregado.

Na Figura 4.1 observa-se que a CC sofreu oscilações ao longo do ano de 2011, no entanto, verifica-se que a diferença entre as concentrações CC e CL foi superior a partir de setembro de 2011. Este facto pode dever-se à maior variação da concentração de MLSS no reator biológico, levando a

modificações na razão de recirculação ou na purga de lamas, e consequentemente, modificando a concentração de lamas no fundo do decantador secundário.

Apesar das oscilações das concentrações observadas na Figura 4.1, verifica-se que a evolução das concentrações ao longo do tempo foi semelhante, sendo normalmente inferior a 20% (representado pelas barras). O EMP calculado foi igual a 23 % (desvio padrão de 11%), o que se considerou aceitável, não se justificando, portanto, a aplicação de um fator de correção que permitisse aproximar mais a CC da CL.

Apesar das obras efetuadas na ETAR do Carregado em 2010, é possível verificar que o teste do IVL apresentou um bom desempenho ao longo do tempo de amostragem, mesmo após uma paragem de um ano no processo de tratamento.

4.1.2. ETAR da Espiçandeira

No Quadro 4.2 estão presentes as características principais da ETAR da Espiçandeira.

Quadro 4.2: Características da ETAR da Espiçandeira.

ETAR da Espiçandeira - Município de Alenquer			
Ano de início de exploração	2005	Configuração do reator biológico	Vala de oxidação
Caudal em HP (m³/d)	784		
População servida em HP (e.p.)	5 600	Regime de operação	Baixa carga

Para a ETAR da Espiçandeira dispõe-se de dados relativos a 2010, 2011 e de Janeiro a Maio de 2012. Em 2010, a frequência de amostragem foi semanal, e em 2011 e 2012, reduziu para quinzenal.

Na Figura 4.2 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo de amostragem, após validação dos dados, na ETAR da Espiçandeira.

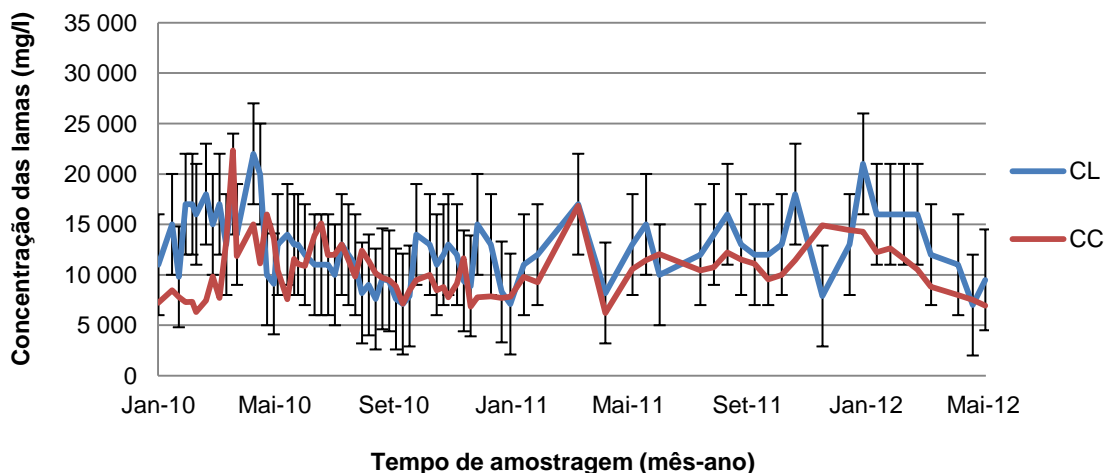


Figura 4.2: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR da Espiçandeira.

Através da Figura 4.2 é possível observar que, nos meses de janeiro a março e em dezembro de 2010, as concentrações foram mais distantes que no geral, em que a CC apresentou valores próximos da CL, com um erro, aparentemente, inferior a 20%.

Uma possível causa para tal foi o aumento de caudal nesses meses, que ultrapassou os 2 000 m³/d, excedendo tremendamente o caudal de dimensionamento, como se pode verificar na Figura 4.3. Admite-se que tal seja resultado de redes de drenagem unitárias, eventualmente associadas a dispositivos de regulação de caudal desajustados.

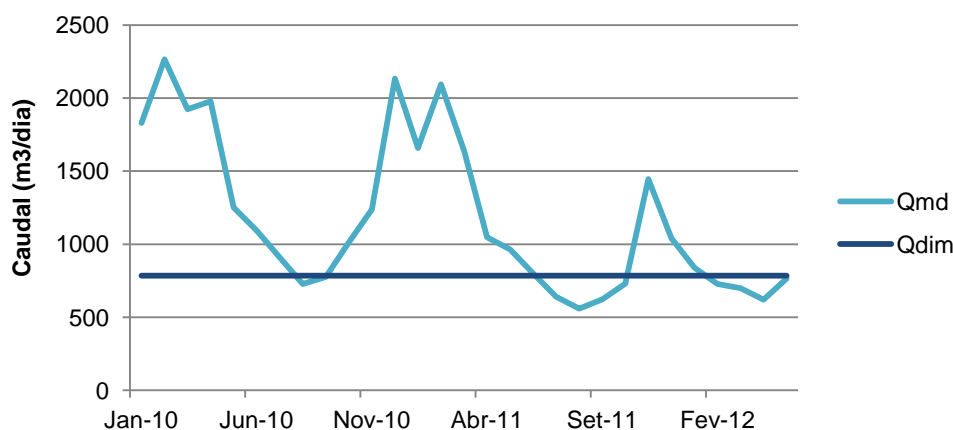


Figura 4.3: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR da Espiçandeira.

O EMP obtido para a ETAR da Espiçandeira foi de 23% (desvio padrão de 15%), não se tendo justificado a aplicação de um fator de correção neste caso.

4.1.3. ETAR de Alcoentre

No Quadro 4.3, estão presentes as principais características da ETAR de Alcoentre.

Quadro 4.3: Características da ETAR de Alcoentre.

ETAR de Alcoentre - Município de Azambuja			
Ano de início de exploração	2008	Configuração do reator biológico	Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	798		
População servida em HP (e.p.)	4 700	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR de Alcoentre foram disponibilizados dados relativos a 2010, 2011 e de janeiro a março de 2012, sendo que em 2010, a frequência de amostragem foi semanal sendo quinzenal no restante período em análise.

A Figura 4.4 representa a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo de amostragem, após validação dos dados, na ETAR de Alcoentre.

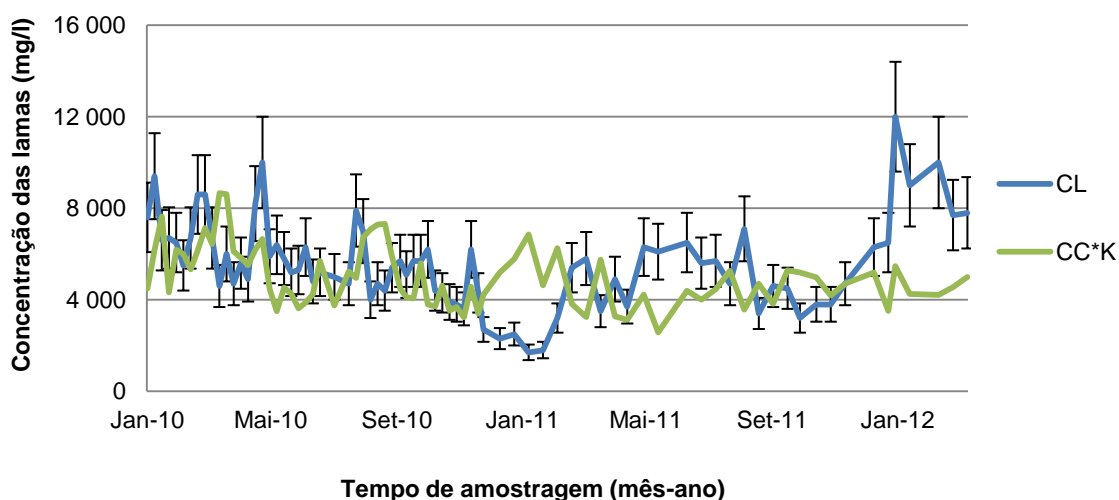


Figura 4.4: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR de Alcoentre.

Ao analisar a figura, verifica-se que a CC*K foi relativamente próxima da CL, destacando-se uma ligeira discrepância das concentrações nos meses de janeiro a maio de 2010 e de novembro de 2010 a maio de 2011, em que o caudal afluente à ETAR excede o caudal de dimensionamento, tal como se pode observar na Figura 4.5.

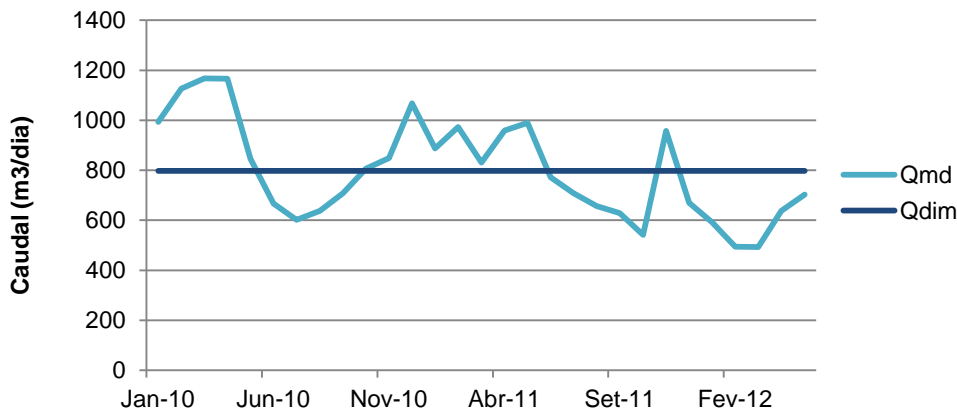


Figura 4.5: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluentes, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR de Alcoentre.

No início de 2012, as concentrações apresentaram as maiores discrepâncias, tal como se pode verificar na Figura 4.4. Nesta altura, os valores de IVL foram próximos de 200 ml/g, indicando sérios problemas de sedimentação das lamas. No entanto a concentração de lamas determinada em laboratório aumentou, estranhamente, de 4 500 mg/l para 9 500 mg/l, ao contrário da concentração de lamas calculada que se manteve nos 5 600 mg/l, resultando em maiores EMP.

Como tal, o EMP foi elevado, sendo igual a 28% (desvio padrão de 27%), diminuindo para 25% (desvio padrão 17%) com a aplicação de um fator de correção K igual a 0,8, indicando que esse fator de correção está, de facto, a ajustar os resultados emergentes do IVL aos resultados de determinações analíticas sobre amostras colhidas no decantador secundário.

4.1.4. ETAR do Painho

No Quadro 4.4, estão presentes as principais características da ETAR do Painho.

Quadro 4.4: Características da ETAR do Painho

ETAR do Painho- Município de Cadaval			
Ano de início de exploração	2003	Configuração do reator biológico	Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	225		
População servida em HP (e.p.)	1 270	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR do Painho foram disponibilizados dados de 2010, 2011 e de janeiro a maio de 2012, correspondendo a uma frequência de amostragem semanal durante 2010 e quinzenal depois de 2010.

A Figura 4.6 representa a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo de amostragem, após validação dos dados, na ETAR do Painho.

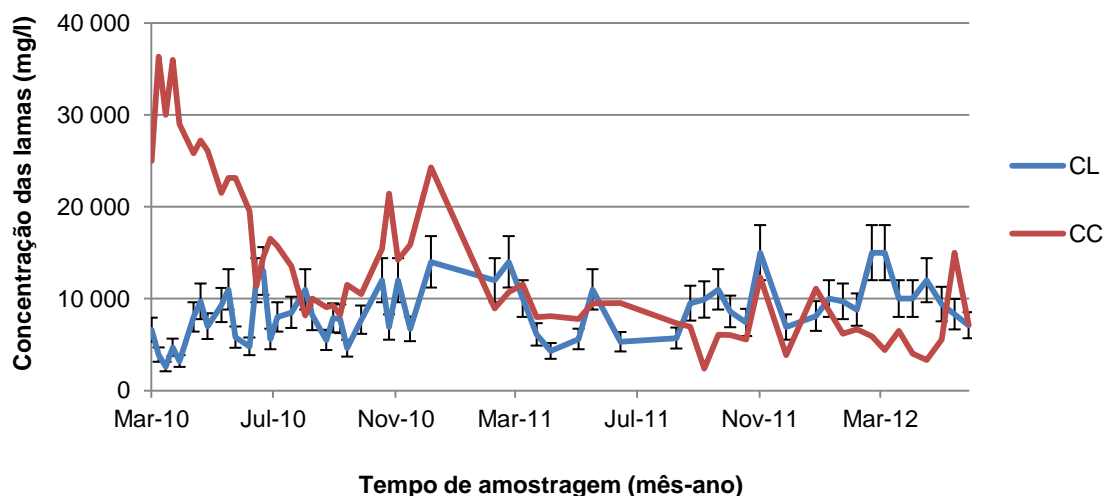


Figura 4.6: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR de Painho.

Através da Figura 4.6 observa-se que a concentração de lamas foi muito inconstante ao longo do tempo de amostragem. No ano de 2010, a CC e a CL apresentaram grandes discrepâncias, principalmente nos meses de janeiro a março e de outubro a dezembro. Para tal circunstância não será alheia a existência de erros explícitos nas concentrações determinadas em laboratório (conforme a subsecção 3.2.1), em 23% das amostragens realizadas, das quais, 17% foram amostragens do ano de 2010. Este facto evidencia erros na colheita das amostras ou no procedimento em laboratório, originando um erro mais elevado no ano de 2010, o que pode explicar o elevado EMP, de 137% (desvio padrão de 222%), que demonstra a elevada dispersão dos valores da CC em relação à CL.

4.1.5. ETAR de Reguengo Grande

No Quadro 4.5, estão presentes as principais características da ETAR de Reguengo Grande.

Quadro 4.5: Características da ETAR de Reguengo Grande.

ETAR de Reguengo Grande - Município de Lourinhã			
Ano de início de exploração	2005	Configuração do reator biológico	Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	312		
População servida em HP (e.p.)	2 000	Regime de operação	Baixa carga

Os dados relativos à ETAR de Reguengo Grande correspondem a 2010, 2011 e de Janeiro a Maio de 2012, tendo em 2010, uma frequência de amostragem semanal e quinzenal no restante período.

A Figura 4.7 representa a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo de amostragem, após validação dos dados, na ETAR de Reguengo Grande.

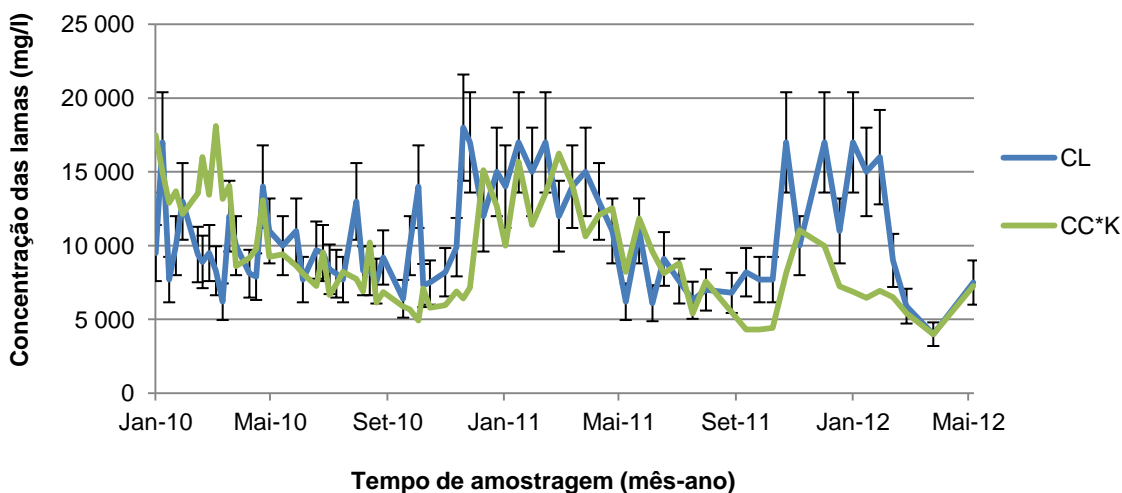


Figura 4.7: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR de Reguengo Grande.

Através da Figura 4.7 observa-se uma variação sazonal da concentração de lamas ao longo do tempo, sendo superior nos meses húmidos, ultrapassando os 15 000 mg/l. Esta variação sazonal coincide com a variação de caudal afluente à ETAR. Quando o caudal atinge valores significativamente superiores, é quando parece existir maior diferença entre a CC*K e a CL, como se pode verificar na Figura 4.8, o que não se considera anormal dado que naquele período, o caudal foi superior ao caudal de dimensionamento da instalação, ou seja, do normal funcionamento da instalação.

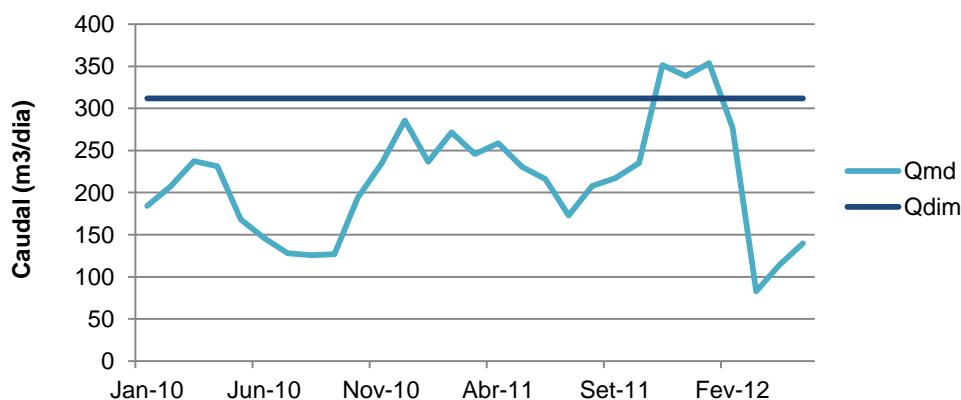


Figura 4.8: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluentes, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR de Reguengo Grande.

Apesar de se observar discrepâncias nos valores das concentrações CC*K e CL, verifica-se que as concentrações apresentam as mesmas oscilações ao longo do tempo de amostragem, indicando um bom desempenho do teste de IVL.

O EMP calculado foi de 26% (desvio padrão de 20%) e com a aplicação de um fator de correção K igual a 0,8, foi possível diminuir o EMP para 22% (desvio padrão de 15%), correção que, pelas razões expostas, designadamente em termos do caudal afluyente, se considera pertinente.

4.1.6. ETAR da Miragaia

No Quadro 4.6 estão presentes as principais características da ETAR da Miragaia.

Quadro 4.6: Características da ETAR da Miragaia.

ETAR de Miragaia - Município de Lourinhã			
Ano de início de exploração	2006	Configuração do reator biológico	Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	1 772		
População servida em HP (e.p.)	10 550	Regime de operação	Baixa carga

Registou-se uma paragem do processo de tratamento da ETAR da Miragaia, entre Fevereiro e Outubro de 2010, tendo-se utilizado os dados a partir de novembro desse ano, com uma frequência de amostragem semanal. Em 2011 a frequência de amostragem foi quinzenal durante todo o ano, assim como de Janeiro a Maio de 2012.

A Figura 4.9 representa a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo de amostragem, após validação dos dados, na ETAR de Miragaia.

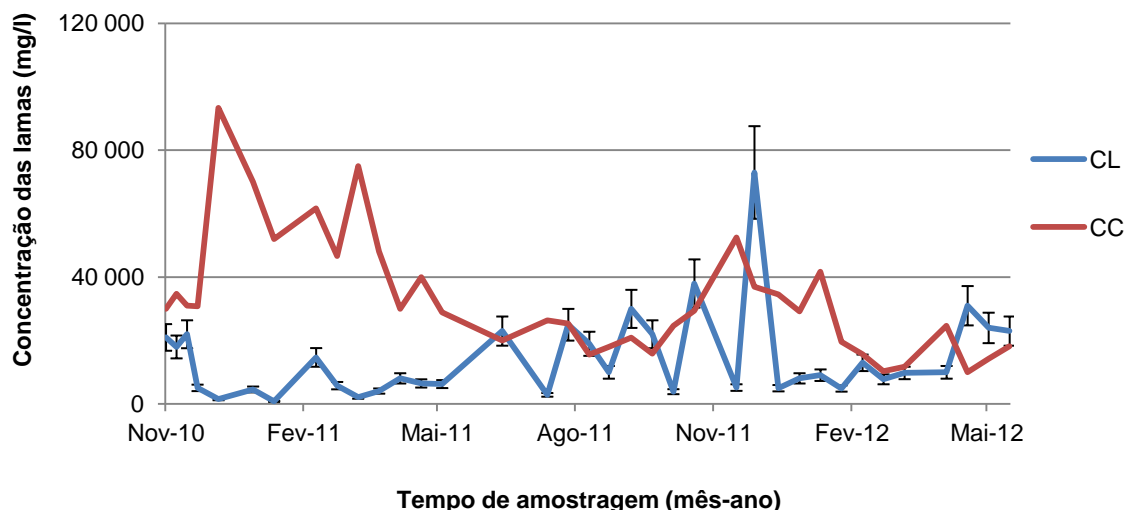


Figura 4.9: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR de Miragaia.

Ao analisar a Figura 4.9, verifica-se que a CL foi muito inconstante ao longo do tempo de amostragem e que existiu uma grande discrepância entre a CL e a CC.

A dispersão dos valores da CC pode estar associada à variação dos valores de concentração de MLSS no reator biológico, difícil de manter constante, logo após o recomeço do processo de tratamento, uma vez que o período de tempo requerido para estabilização do processo biológico de biomassa dispersa é, no geral, de 1 a 3 meses. No entanto, neste caso, verificou-se que a estabilização da concentração de MLSS no reator biológico demorou mais do que o período normal.

O EMP calculado foi de 255% (desvio padrão de 340%) indicando o fraco desempenho do teste de IVL durante o tempo de amostragem, não se justificando aplicação de um fator de correção neste caso. Salienta-se, no entanto, que os valores de concentração de lamas determinados em laboratório foram muito elevados atingindo valores muito atípicos do processo de lamas ativadas.

4.1.7. ETAR da Zambujeira

No Quadro 4.7 estão presentes as principais características da ETAR da Zambujeira.

Quadro 4.7: Características da ETAR da Zambujeira.

ETAR da Zambujeira – Município da Lourinhã			
Ano de início de exploração	2007	Configuração do reator biológico	SBR
Caudal em HP (m³/d)	4 750		
População servida em HP (e.p.)	25 000	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR da Zambujeira foram disponibilizados dados de 2010, 2011 e de Janeiro a Maio de 2012. A frequência de amostragem foi quinzenal durante os três anos.

Na Figura 4.10 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados, na ETAR da Zambujeira.

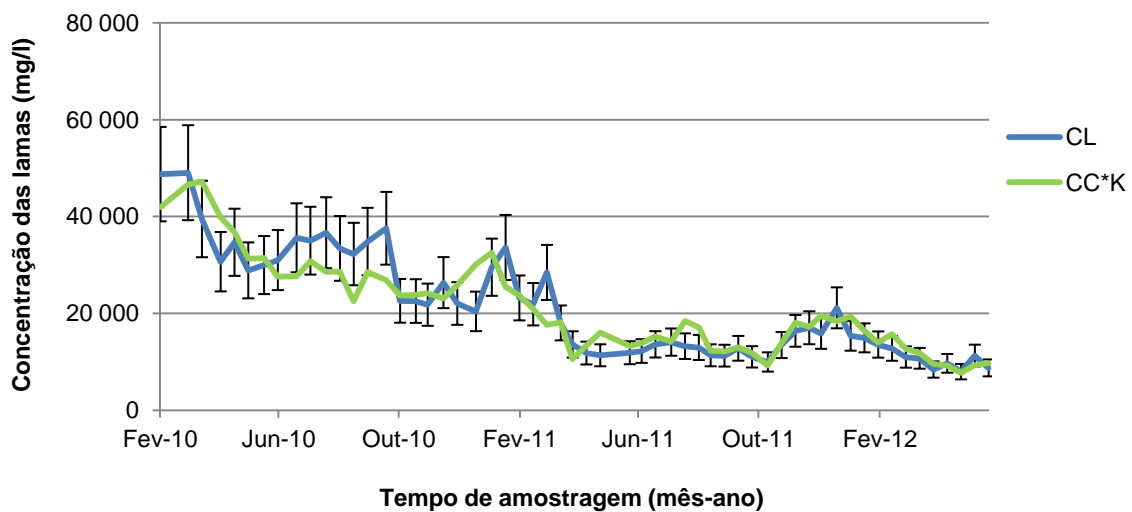


Figura 4.10: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR da Zambujeira.

A ETAR da Zambujeira apresentou uma diminuição constante da concentração de lamas ao longo do tempo desde os 50 000 mg/l até aos 8 000 mg/l. Ao analisar a Figura 4.10 observa-se que as concentrações determinadas em laboratório e estimadas com base na metodologia em estudo foram relativamente próximas ao longo do tempo de amostragem. Este facto é mais significativo dado que, no período em estudo, registou-se uma gama muito abrangente de concentrações observadas.

O EMP foi de 31% (desvio padrão 21%) ao longo do tempo de amostragem, e com a aplicação de um fator de correção igual a 0,8, o EMP diminuiu para 15% (desvio padrão de 11%) indicando um bom desempenho do teste de IVL.

4.1.8. ETAR de Rio Maior

No Quadro 4.8 estão presentes as principais características da ETAR de Rio Maior.

Quadro 4.8: Características da ETAR de Rio Maior.

ETAR de Rio Maior - Município de Rio Maior			
Ano de início de exploração	2003	Configuração do reator biológico	Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	3 325		
População servida em HP (e.p.)	17 500	Regime de operação	Baixa carga

Para a ETAR de Rio Maior foram disponibilizados dados relativos a 2010, de 2011, e de janeiro a maio de 2012. Em 2011, não foram apresentados dados de janeiro a abril. Em 2010, a frequência de amostragem foi de 3 vezes por mês (menor do que nas outras ETAR), e em 2011 e 2012, reduziu para quinzenal.

Na Figura 4.11 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados, na ETAR de Rio Maior.

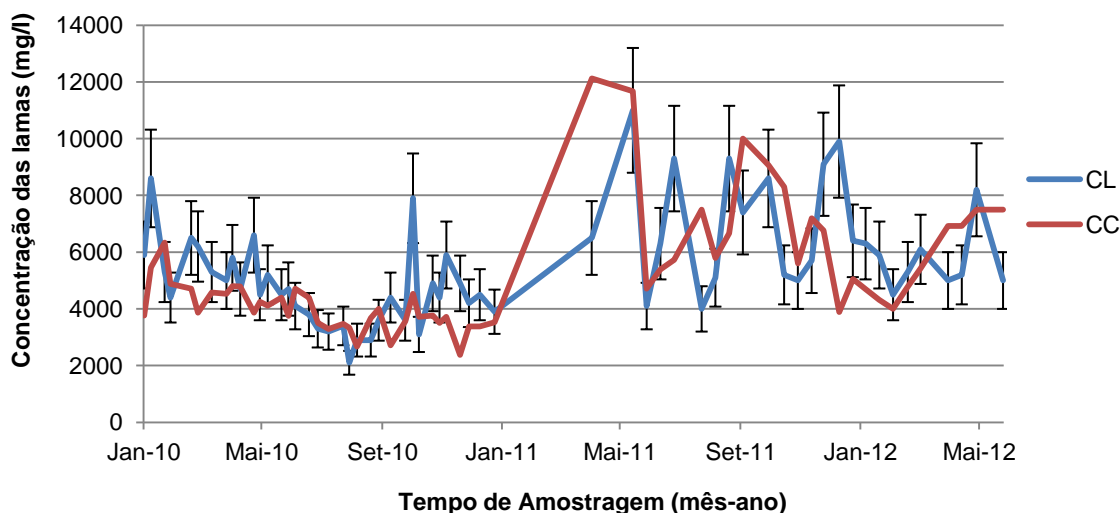


Figura 4.11: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR de Rio Maior.

Ao analisar a Figura 4.11 verifica-se que, no ano de 2010, as concentrações, CC e CL, foram relativamente próximas. Já no ano de 2011, as concentrações foram muito inconstantes ao longo do tempo, contribuindo para um EMP superior. Esta variação das concentrações é coincidente com o período de estabilização do processo biológico de biomassa dispersa, após paragem do processo.

Apesar da discrepância das concentrações em 2011, o EMP calculado foi de 20% (desvio padrão de 13%) o que se considerou ser um erro aceitável, não se tendo justificado a aplicação de um fator de correção nesta ETAR.

4.1.9. ETAR da Fervença

No Quadro 4.9 estão presentes as principais características da ETAR da Fervença.

Quadro 4.9: Características da ETAR da Fervença.

ETAR da Fervença - Município de Alcobaça			
Ano de início de exploração	2005	Configuração do reator biológico	Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	5 720		
População servida em HP (e.p.)	27 500	Regime de operação	Média carga

Para a ETAR da Fervença foram disponibilizado dados relativos a 2010, 2011 e de Janeiro a Maio de 2012. Em 2010, a frequência de amostragem foi semanal, e em 2011 e 2012, passou a ser quinzenal.

Na Figura 4.12 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados, na ETAR da Fervença.

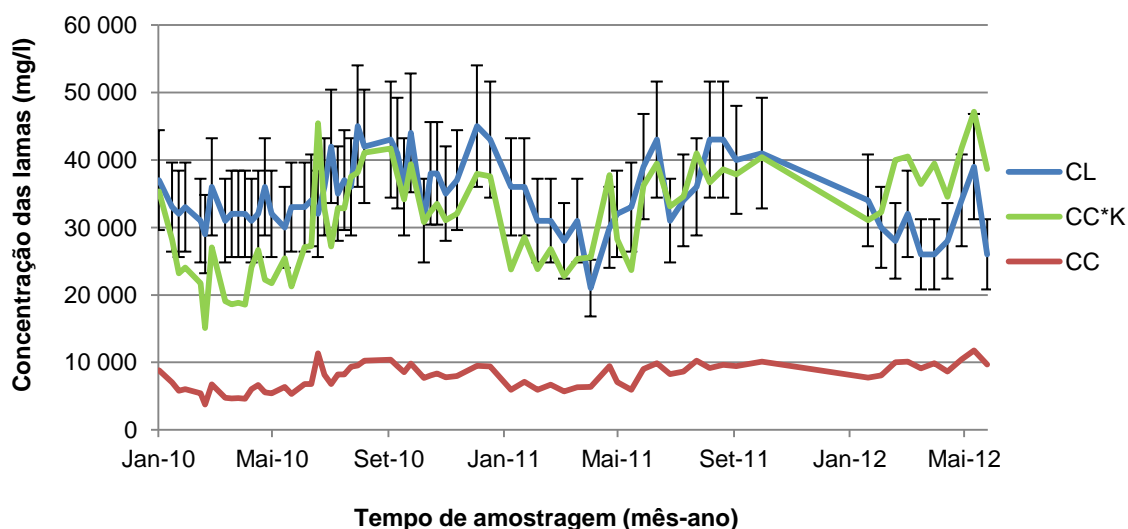


Figura 4.12: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL), da concentração calculada (CC) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR da Fervença.

Através da Figura 4.12, facilmente, se verifica que a CC é sempre inferior à CL, que apresenta valores bastante elevados, ao longo do tempo de amostragem. O EMP calculado, para o tempo de

amostragem, foi de 77% (desvio padrão de 6%) o que indica que a ETAR da Fervença atinge uma elevada eficiência de concentração de lamas secundárias, o que não é previsto pelo teste de IVL, daí o elevado EMP.

Ao aplicar um fator de correção igual a 4, observa-se que as concentrações aproximam-se, como se pode verificar pela evolução da CC*K na Figura 4.12, sendo o EMP igual a 21 % (desvio padrão de 14%). Contudo, considera-se que este fator apresenta um valor demasiado elevado, sendo aconselhável proceder ao estudo mas detalhado desta instalação (circunstância que, atendendo às limitações de tempo para execução de presente estudo, não foi possível) para determinar a causa de se registarem concentrações de lamas secundárias com valores muito elevados e, sobretudo, fora da gama normal associada a processos de lamas ativadas.

4.1.10. ETAR de Pataias

No Quadro 4.10 estão presentes as principais características da ETAR de Pataias.

Quadro 4.10: Características da ETAR das Pataias.

ETAR de Pataias - Município de Alcobaça			
Ano de início de exploração	2005	Configuração do reator biológico	Vala de oxidação
Caudal em HP (m³/d)	2 375		
População servida em HP (e.p.)	12 500	Regime de operação	Baixa carga

Para a ETAR de Pataias foram disponibilizados dados relativos a 2010, 2011 e de Janeiro a Maio de 2012, tendo em 2010, uma frequência de amostragem semanal e quinzenal no restante período.

Na Figura 4.13 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados, na ETAR de Pataias.

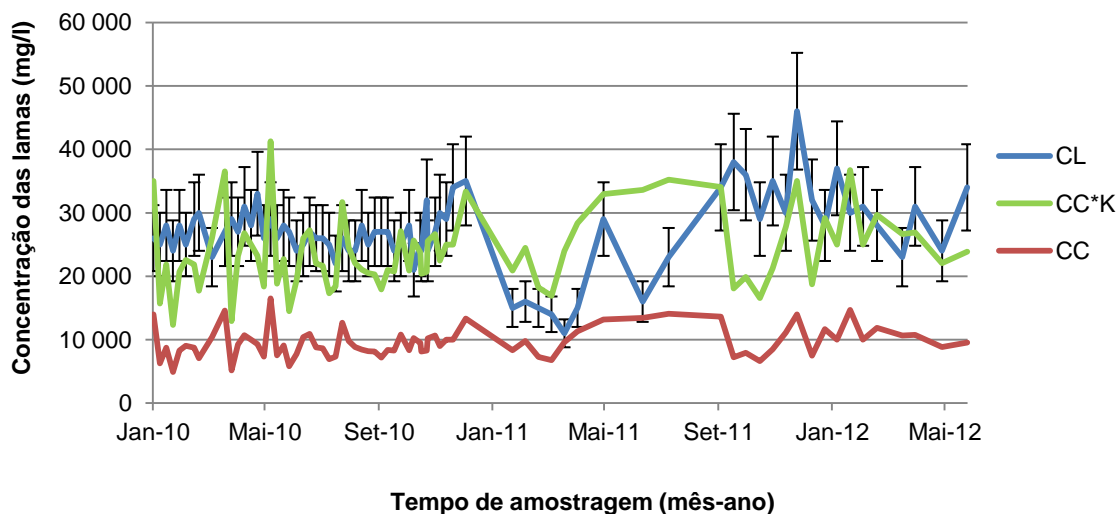


Figura 4.13: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL), da concentração calculada (CC), e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR de Pataias.

Ao analisar a Figura 4.13 verifica-se o mesmo problema analisado na ETAR da Fervença, em que a CC foi sempre inferior à CL. Aconselha-se, também neste caso, o estudo mais detalhado desta instalação de modo a determinar a causa de se registarem concentrações de lamas secundárias com valores muito elevados, fora da gama normal associada a processos de lamas ativadas.

Ao analisar a evolução das concentrações ao longo do tempo, verifica-se que no início de 2011 a CL diminuiu e apresentou valores próximos da CC, retomando os valores normais em setembro de 2011 o que coincide com um aumento significativo da concentração de MLSS no reator biológico até aos 11000 mg/l, neste período.

O EMP ao longo do tempo de amostragem foi de $62\% \pm 11\%$. Com a aplicação de um fator de correção igual a 2,5, foi possível aproximar a CC da CL, obtendo-se um EMP de $23\% \pm 16\%$.

4.1.11. ETAR de São Martinho do Porto

No Quadro 4.11 estão presentes as principais características da ETAR de São Martinho do Porto.

Quadro 4.11: Características da ETAR de São Martinho do Porto.

ETAR de São Martinho do Porto - Município de Alcobaça			
Ano de início de exploração	2006	Configuração do reator biológico	Vala de oxidação
Caudal em HP (m³/d)	5 425		
População servida em HP (e.p.)	35 000	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR de São Martinho do Porto foram disponibilizados dados relativos a 2010, 2011 e de janeiro a maio de 2012, tendo em 2010, uma frequência de amostragem semanal e quinzenal no restante período.

Na Figura 4.14 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados.

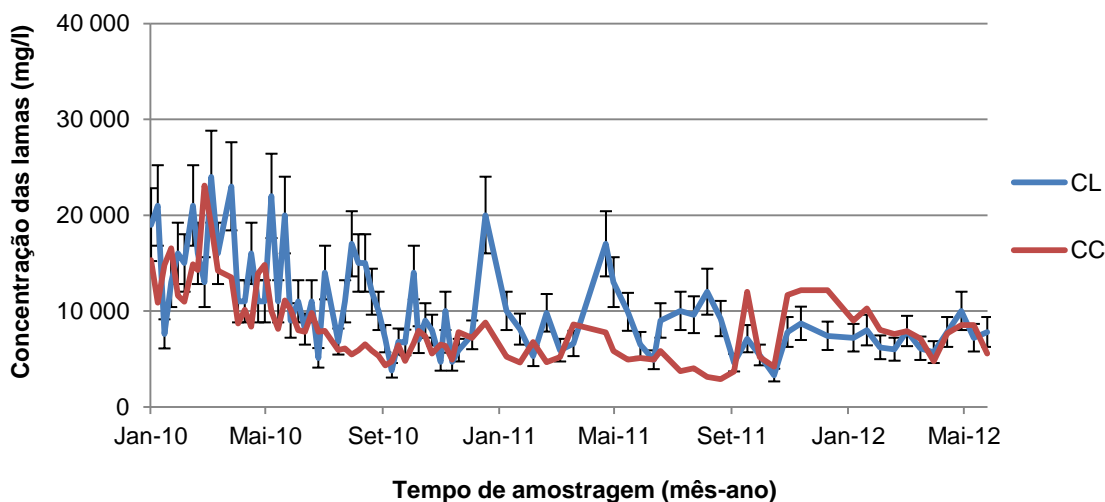


Figura 4.14: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL), da concentração calculada (CC), e da concentração calculada (CC) ao longo do tempo, na ETAR de São Martinho do Porto.

Ao analisar a Figura 4.14 verifica-se que a CL diminui ao longo do tempo de amostragem, no entanto, apresentou valores muito variáveis, entre os 5 000 mg/l e os 20 000 mg/l, até Janeiro de 2011, ao contrário da CC que foi mais constante ao longo do tempo. Na Figura 4.14 observa-se que a determinação da CC apresentou um erro superior a 20% relativamente à CL, praticamente, ao longo de todo o tempo de amostragem.

As oscilações da CL podem ter resultado do controlo da recirculação de lamas, de modo a manter a concentração de MLSS no reator biológico, modificando a concentração de lamas no decantador secundário, o que não é detetado pelo teste do IVL.

O EMP calculado no tempo de amostragem foi de 30 % (desvio padrão de 17%). Neste caso não se justificou a aplicação de um fator de correção uma vez que as concentrações não apresentam as mesmas oscilações ao longo do tempo.

4.1.12. ETAR da Benedita

No Quadro 4.12 estão presentes as principais características da ETAR da Benedita.

Quadro 4.12: Características da ETAR da Benedita.

ETAR da Benedita - Município de Alcobaça			
Ano de início de exploração	2005	Configuração do reator biológico	Leito percolador + Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	2 073		
População servida em HP (e.p.)	13 700	Regime de operação	Média carga

A linha de tratamento secundário da ETAR da Benedita é constituída por leito percolador (LP) seguido de reator biológico de lamas ativadas. A operação desta ETAR tem oscilado entre, manter em funcionamento o LP seguido do reator biológico, ou, apenas o reator biológico.

Em suma, a ETAR da Benedita funcionou com LP de:

- i. 10 a 27 de março, de 2010;
- ii. 9 a 15 de junho, de 2010;
- iii. 30 de outubro a 2 de novembro, de 2010;
- iv. 15 de novembro de 2010 a 31 de julho de 2011, tendo a partir desta data funcionado sem leito percolador.

Em 2010, a frequência de amostragem foi semanal, e em 2011 e 2012, foi reduzida para quinzenal.

Na Figura 4.15 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados, na ETAR da Benedita.

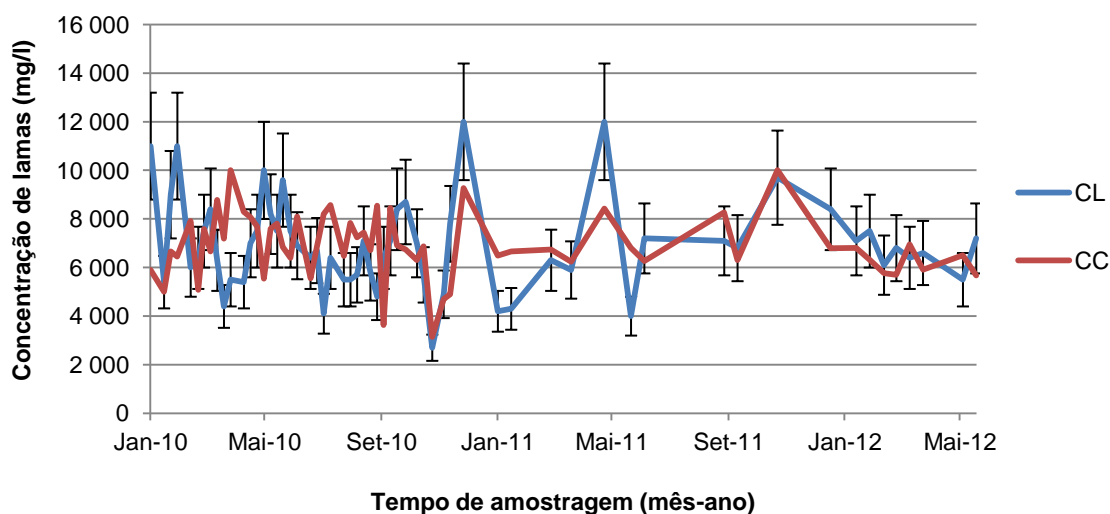


Figura 4.15: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR da Benedita.

Ao analisar a Figura 4.15 verifica-se que, de janeiro a novembro de 2010, as concentrações de lamas foram muito inconstantes, no entanto observa-se que a CC foi relativamente próxima da CL. A partir de Janeiro de 2011, é difícil avaliar a proximidade entre as concentrações pois, além da frequência de amostragem ser menor, muitos dos dados foram eliminados após validação.

O EMP calculado, no tempo de amostragem, foi de 25% (desvio padrão de 21%) que demonstra a aproximação entre as concentrações. Neste caso não foi justificável aplicar um fator de correção, uma vez que as concentrações foram muito variáveis ao longo do tempo de estudo.

4.1.13. ETAR de Gaeiras

No Quadro 4.13 estão presentes as principais características da ETAR da Benedita.

Quadro 4.13: Características da ETAR de Gaeiras.

ETAR de Gaeiras - Município de Óbidos			
Ano de início de exploração	2005	Configuração do reator biológico	Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	360		
População servida em HP (e.p.)	2 500	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR de Gaeiras foram disponibilizados dados de amostragem de 2010, 2011 e de janeiro a maio de 2012, tendo em 2010, uma frequência de amostragem semanal e quinzenal no restante período.

Na Figura 4.16 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados, na ETAR de Gaeiras.

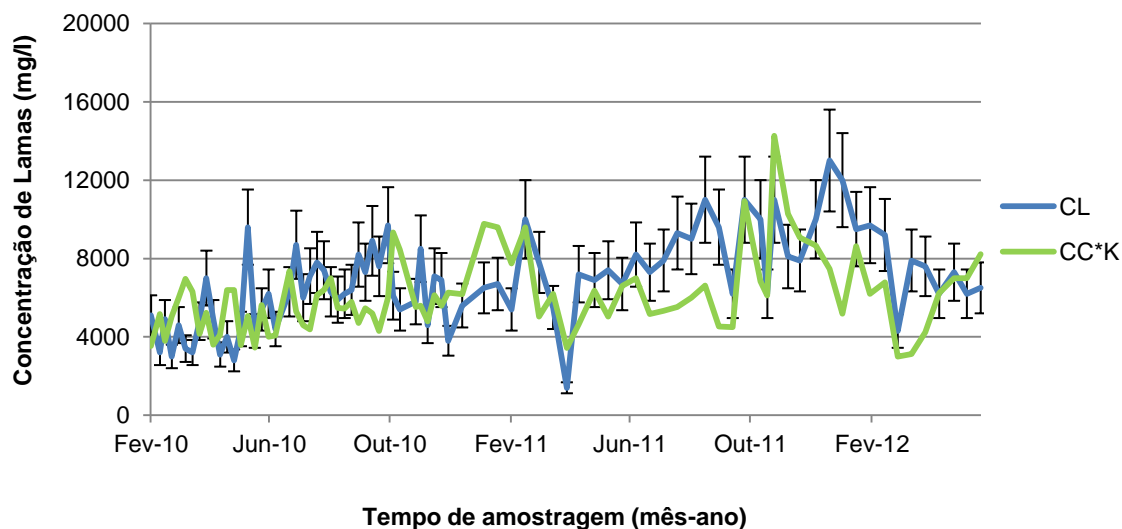


Figura 4.16: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR de Gaeiras.

Ao analisar a Figura 4.16 verifica-se que, as concentrações foram muito oscilantes ao longo do tempo, principalmente aos meses em que o caudal afluente excede o caudal de dimensionamento, como se pode observar na Figura 4.17.

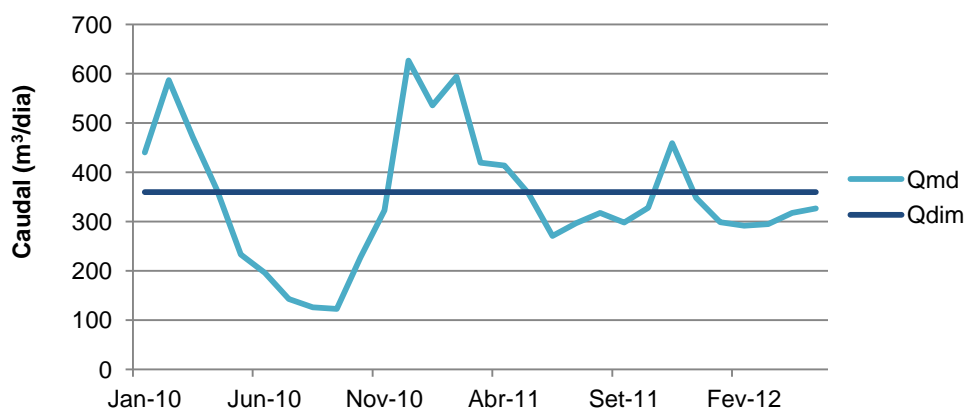


Figura 4.17: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR de Gaeiras.

No entanto, verifica-se que as concentrações apresentaram as mesmas oscilações, principalmente no ano de 2011.

O EMP calculado foi de 31% (desvio padrão de 30%) representando a elevada discrepância das concentrações. Como as concentrações apresentaram as mesmas oscilações ao longo do tempo, foi justificável a aplicação de um fator de correção K igual a 0,8, que diminuiu o EMP para 26% (desvio padrão de 17%).

4.1.14. ETAR da Charneca

No Quadro 4.14 estão presentes as principais características da ETAR Charneca.

Quadro 4.14: Características da ETAR da Charneca.

ETAR da Charneca - Município de Óbidos			
Ano de início de exploração	2006	Configuração do reator biológico	Vala de oxidação
Caudal em HP (m³/d)	4 552		
População servida em HP (e.p.)	29 439	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR da Charneca foram disponibilizados dados de amostragem relativos a 2010, 2011 e de janeiro a maio de 2012. A frequência de amostragem foi semanal durante 2010 e quinzenal após aquele período.

Na Figura 4.18 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados.

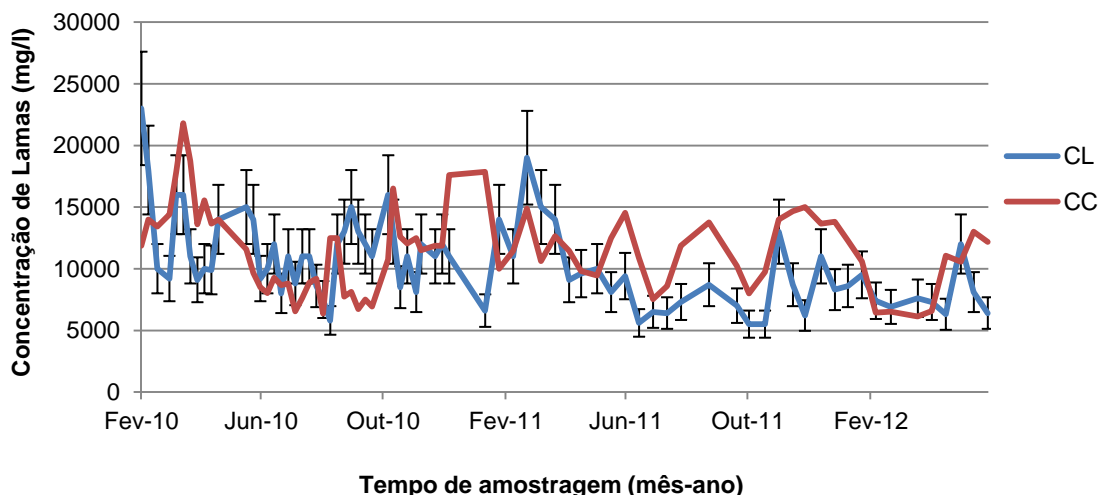


Figura 4.18: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR de Charneca.

Ao analisar a Figura 4.18, observa-se que, aparentemente, as concentrações apresentaram as mesmas oscilações ao longo do tempo, o que quer dizer que o teste de IVL permitiu estimar uma concentração de lamas próxima da CL. Os meses em que o erro foi superior correspondem ao período em que o caudal afluente à ETAR superou o caudal de dimensionamento, como se pode verificar na Figura 4.19.

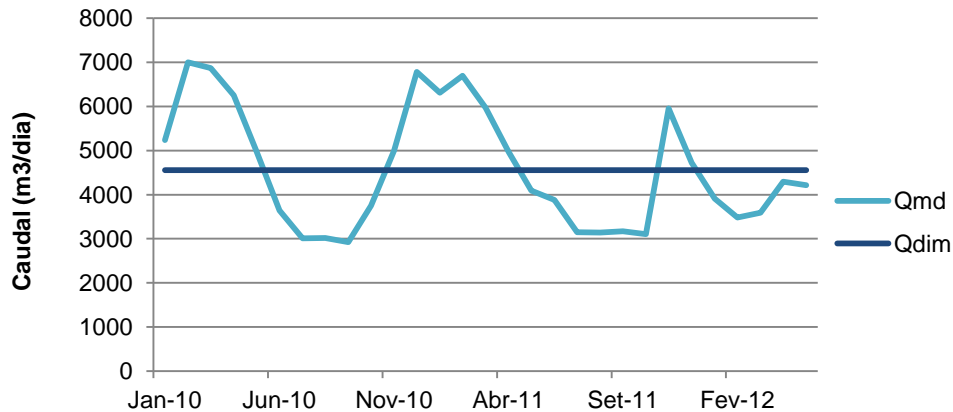


Figura 4.19: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluentes, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR da Charneca.

O EMP calculado foi de 33% (desvio padrão de 26%), o que demonstra a falta de coesão entre as duas concentrações ao longo do tempo de amostragem, não se justificando a aplicação de um fator de correção com base nos resultados obtidos.

4.1.15. ETAR do Casalinho

No Quadro 4.15 estão presentes as principais características da ETAR do Casalinho.

Quadro 4.15: Características da ETAR do Casalinho.

ETAR do Casalinho - Município de Óbidos			
Ano de início de exploração	2006	Configuração do reator biológico	SBR
Caudal em HP (m³/d)	1 936		
População servida em HP (e.p.)	9 928	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR do Casalinho foram disponibilizados dados relativos a 2010, 2011 e de janeiro a maio de 2012. A frequência de amostragem foi semanal durante 2010 e quinzenal após aquele período.

Na Figura 4.20 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados.

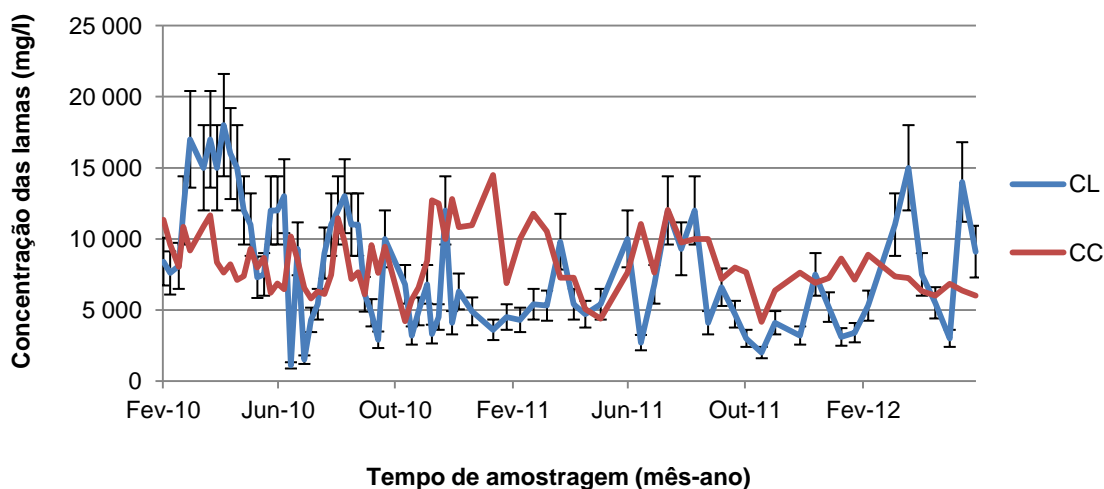


Figura 4.20: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL), da concentração calculada (CC) ao longo do tempo, na ETAR do Casalinho.

Ao analisar a Figura 4.20 verifica-se que as concentrações foram muito inconstantes ao longo do tempo de amostragem, apresentando valores entre 1 000 mg/l e 18 000 mg/l, com um erro associado, normalmente, superior a 20%, ao longo do tempo de amostragem. Contudo, aquelas variações podem estar relacionadas com o caudal afluente à ETAR, que foi muito inconstante ao longo do tempo de amostragem, como se pode verificar na Figura 4.21.

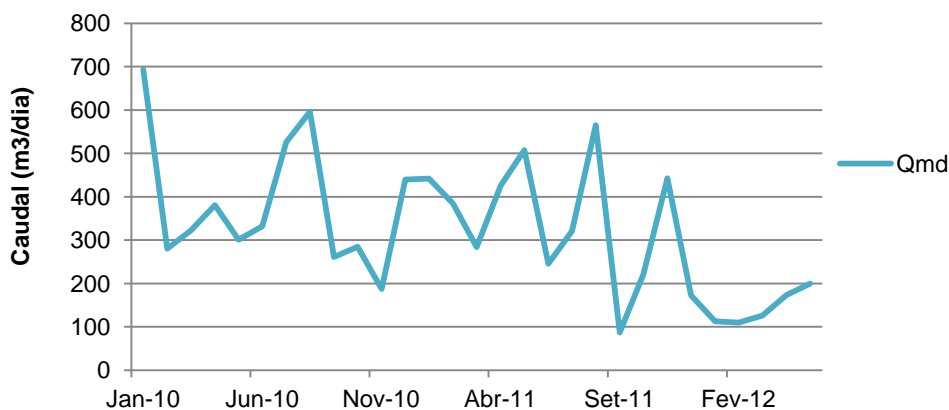


Figura 4.21: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluente à ETAR do Casalinho, ao longo do tempo de estudo.

O EMP calculado foi de 35% (desvio padrão de 87%), o que demonstra a falta de fiabilidade na determinação da concentração de lamas pelo teste do IVL na ETAR do Casalinho, não se justificando a aplicação de um fator de correção, pelas razões já expostas.

4.1.16. ETAR da Silveira

No Quadro 4.16 estão presentes as principais características da ETAR da Silveira.

Quadro 4.16: Características da ETAR da Silveira.

ETAR de Silveira - Município de Torres Vedras			
Ano de início de exploração	2002	Configuração do reator biológico	Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	8 160		
População servida em HP (e.p.)	68 000	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR da Silveira foram disponibilizados dados de amostragem respeitantes a 2010, 2011 e de janeiro a maio de 2012, tendo em 2010, uma frequência de amostragem semanal e quinzenal no restante período.

Na Figura 4.22 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados.

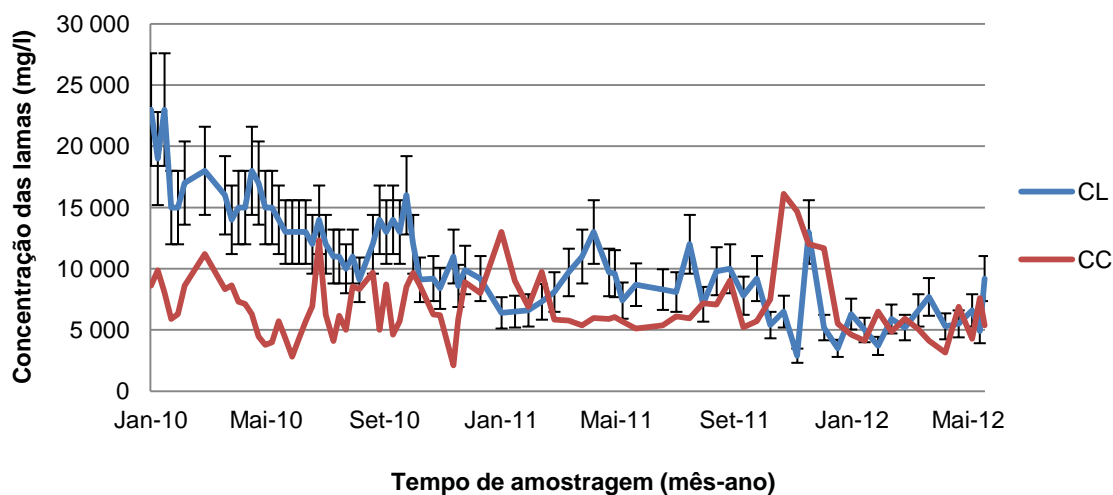


Figura 4.22: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada (CC), ao longo do tempo, na ETAR da Silveira.

A Figura 4.22 mostra a discrepância dos valores das concentrações ao longo do tempo, verificando-se que a CC não acompanha a evolução da CL, mostrando um fraco desempenho do teste de IVL. Também o caudal afluente à ETAR foi inconstante ao longo do tempo de amostragem, tendo os períodos de maiores oscilações nas concentrações correspondido aos meses em que o caudal apresentou picos de afluência, tal como se pode observar na Figura 4.23.

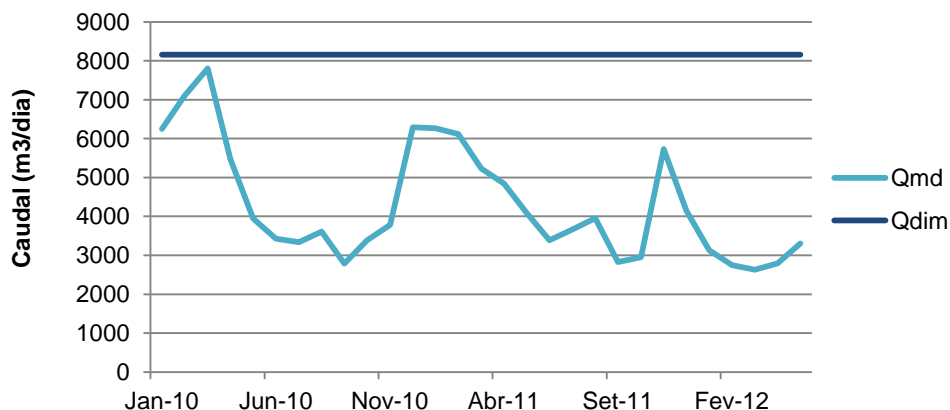


Figura 4.23: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluentes, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR da Silveira.

O EMP calculado foi de 40% (desvio padrão de 23%), o que demonstra falta de correlação entre a CC e a CL, durante o tempo de amostragem, não se justificando, por isso, a aplicação de um fator de correção.

4.1.17. ETAR do Turcifal

No Quadro 4.17 estão presentes as principais características da ETAR do Turcifal.

Quadro 4.17: Características da ETAR do Turcifal.

ETAR do Turcifal - Município de Torres Vedras			
Ano de início de exploração	2007	Configuração do reator biológico	Tanque de arejamento convencional
Caudal em HP (m³/d)	1 333		
População servida em HP (e.p.)	8 933	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR do Turcifal foram disponibilizados dados de amostragem respeitantes a 2010, 2011 e de janeiro a maio de 2012. A frequência de amostragem foi semanal durante 2010 e quinzenal em 2011 e 2012.

Na Figura 4.24 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados.

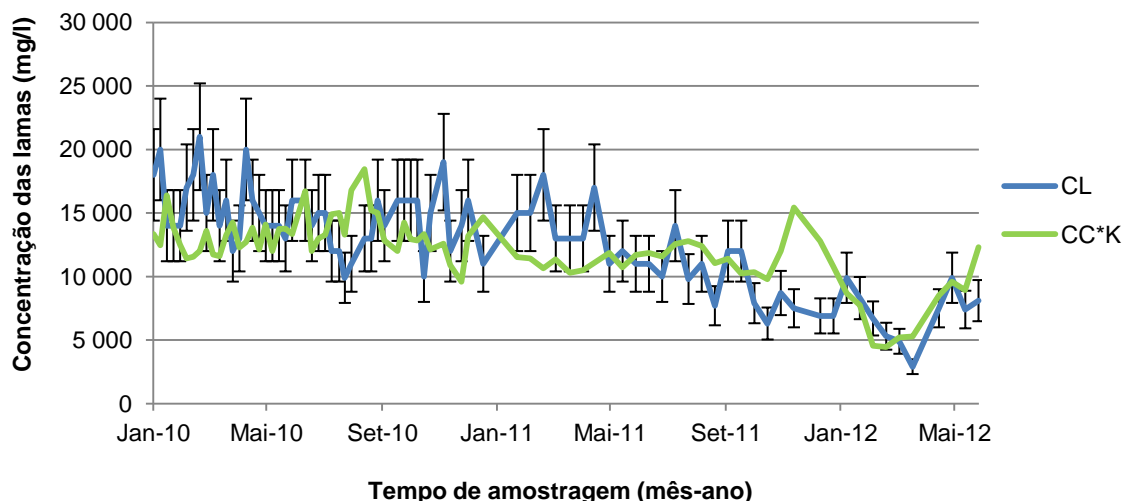


Figura 4.24: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR do Turcifal.

Ao analisar a Figura 4.24 verifica-se que a CC foi próxima da CL, ao longo do tempo de amostragem. Apesar de não apresentar as mesmas oscilações que a CL, verifica-se na Figura, que os valores da CC não se distanciaram além dos 20%, ao longo, praticamente, de todo o tempo de amostragem.

O EMP calculado foi de 26% (desvio padrão de 18%). Com a aplicação do fator de correção K, igual a 1,2, a concentração calculada aumentou, aproximando-se da CL, e o EMP diminuiu para 22% (desvio padrão de 15%).

4.1.18. ETAR de Vila Facaia

No Quadro 4.18 estão presentes as principais características da ETAR de Vila Facaia.

Quadro 4.18: Características da ETAR de Vila Facaia.

ETAR de Vila Facaia - Município de Torres Vedras			
Ano de início de exploração	2002	Configuração do reator biológico	Vala de oxidação
Caudal em HP (m³/d)	255		
População servida em HP (e.p.)	2 660	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR da Vila Facaia foram disponibilizados dados de amostragem relativos a 2010, 2011 e de janeiro a maio de 2012. Em 2010, a frequência de amostragem foi semanal, e em 2011 e 2012, reduziu para quinzenal.

Na Figura 4.25 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados.

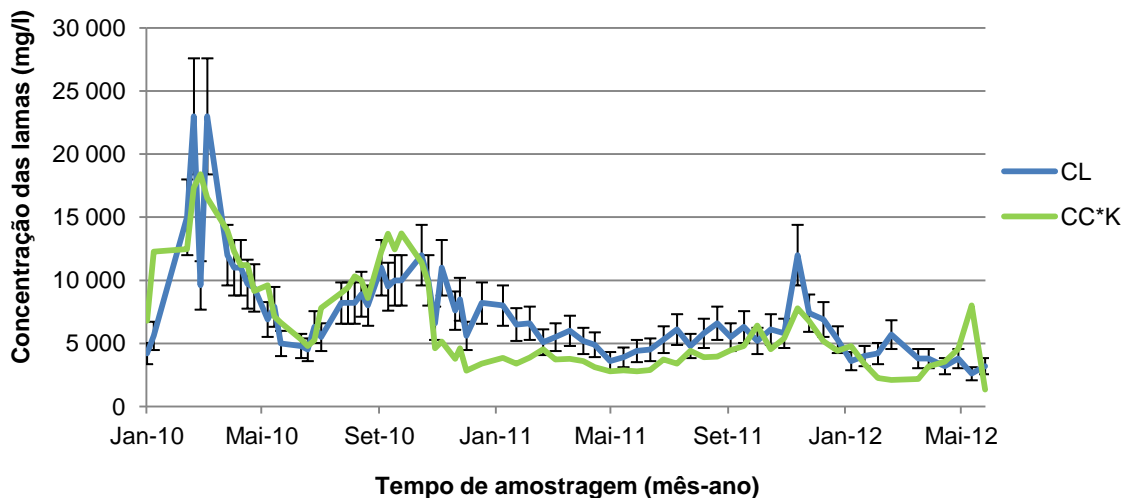


Figura 4.25: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL), e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR de Vila Facaia.

Ao analisar a Figura 4.25 verifica-se que as concentrações foram próximas ao longo do tempo de amostragem, apresentando um erro superior no ano de 2010.

O caudal médio diário afluyente à ETAR de Vila Facaia foi sempre superior ao caudal de dimensionamento, sendo em média igual a 600 m³/dia (Figura 4.26). Apesar disso, observa-se que o teste do IVL apresentou um bom desempenho ao longo do tempo de amostragem, o que leva a equacionar se não existirá um problema com a medição de caudal instalada.

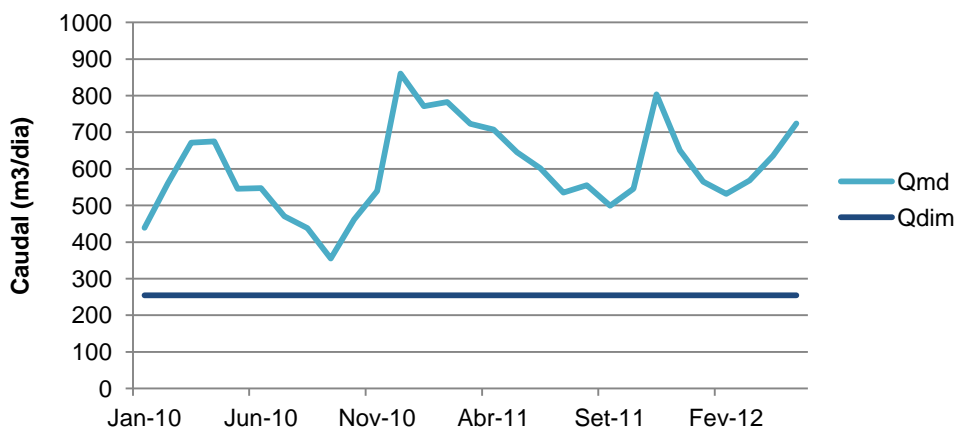


Figura 4.26: Caudal médio diário (Qmd) de águas residuais afluyente, ao longo do tempo de estudo, e caudal de dimensionamento (Qdim) da ETAR de Vila Facaia.

O EMP foi de 30% (desvio padrão de 20%) e com a aplicação de um fator de correção igual a 0,8, diminuiu para 27% (desvio padrão de 16%), correção que, pelas razões expostas, designadamente em termos do caudal afluente, se considera pertinente.

4.1.19. ETAR da Atouguia da Baleia

No Quadro 4.19 estão presentes as principais características da ETAR da Atouguia da Baleia.

Quadro 4.19: Características da ETAR da Atouguia da Baleia.

ETAR da Atouguia da Baleia - Município de Peniche			
Ano de início de exploração	2007	Configuração do reator biológico	SBR
Caudal em HP (m³/d)	6 650		
População servida em HP (e.p.)	35 000	Regime de operação	Baixa carga

Relativamente à ETAR da Atouguia da Baleia foram disponibilizados dados respeitantes a 2010, 2011 e de janeiro a maio de 2012, com uma frequência de amostragem quinzenal.

Na Figura 4.27 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados.

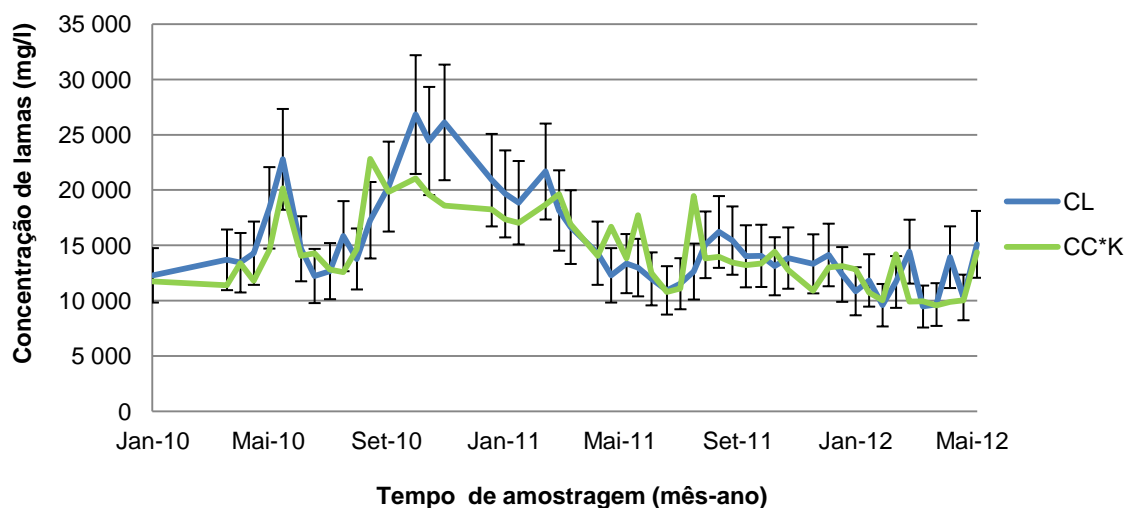


Figura 4.27: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR da Atouguia da Baleia.

Com uma frequência de amostragem quinzenal, de janeiro de 2010 a maio de 2012, é possível afirmar que a CC foi, aparentemente, superior à CL, durante o tempo de amostragem, ambas apresentando

as mesmas oscilações. Com a aplicação de um fator de correção foi possível aproximar as concentrações, com um erro, aparentemente, inferior a 20%.

O EMP calculado foi de 37% (desvio padrão de 19%) demonstrando uma dispersão da CC ao longo do tempo de amostragem. Com a aplicação de um fator de correção igual a 0,7, a CC diminui, aproximando-se da CL, resultando num EMP bastante aceitável de 11% (desvio padrão de 9%).

4.1.20. ETAR da Nazaré

No Quadro 4.20 estão presentes as principais características da ETAR da Nazaré.

Quadro 4.20: Características da ETAR da Nazaré.

ETAR da Nazaré - Município da Nazaré			
Ano de início de exploração	2007	Configuração do reator biológico	SBR
Caudal em HP (m³/d)	10 026		
População servida em HP (e.p.)	52 443	Regime de operação	Baixa carga

A ETAR da Nazaré encontrou-se em obras no ano de 2010, apresentando apenas dados de 2011 e, de janeiro a maio, de 2012, ambos com uma frequência de amostragem semanal.

Na Figura 4.28 está presente a evolução das concentrações de lamas, ao longo do tempo, após validação dos dados.

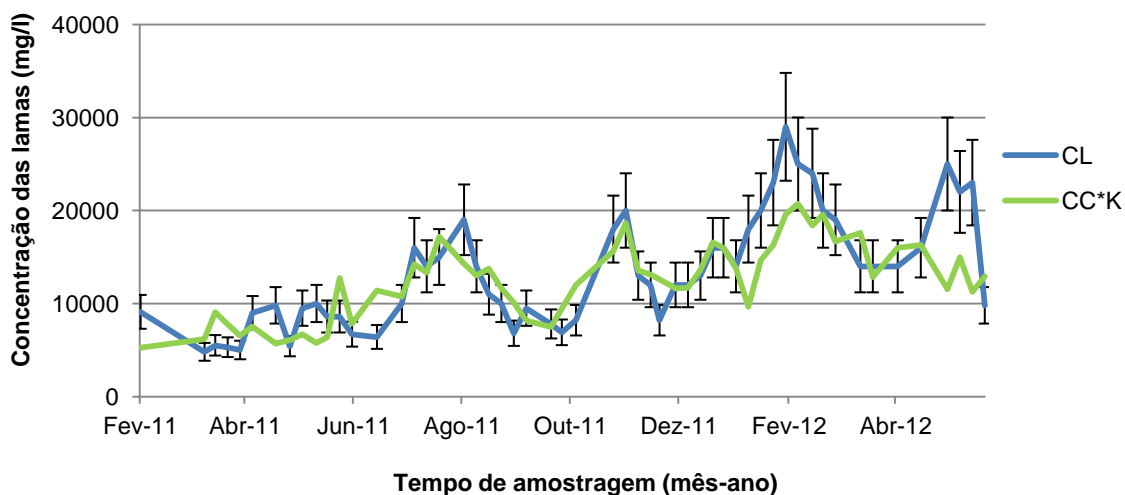


Figura 4.28: Evolução da concentração determinada em laboratório (CL) e da concentração calculada, com fator de correção (CC*K), ao longo do tempo, na ETAR da Nazaré.

Apesar de só existirem dados de janeiro de 2011 a maio de 2012, a frequência de amostragem foi superior nestes anos, conferindo uma maior segurança aos resultados. Pela análise da Figura 4.28, facilmente se conclui que o teste de IVL permitiu calcular uma concentração de lamas próxima da CL, apresentando as mesmas oscilações ao longo do tempo.

O EMP calculado para a ETAR da Nazaré foi de 32% (desvio padrão de 23%) e com a aplicação de um fator de correção a igual a 0,8, o EMP diminuiu para 21% (desvio padrão de 16%).

4.2.Redução de custos

No Quadro 4.21 estão presentes os custos com determinações analíticas, em laboratório interno e em laboratório externo, para frequências de amostragem semanal e diária.

Quadro 4.21: Custo anual em determinações analíticas da concentração de lamas, por ETAR, em laboratório interno (L.I.) e externo (L.E.), consoante a frequência de amostragem diária ou semanal.

Frequência de amostragem	Custo em L.I. (€/ano)	Custo em L.E. (€/ano)
Diária	1 390	2 740
Semanal	182	360

Através do Quadro 4.5, verifica-se que a frequência de amostragem diária representa um custo anual elevado de, aproximadamente, 1 400 €/ano, em laboratório interno, e de 2 800 €/ano, em laboratório externo, comparativamente, ao custo anual associado a uma frequência de amostragem semanal, de 180 €/ano e 360 €/ano, em laboratório interno e externo, respetivamente.

Nos quadros Quadro 4.22 e Quadro 4.23 estão presentes os custos anuais estimados para 15 concessionárias multimunicipais responsáveis pelo saneamento de águas residuais “em alta”, pertencentes ao Grupo Águas de Portugal, em determinações analíticas da concentração de SST das lamas secundárias, que correspondem à redução de custos proporcionada pela aplicação da metodologia proposta.

Quadro 4.22: Custo anual, com determinações diárias e semanais da concentração de SST, das entidades gestoras de sistema de saneamento “em alta” providas com sistemas de tratamento por lamas ativadas, que dispõem de laboratório interno.

Entidade gestora	N.º ETAR (Lamas ativadas)	Custo anual com determinações semanais (€/ano)	Custo anual com determinações diárias (€/ano)
Águas do Algarve	28	5 107	38 836
Águas do Centro Alentejo	32	5 837	44 384
Águas do Mondego	51	9 302	70 737
Águas do Noroeste	82	14 957	113 734
Águas do Oeste	62	11 309	85 994
Águas de Santo André	1	182	1 387
Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro	91	16 598	126 217
Simarsul	19	3 466	26 353
Simdouro	5	912	6 935
Simlis	6	1 094	8 322
Simria	4	730	5 548
Simtejo	25	4 560	34 675
Total	406	74 054	563 122

Tendo em conta que as entidades gestoras apresentadas no Quadro 4.22, que dispõem de laboratório interno de controlo de processo, estima-se que a redução de custo com determinações analíticas semanais pode rondar os 74 000 €/ano, para um total de 406 ETAR com sistema de tratamento de lamas ativadas. Sendo que, para efeitos comparativos com a metodologia proposta, que proporciona um controlo diário do processo, seriam necessárias determinações diárias, que resultaria numa redução de custo de, aproximadamente, 563 000 €/ano.

As concessionárias multimunicipais presentes no Quadro 4.23 não dispõem de laboratório interno para controlo do processo, deste modo, os custos em determinações analíticas são superiores nestas entidades gestoras.

Quadro 4.23: Custo anual, com determinações diárias e semanais da concentração de SST, das entidades gestoras de sistema de saneamento “em alta” providas com sistemas de tratamento por lamas ativadas, que realizam o controlo do processo em laboratório externo.

Entidade gestora	N.º ETAR (Lamas ativadas)	Custo anual com determinações semanais (€/ano)	Custo anual com determinações diárias (€/ano)
Águas do Centro	50	18 000	136 875
Águas do Norte Alentejano	47	16 920	128 663
Águas do Zêzere e Coa	100	36 000	273 750
Total	197	70 920	539 288

No Quadro 4.23 estão presentes as três entidades gestoras que, não dispondendo de laboratório interno, efetuam o controlo do processo em laboratório externo acreditado. Neste caso, a redução de custos com determinações analíticas semanais é de, aproximadamente, 71 000 €/ano, para um total de 197 ETAR com sistema de tratamento de lamas ativadas. Para efeitos comparativos com a metodologia proposta, que proporciona um controlo diário do processo, a redução de custo seria de, aproximadamente, 540 000 €/ano.

A efetiva redução de custos total, com a aplicação da proposta metodológica nas ETAR providas com sistemas de tratamento por lamas ativadas, pertencentes ao Grupo AdP, é cerca de 145 000 €/ano. Caso a metodologia convencional apresentasse amostragens diárias, a redução de custos total rondaria 1 100 000 €/ano.

A Figura 4.29 permite analisar o custo específico das determinações analíticas em laboratório consoante a dimensão das ETAR, representado pelo caudal médio diário tratado.

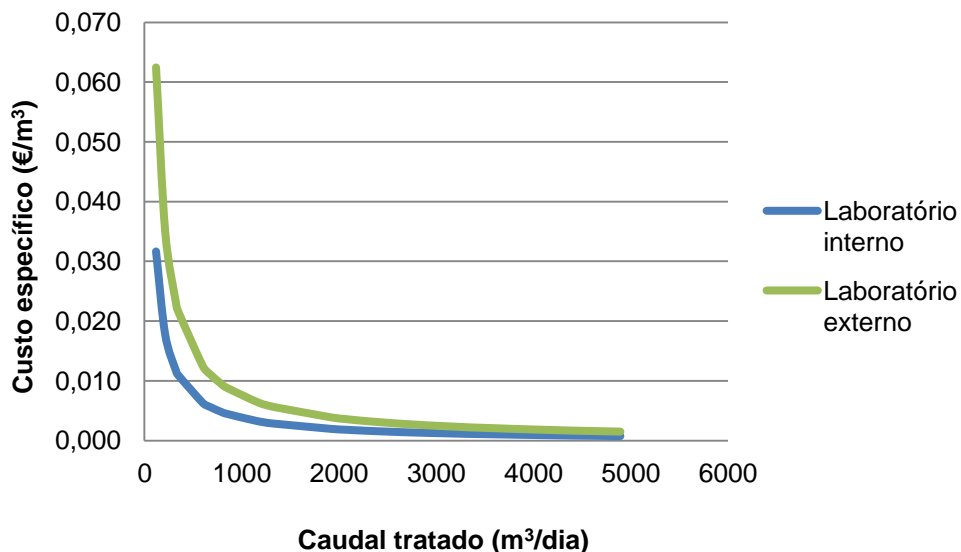


Figura 4.29: Custo específico em determinações analíticas da concentração de SST das lamas secundárias, em laboratório interno e externo, por caudal de águas residuais tratado.

Ao analisar a Figura 4.29 observa-se que o custo específico das determinações em laboratório diminui com o aumento da capacidade de tratamento de uma ETAR. Assim, verifica-se que a metodologia proposta poderá trazer um maior benefício económico, sobretudo, nas ETAR com uma capacidade de tratamento inferior a 800 m³/dia, o que representa uma redução de custos, no mínimo de 0,005 €/m³ ou de 0,009 €/m³, consoante a utilização de laboratório interno ou de laboratório externo, respetivamente.

Tendo em conta que a capitação média de águas residuais em Portugal, em 2009, era de 158 l/hab.dia (INAG, 2011), então o caudal afluente de 800 m³/dia, traduz-se em ETAR que servem populações inferiores a cerca de 5 000 e.p.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste estudo foi analisada a fiabilidade de determinação da concentração de SST das lamas secundárias pelo teste do IVL, em ETAR com sistemas de lamas ativadas, tendo-se considerado um universo de estudo constituído por 20 ETAR de diferentes tipologias e dimensões.

Para a avaliação do desempenho do teste de IVL, não foram considerados os fatores que influenciam os resultados deste teste, como a concentração da MLSS, a fração de microrganismos da MLSS, a temperatura e a dimensão dos cilindros de medição, avaliando a possibilidade de aplicação da metodologia proposta de uma forma simples, nas ETAR em questão.

No Quadro 5.1 estão os valores do EMP e do fator de correção K, nos casos em que se justificou a sua aplicação, agrupados segundo o tipo de configuração do reator biológico, para cada ETAR.

Quadro 5.1: Valores do EMP e do fator de correção K para cada ETAR, segundo o tipo de configuração do reator biológico.

	ETAR	EMP (%)	K
Tanque de arejamento convencional	Carregado	23	-
	Alcoentre	25	0,8
	Painho	> 100	-
	Reguengo Grande	22	0,8
	Miragaia	> 100	-
	Rio Maior	20	-
	Fervença	21	4,0
	Benedita	25	-
	Gaeiras	26	0,8
	Silveira	40	-
	Turcifal	22	1,2

Vala de oxidação	Espiçandeira	23	1,1
	Pataias	23	2,5
	São Martinho do Porto	30	-
	Charneca	33	-
	Vila Facaia	22	0,8
SBR	Zambujeira	15	0,8
	Casalinho	35	-
	Atouguia da Baleia	11	0,7
	Nazaré	21	0,8

Ao analisar o Quadro 5.1 verifica-se que, em média, o teste do IVL apresentou um erro ligeiramente superior a 20%, demonstrando uma proximidade entre os resultados obtidos pelas duas metodologias.

Considera-se este erro aceitável pois era expectável uma diferença considerável entre os valores de concentração calculados pelo teste de IVL e os valores determinados em laboratório. Tal como Dick e Vesilind (1969), Catunda e Haandel (1992), Bye e Dold (1998), Grady et al. (1999), Ghanizadeh e Serrafpour (2001), Giokas et al. (2003) e Gray (2004) referiram, o teste do IVL apresenta várias limitações que influenciam os seus resultados, podendo não ser, por isso, suficientemente representativo das características de sedimentabilidade das lamas.

Por outro lado, também deve ser considerado o erro inerente ao processo de recolha e transporte de amostras e posterior determinação analítica em laboratório que, nestes processos, poderá rondar valores na ordem de 10 a 20% (comunicação pessoal, O. Paredes, 2012). Esta constatação não é inconsistente com os resultados obtidos com uma simples e básica validação de dados, como se demonstrou no ponto 3.2.1.

Isso permitiu reconhecer a existência de erros muito significativos que vieram, no período em questão, a afetar o processo de recolha de amostras (no reator biológico e, ou no decantador secundário) e, ou o processos de determinação analítica no laboratório interno da Águas do Oeste, S.A.. Esta situação coloca em causa a utilidade dos recursos despendidos por aquela empresa na metodologia de operação que utiliza. Admite-se que seja mais provável que o principal contributo para o erro seja a colheita de amostras e, em particular, as relativas às lamas decantadas.

Apenas em algumas das ETAR se justificou a aplicação de um fator de correção K, nomeadamente, nos casos em que a concentração calculada pelo teste do IVL foi maioritariamente inferior, ou superior, à concentração determinada em laboratório. Nos casos em que o EMP foi muito elevado, não foi justificável a sua aplicação.

Das vinte ETAR estudadas, as que apresentaram melhores resultados foram as ETAR da Zambujeira, da Atouguia da Baleia e da Nazaré, todas com configuração de SBR. Este resultado já era esperado, uma vez que esta configuração do sistema de tratamento por lamas ativadas, não apresenta decantador secundário nem sistema de recirculação de lamas, sendo a sedimentação das lamas realizada no próprio reator biológico. Deste modo, os sistemas de SBR não permitem muitas margens para erro, em comparação com as configurações de tanque de arejamento e vala de oxidação, na aplicação da metodologia proposta.

Por outro lado, as ETAR que demonstraram ao longo do tempo de amostragem piores resultados no desempenho do teste do IVL foram as ETAR do Painho, da Miragaia, com EMP superiores a 100%. Também as ETAR da Silveira, São Martinho do Porto, Charneca e Casalinho, apresentaram EMP mais elevados do que o normal, embora, não tão elevados como no caso do Painho e Miragaia.

O facto de estas ETAR apresentarem um EMP mais elevado, não quer dizer que não seja possível a aplicação da metodologia proposta nestes casos. Podem ter existido várias razões para a obtenção de EMP mais elevados durante o tempo de estudo.

A ETAR de Miragaia, por exemplo, sofreu obras de remodelação, o que obrigou à paragem do processo de tratamento. O recomeço de um processo de tratamento implica um período de estabilização, que pode estar associado ao EMP mais elevado do que seria normal.

Na ETAR do Painho foram desprezadas cerca de 23% das amostragens realizadas durante o tempo de estudo, indicando erros inerentes ao processo de recolha e determinação analítica das amostras em laboratório, durante o tempo de estudo.

Também a ETAR da Benedita, ao apresentar uma operação oscilante entre, manter em funcionamento o leito percolador seguido do reator biológico, ou, apenas o reator biológico, as condições de bom funcionamento do processo de lamas ativadas não foram estáveis ao longo do tempo, podendo ter contribuído para EMP elevados. Por outro lado, o facto de apresentar um regime de operação de média carga, também pode influenciar o desempenho do teste do IVL, como defendido por Catunda e Haandel (1992).

Os fenómenos de *bulking*, ou outros problemas de sedimentabilidade das lamas, que levam à purga de maiores quantidades de lamas, em relação ao normal, podem influenciar os resultados obtidos pelo teste do IVL e, conseqüentemente, resultar em maiores EMP. O mesmo acontece nos casos em que ocorre a acumulação de lamas no decantador secundário devido, por exemplo, a avaria ou indisponibilidade do sistema de desidratação de lamas.

O principal problema detetado para a origem dos EMP mais elevados em praticamente todas as ETAR, foi o aumento do caudal afluente para além do caudal de dimensionamento das próprias ETAR. Quando o caudal afluente à ETAR supera o caudal de dimensionamento é normal que o EMP seja superior, uma vez que o decantador secundário está a ser operado em condições para as quais

não foi dimensionado. Estas situações perturbam o funcionamento da sedimentação e, conseqüentemente resultam em concentrações de lama fora do padrão expectável. Este facto não é detetado pelo teste do IVL, dado que o mesmo é efetuado sobre amostras do reator biológico. Assim, concentrações de lamas calculadas através deste teste poderão, logicamente, afastar-se das concentrações determinadas em laboratório.

Deste modo, verificou-se que o teste do IVL não é fiável quando o caudal afluyente à ETAR excede o caudal de dimensionamento, no entanto, isso não se pode considerar uma limitação dado que a operação das instalações foi realizada em condições anormais de funcionamento, e não é suposto que uma instalação receba uma afluência superior à sua capacidade nominal de tratamento.

O único caso em que este facto não se verificou foi na ETAR de Vila Facaia em que o caudal afluyente excedeu o caudal de dimensionamento durante o tempo de amostragem e, no entanto, o teste do IVL apresentou bons resultados. Esta circunstância leva a questionar a fiabilidade da medição que, naquele caso, é assegurada por um descarregador Parshall (de grande capacidade face à dimensão da ETAR) construído em betão, o que, por si, não é um bom indicador sobre a qualidade de medição do caudal.

Apesar da existência dos erros inerentes ao emprego da metodologia proposta, é importante referir que as determinações em laboratório da concentração de MLSS no reator biológico mantêm-se, permitindo ajustar o caudal de purga de lamas sempre que a concentração de MLSS se afastar significativamente dos valores normais de operação. Por outro lado, o teste do IVL é realizado diariamente, permitindo o controlo diário da purga de lamas, ao contrário das determinações em laboratório que, na situação padrão, são realizadas semanalmente, obtendo-se os resultados posteriormente.

Deste modo, sendo as metodologias próximas em termos dos resultados obtidos, a diferenciação das metodologias remete-se para a vertente económica, com claro benefício para a metodologia proposta.

Do ponto de vista económico, a implementação da metodologia proposta só traz vantagens, uma vez que não existem custos adicionais e permite eliminar uma série de custos com determinações analíticas.

A potencial redução de custos proporcionada ao Grupo Águas de Portugal é na ordem dos 145 000 €/ano, o que representa recursos financeiros libertados que poderiam ser utilizados, por exemplo, na promoção da criação de emprego qualificado.

Considerando que a metodologia proposta fornece elementos com uma frequência de amostragem diária, este aumento de eficiência na operação também induz uma redução de custos que embora não sendo direta, pois apenas se realizam determinações semanais, irá verificar-se noutros custos inerentes à operação do sistema.

Comparando o referido valor com 1 100 000 €/ano, que corresponde à redução de custo, caso fosse aplicada uma amostragem diária no controlo convencional, a diferença é de aproximadamente 1 000 000 €/ano, o que traduz o aumento de eficiência proporcionado pela metodologia proposta.

As concessionárias multimunicipais que contribuem para uma maior redução de custos são as concessionárias do norte, a Águas do Zêzere e Coa, Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, Águas do Noroeste e Águas do Oeste, que detêm um maior número de ETAR que são, por sua vez, de menor dimensão.

O custo específico mostra ser mais elevado em ETAR de menor dimensão, com caudal afluente inferior a 800 m³/dia, traduzindo-se em ETAR que servem populações inferiores a cerca de 5 000 e.p.. Tendo em conta que cerca de 70 a 90% do número total de ETAR no Norte e Centro são de dimensão inferior a 2000 e.p., segundo Sardinha et al. (2002), então este mostra ser um bom indicador para a aplicação da metodologia na maioria das ETAR em exploração.

Caso se pretenda maximizar a redução de custos para o Grupo AdP, a metodologia pode ser implementada em todas as ETAR com processo de lamas ativadas, de modo a ampliar o benefício económico gerado.

6. CONCLUSÕES

O controlo analítico de operação do processo de lamas ativadas por determinação de parâmetros em laboratório caracteriza-se por ser um procedimento demorado e dispendioso. O teste do IVL por ser executado no local, fornece resultados com elevada rapidez, permitindo responder em tempo útil às variações do sistema, sem custos adicionais.

Através do estudo realizado verificou-se que o teste do IVL apresentou, em catorze das vinte ETAR estudadas, um erro médio percentual ligeiramente superior a 20%, em relação às determinações analíticas em laboratório, para as quais se admite um erro global na mesma ordem de grandeza.

Para avaliação deste resultado foi necessário ter em conta, que o estudo foi baseado em dados reais, de ETAR em funcionamento, influenciados pelos fatores inerentes à operação de um sistema de lamas ativadas (recirculação e purga de lamas, fenómenos de *bulking* filamentosos e outros problemas de sedimentabilidade, afluência do caudal superior ao caudal de dimensionamento, entre outros), contribuindo para o aumento do erro associado, apesar da validação realizada.

Por outro lado, 12% dos dados obtidos pelo controlo analítico em laboratório, nos quais foi baseada a comparação das duas metodologias, foram considerados errados, sendo esta uma estimativa por baixo, pois corresponde apenas a situações demasiado evidentes. Esta situação, além de consistir numa limitação à metodologia empregue no estudo, também denotou a existência de erros muito significativos que vieram, no período em questão, a afetar o processo de recolha de amostras, diminuindo a fiabilidade do processo de colheita e posterior determinação analítica das concentrações de SST.

Como tal, através do estudo efetuado, aconselha-se a aplicação da metodologia proposta, principalmente nas ETAR de dimensão inferior a 5 000 e.p., com a devida precaução, na medida em que o teste do IVL apresenta um erro associado no controlo da purga de lamas, sendo, no entanto,

um erro que se considera aceitável, tendo em conta as explicações apresentadas e as vantagens que apresenta.

A principal vantagem passa pela libertação de recursos financeiros, na medida em que possibilitará uma potencial redução de custos na ordem dos 145 000 €/ano, na exploração de sistemas de tratamento de águas residuais por lamas ativadas, ao Grupo Águas de Portugal.

Quanto à aplicação prática desta metodologia, recomenda-se a continuação das determinações em laboratório da concentração de MLSS no reator biológico, permitindo ajustar o caudal de purga de lamas, quando se verificar que a concentração de MLSS se afasta significativamente dos valores normais de operação.

Nas ETAR em que o erro médio percentual é elevado, como é o caso das ETAR do Painho, Miragaia, Silveira, São Martinho do Porto, Charneca e Casalinho, aconselha-se um estudo mais detalhado dessas instalações de modo a determinar as causas de se registarem erros superiores nestas ETAR.

Finalmente, considera-se útil, em trabalhos futuros, aprofundar o presente estudo através do alargamento a um maior conjunto de instalações de tratamento, incidindo também sobre os respetivos procedimentos de recolha de amostras seguido em cada uma das instalações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, C. (2010). *Tratamento de águas de abastecimento* (3.^a ed.). Porto: Publindústria
- Bye, C., & Dold, P. (1998). Sludge volume index settleability measures: effect of solids characteristics and test parameters. *Water Environmental Resources*, 70(1), 87 – 93
- Barbusinski, K., & Koscielniak, H. (1995). Influence of substrate loading intensity on floc size in activated sludge process. *Water Resources*, 29(7), 1703 - 1710
- Çakici, A., & Bayramoglu, M. (1994). An approach to controlling sludge age in the activated sludge process. *Water Research*, 29(4), 1093 - 1097
- Catunda, P., & Haandel, A. (1992). Activated sludge settling Part I: Experimental determination of activated sludge settleability. *Water SA*, 18(3), 165 – 172
- Daigger, G., & Roper, R. (1985). The relationship between SVI and activated sludge settling characteristics. *Water Pollution Control Federation*, 57, 859 – 66
- Dick, R., & Vesilind, P. (1969). The sludge volume index – What is it?. *Water Pollution Control Federation*, 41(7), 1285 – 1291
- Eckenfelder, M., Ford, D., Lankford, P., Shell, G., & Sullivan, D. (1986). *Operation, Control & Management of Activated Sludge Plants Treating Industrial Wastewaters*. Vanderbilt University School of Engineering. Nashville, Tennessee
- Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. (2011). *Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal 2010 – Vol.1*.
- Environmental Protection Agency (1982). *Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater Vol. 1*. Ohio: EPA
- Frølund, B., Palmgren, R., Keiding, K., & Nielsen, P. (1996). Extraction of extracellular polymers from activated sludge using a cation exchange resin. *Water Resources*, 30(8), 1749 – 1758.
- Ghanizadeh, G., & Sarrafpour, R. (2001). The effects of temperature and pH on settleability of activated sludge flocs. *Iranian Journal of Public Health*, 30, 139 - 142
- Giokas, D., Daigger, G., Sperling, M., Kim, Y., & Paraskevas, P. (2003). Comparison and evaluation of empirical zone settling velocity parameters based on sludge volume index using a unified settling characteristics database. *Water Research*, 37, 3821 – 3836.
- Grady, C., & Lim, H. (1980). *Biological Wastewater Treatment – Theory and Applications*. New York: MARCEL DEKKER, INC.

- Grady, C.P.Jr., Daigger, G., & Lim, H. (1999). *Biological Wastewater Treatment* (2nd ed.). Florida: Taylor & Francis
- Gray, N. (2004). *Biology of Wastewater Treatment* (2nd ed.). London: Imperial College Press
- Henze, M., Harremoës, P., Jansen, J., & Arvin, J. (1997). *Wastewater treatment – Biological and Chemical Processes* (2nd ed.). Berlin: Springer – Verlag
- Hyndman, R., e Koehler, A. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 22, 679-688
- INAG I.P. (2011). *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e do Tratamento de Águas Residuais – Estado dos sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais*. Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais (INSAAR)
- Jordão, E. & Pessoa, C. (1975). *Tratamento de Esgotos Domésticos, Volume I – Concepções Clássicas de Tratamento de Esgotos*. São Paulo: CETESB
- Katebi, R., Johnson M., & Wilkie, J. (1999). *Control and Instrumentation for Wastewater Treatment Plants – Advances in Industrial Control*. London: Springer – Verlag
- Krishna, C., & Loosdrecht, M. (1999). Effect of temperature on storage polymers and settleability of activated sludge. *Water Research*, 33, 2374 - 2382
- Liao, B., Droppo, I., Leppard, G., & Liss, S. (2006). Effect of solids retention time on structure and characteristics of sludge flocs in sequencing batch reactors. *Water Research*, 40, 2583 - 2591
- Metcalf & Eddy (2004). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse* (International Edition). New York: McGraw-Hill Company, Inc.
- Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2007). PEAASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007 – 2013
- Morgan-Sagastume, F., & Allen, D. (2005). Physicochemical properties and stability of activated sludge flocs under temperature upshifts from 30 to 45°C. *Journal of Colloid and Interface Science*, 281, 136 – 145
- Nguyen, T., Hankins, N., & Hilal, N. (2007). A comparative study of the flocculation behavior and final properties of synthetic and activated sludge in wastewater treatment. *Desalination*, 204, 277 – 295
- Nguyen, T., Hilal, N., Hankins, N., & Novak, J. (2008). The relationship between cation ions and polysaccharide on the floc formation of synthetic and activated sludge. *Desalination*, 227, 94 – 102

- Oliveira, J. (1982). *Operações e Processos Fundamentais em Engenharia Sanitária, Volume II - Fundamentos da Depuração Biológica*. Departamento de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa. Almada
- Orhon, D., & Artan, N. (1994). *Modelling of Activated Sludge Systems*. Pennsylvania: Technomic Publishing Company, Inc.
- Ozinsky, A., & Ekama, G. (1995). Secondary settling tank modeling and design Part 1: review of theoretical and practical developments. *Water SA*, 21(4), 325 – 32
- Parker, D. (2005). Comment on “Impact of structural characteristics on activated sludge floc stability” by Britt-Marie Wilen, Bo Jim and Paul Lant, published in *Water Research*, (37) (2003) 3632–3645. *Water Research*, 39, 735 – 737
- Pitman, A. (1984). Settling of nutrient removal activated sludges. *Water Science Technologies*, 17, 493 – 503
- Ramalho, R. S. (1983). *Introduction to Wastewater Treatment Processes* (2nd ed.). London: ACADEMIC PRESS, INC
- Richard, M. (1989). *The bench sheet monograph on activated sludge microbiology*. Virginia: The Water Pollution Control Federation
- Sardinha, J., Ângelo, A., Damasceno, J., Carvalho, M., Bastos, P., & Santos, S. (2002). *Soluções tipo para pequenas instalações de tratamento de águas residuais*. Águas de Portugal. Documentação técnica interna – Sistemas multimunicipais
- Seka, M., & Verstraete, W. (2003). Test for assessing shear sensitivity of activated sludge flocs: a feasibility study. *Water Research*, 37, 3327 - 3334
- Sezgin M., Jenkins D., & Parker D. (1978). A unified theory of filamentous activated sludge bulking. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 50, 362 – 381
- Standard Methods Committee (1999). *Standard Methods for the examination of water and wastewater* (20th ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation
- Tsang, Y., Sin, S., & Chua, H. (2008). Nocardia foaming control in activated sludge process treating domestic wastewater. *Bioresource Technology*, 99, 3381 – 3388
- Vanderhasselt, A., & Vanrolleghem, P. (2000). Estimation of sludge sedimentation parameters from sludge batch settling curves. *Water Research*, 34(2), 395 – 406
- Vesilind, P. (2003). *Wastewater treatment plant design*. Alexandria: Improving Water Quality Publishing

Wilén, B., & Balmér, P. (1999). The effect of dissolved oxygen concentration on the structure, size and size distribution of activated sludge flocs. *Water Research*, 33(2), 391-400

Wilén, B., Keiding, K., & Nielsen, P. (2000). Anaerobic deflocculation and aerobic reflocculation of activated sludge. *Water Research*, 34(16), 3933 - 3942

Wilén, B., Lumley, D., Mattsson, A., & Mino, T. (2008). Relationship between floc composition and flocculation and settling properties studied at a full scale activated sludge plant. *Water Research*, 42, 4404 – 4418

ANEXOS

A. Dados utilizados no estudo

Quadro A.1: Dados disponibilizados pela ETAR do Carregado.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)
05-01-11	14000	6200	360
16-02-11	11000	5900	500
02-03-11	9600	4300	550
16-03-11	8500	5000	500
30-03-11	7600	4100	450
11-05-11	5300	2700	750
25-05-11	5300	2200	300
08-06-11	5300	2900	700
22-06-11	3500	2300	490
06-07-11	5800	2900	750
20-07-11	4800	2700	650
03-08-11	5600	2900	640
17-08-11	4300	2700	450
31-08-11	6400	3400	600
14-09-11	8500	5200	850
12-10-11	5800	2600	500
18-10-11	5300	2300	550
23-11-11	8600	3800	650
05-12-11	8600	4600	850
21-12-11	10000	4000	750
18-01-12	10000	5600	550
19-01-12	12000	5900	450
01-02-12	12000	7000	750

Quadro A.2: Dados disponibilizados pela ETAR da Espiçandeira.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V₃₀ (ml/l)	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V₃₀ (ml/l)
07-01-10	11 000	5 200	720	21-10-10	11 000	7 200	850
21-01-10	15 000	6 600	780	28-10-10	12 000	8 100	920
28-01-10	9 800	6 800	870	02-11-10	13 000	7 400	950
04-02-10	17 000	6 200	850	11-11-10	12 000	7 300	800
11-02-10	17 000	6 300	860	18-11-10	9 400	6 400	550
15-02-10	16 000	5 500	870	25-11-10	8 900	5 200	760
25-02-10	18 000	5 600	750	02-12-10	15 000	6 600	850
04-03-10	15 000	6 200	630	16-12-10	13 000	6 300	800
11-03-10	17 000	6 700	870	27-12-10	8 300	5 400	700
18-03-10	13 000	6 900	520	05-01-11	7100	4700	600
25-03-10	19 000	6 700	300	19-01-11	11000	5200	530
29-03-10	14 000	6 400	540	02-02-11	12000	6300	680
15-04-10	22 000	5 700	380	16-03-11	17000	3100	200
22-04-10	20 000	6 800	610	13-04-11	8200	4300	690
29-04-10	10 000	8 000	500	11-05-11	13000	7300	690
06-05-10	9 100	6 800	500	25-05-11	15000	7900	690
10-05-10	13 000	7 300	700	08-06-11	10000	8800	730
20-05-10	14 000	7 200	950	20-07-11	12000	9600	920
27-05-10	13 000	7 300	630	03-08-11	14000	9900	920
31-05-10	13 000	7 200	650	17-08-11	16000	11000	900
07-06-10	12 000	7 300	670	31-08-11	13000	9800	850
17-06-10	11 000	6 400	460	14-09-11	12000	10000	900
24-06-10	11 000	6 800	450	28-09-11	12000	8600	900
01-07-10	11 000	6 100	510	12-10-11	13000	9000	900
08-07-10	10 000	6 600	550	26-10-11	18000	9500	830
15-07-10	13 000	6 900	530	23-11-11	7900	9700	650
22-07-10	12 000	6 900	600	21-12-11	13000	13000	900
29-07-10	11 000	5 900	600	04-01-12	21000	14000	980
05-08-10	8 200	6 700	540	18-01-12	16000	12000	980
12-08-10	9 000	6 500	570	01-02-12	16000	12000	950
19-08-10	7 600	6 400	630	15-02-12	16000	11000	950
26-08-10	9 600	6 700	690	29-02-12	16000	10000	950
02-09-10	9 400	5 500	580	14-03-12	12000	8300	940
09-09-10	7 600	7 100	800	11-04-12	11000	7200	900
16-09-10	7 100	6 000	840	26-04-12	7000	6700	890
23-09-10	7 900	7 200	850	09-05-12	9500	5900	850
30-09-10	14 000	7 600	800	-	-	-	-
14-10-10	13 000	7 000	700	-	-	-	-

Quadro A.3: Dados disponibilizados pela ETAR de Alcoentre.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V₃₀ (ml/l)	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V₃₀ (ml/l)
06-01-10	7 600	2700	4 600	13-10-10	4 400	2700	3 200
13-01-10	9 400	3300	3 700	20-10-10	4 300	2500	3 000
20-01-10	6 600	3300	4 300	27-10-10	3 900	2900	3 000
27-01-10	6 700	3400	3 300	03-11-10	3 800	2400	2 300
03-02-10	6 500	3500	3 400	10-11-10	3 600	2100	2 300
10-02-10	5 500	3500	3 600	17-11-10	6 200	1700	2 400
17-02-10	6 700	3000	3 200	24-11-10	4 300	1500	2 000
24-02-10	8 600	3200	3 000	29-11-10	2 700	1500	1 900
03-03-10	8 600	3500	3 300	15-12-10	2 300	1400	1 300
10-03-10	6 700	2400	3 300	29-12-10	2 500	2400	1 300
17-03-10	4 600	2600	2 600	12-01-11	1700	1200	1200
24-03-10	6 000	2700	2 800	26-01-11	1800	1000	1100
31-03-10	4 700	2800	2 600	09-02-11	3200	1500	1800
07-04-10	5 600	3000	2 700	23-02-11	5400	3300	3200
14-04-10	4 900	3200	3 100	09-03-11	5800	2900	3000
21-04-10	8 200	2900	3 400	23-03-11	3500	1400	2300
28-04-10	10000	2000	1 500	06-04-11	4900	3000	2700
05-05-10	5 900	3500	3 400	18-04-11	3700	2900	2500
12-05-10	6 400	3400	2 100	04-05-11	6300	3200	3700
19-05-10	5 800	3400	3 400	18-05-11	6100	3200	2900
26-05-10	5 200	3700	3 200	15-06-11	6500	4300	4600
02-06-10	5 300	3400	3 400	29-06-11	5600	4500	4300
09-06-10	6 300	3100	3 300	13-07-11	5700	4700	4800
16-06-10	4 800	3600	3 600	27-07-11	4700	3800	4100
23-06-10	5 200	3500	3 700	10-08-11	7100	4700	4700
07-07-10	5 000	3700	3 700	24-08-11	3400	2800	3300
21-07-10	4 700	2800	3 400	07-09-11	4600	3600	3700
28-07-10	7 900	3100	3 100	21-09-11	4500	2000	2600
04-08-10	7 000	2800	3 200	03-10-11	3200	2100	2800
11-08-10	4 000	2700	3 100	19-10-11	3800	3200	3400
18-08-10	4 700	2600	3 100	02-11-11	3800	2900	3000
25-08-10	4 400	3100	3 200	16-11-11	4700	3700	2400
01-09-10	5 400	3000	3 400	14-12-11	6300	3600	4300
09-09-10	5 700	3100	3 700	28-12-11	6500	3100	4100
15-09-10	5 100	3500	3 500	04-01-12	12000	5300	5000
22-09-10	5 700	3700	3 500	18-01-12	9000	5800	5000
29-09-10	5 700	2900	3 500	15-02-12	10000	6300	6000
06-10-10	6 200	3800	3 700	29-02-12	7700	5400	5700

Quadro A.4: Dados disponibilizados pela ETAR do Painho.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/g)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
02-03-10	6 600	3 000	120	-	-	09-02-11	12000	5000	560	-	-
09-03-10	3 900	4 000	110	-	-	23-02-11	14000	4600	430	-	-
16-03-10	2 600	2 400	80	-	-	09-03-11	10000	5200	450	-	-
23-03-10	4 700	3 600	100	-	-	23-03-11	6100	4400	550	-	-
30-03-10	3 200	2 900	100	-	-	06-04-11	4300	3800	470	-	-
13-04-10	8 000	6 200	240	-	-	04-05-11	5600	3500	450	-	-
20-04-10	9 700	4 900	180	-	-	18-05-11	11000	3800	400	-	-
27-04-10	7 000	4 700	180	-	-	15-06-11	5300	3900	410	-	-
11-05-10	9 300	4 300	200	-	-	10-08-11	5700	4400	-	300	1
18-05-10	11 000	4 400	190	-	-	24-08-11	9500	5000	-	180	2
25-05-10	5 800	4 400	190	-	-	07-09-11	9900	2100	-	220	2
08-06-10	4 800	4 300	220	-	-	21-09-11	11000	5600	-	230	2
15-06-10	12 000	5 800	510	-	-	03-10-11	8600	5800	-	240	2
22-06-10	13 000	4 800	330	-	-	19-10-11	7400	5100	-	230	2
29-06-10	5 600	4 300	260	-	-	02-11-11	15000	6400	-	130	2
06-07-10	8 000	4 400	280	-	-	28-11-11	6900	1700	-	110	2
20-07-10	8 500	4 600	340	-	-	28-12-11	8100	5100	-	230	1
03-08-10	11 000	4 900	600	-	-	10-01-12	10000	5200	-	300	1
10-08-10	8 200	4 500	450	-	-	24-01-12	9700	6200	-	250	2
24-08-10	5 500	4 900	540	-	-	07-02-12	8800	6400	-	240	2
31-08-10	7 900	4 900	530	-	-	22-02-12	15000	5900	-	250	2
07-09-10	7 800	5 100	620	-	-	06-03-12	15000	6700	-	190	3
14-09-10	4 600	4 600	400	-	-	20-03-12	10000	6500	-	250	2
28-09-10	7 700	4 200	400	-	-	03-04-12	10000	6100	-	190	3
19-10-10	12 000	5 400	350	-	-	17-04-12	12000	5600	-	210	3
26-10-10	6 900	4 500	210	-	-	02-05-12	9400	6000	-	270	2
04-11-10	12 000	7 400	520	-	-	15-05-12	8300	4500	-	150	1
16-11-10	6 700	5 400	340	-	-	29-05-12	7100	3600	-	250	1
07-12-10	14 000	6 800	280	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro A.5: Dados disponibilizados pela ETAR de Reguengo Grande.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V₃₀ (ml/l)	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V₃₀ (ml/l)
05-01-10	9 500	8 300	380	23-11-10	18 000	6 500	810
12-01-10	17 000	7 500	400	30-11-10	17 000	6 800	760
19-01-10	7 700	7 100	440	14-12-10	12 000	8 500	450
26-01-10	10 000	6 500	380	28-12-10	15 000	9 500	600
02-02-10	13 000	4 100	270	06-01-11	14000	9500	760
18-02-10	9 400	7 800	460	20-01-11	17000	9800	500
23-02-10	8 900	8 400	420	03-02-11	15000	8700	610
02-03-10	9 500	7 900	470	17-02-11	17000	9300	550
09-03-10	8 300	7 700	340	03-03-11	12000	6500	320
16-03-10	6 200	5 100	310	17-03-11	14000	7400	420
23-03-10	12 000	7 900	450	31-03-11	15000	7300	550
30-03-10	10 000	7 100	660	14-04-11	13000	7100	470
13-04-10	8 100	7 000	610	28-04-11	11000	4700	300
20-04-10	7 900	6 600	540	12-05-11	6200	7700	750
27-04-10	14 000	6 700	410	26-05-11	11000	7700	520
04-05-10	11 000	6 700	580	09-06-11	6100	5400	450
18-05-10	10 000	8 700	740	21-06-11	9100	6200	610
01-06-10	11 000	6 800	630	07-07-11	7600	6500	590
08-06-10	7 700	6 700	660	21-07-11	6300	5400	800
22-06-10	9 700	7 900	870	04-08-11	7000	5200	550
29-06-10	9 500	8 000	670	31-08-11	6800	4600	670
06-07-10	8 400	7 500	900	15-09-11	8200	4700	870
13-07-10	8 100	7 100	770	29-09-11	7700	4700	870
20-07-10	7 700	7 200	700	13-10-11	7700	5200	940
03-08-10	13 000	6 200	640	27-10-11	17000	5900	580
10-08-10	8 300	6 900	800	10-11-11	10000	2900	210
17-08-10	8 300	7 400	580	06-12-11	17000	8600	690
24-08-10	7 600	6 900	900	22-12-11	11000	7600	840
31-08-10	9 200	6 000	700	05-01-12	17000	8000	930
21-09-10	6 400	5 000	680	19-01-12	15000	7600	940
28-09-10	10 000	4 900	690	02-02-12	16000	7800	900
07-10-10	14 000	5 100	830	16-02-12	9000	5700	700
12-10-10	7 300	6 200	700	01-03-12	5900	4600	680
19-10-10	7 500	6 000	830	29-03-12	4000	4000	800
04-11-10	8 200	6 700	900	10-05-12	7500	5900	650
16-11-10	9 900	6 900	800	-	-	-	-

Quadro A.6: Dados disponibilizados pela ETAR de Miragaia.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V₃₀ (ml/l)
09-11-10	21 000	9 000	300
16-11-10	18 000	5 900	170
23-11-10	22 000	6 200	200
30-11-10	5 100	4 000	130
14-12-10	1 500	2 800	30
06-01-11	4600	2100	30
20-01-11	850	2600	50
17-02-11	14700	7400	120
03-03-11	5800	1400	30
17-03-11	2100	1500	20
31-03-11	4100	2400	50
14-04-11	8100	3000	100
28-04-11	6500	4000	100
12-05-11	6300	2600	90
21-06-11	23000	13000	650
21-07-11	2900	6600	250
04-08-11	25000	8100	320
18-08-11	19000	14000	900
31-08-11	10000	7200	400
15-09-11	30000	19000	910
29-09-11	22000	14000	880
13-10-11	3900	7900	320
27-10-11	38000	8800	300
24-11-11	5200	2100	40
06-12-11	73000	8500	230
22-12-11	5000	6900	200
05-01-12	8100	6700	230
19-01-12	9100	5000	120
02-02-12	4900	11000	560
16-02-12	13000	15000	960
01-03-12	7800	6200	600
15-03-12	9800	9400	800
12-04-12	10000	3700	150
26-04-12	31000	6800	680
10-05-12	24000	14000	980
24-05-12	23000	18000	990

Quadro A.7: Dados disponibilizados pela ETAR da Zambujeira.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)
05-02-10	48 740	8 920	170	27-04-11	11340	6430	320
05-03-10	49 033	8 160	140	27-05-11	11867	6650	400
19-03-10	39 480	9 440	160	08-06-11	12220	6590	380
07-04-10	30 660	9 480	190	22-06-11	13600	7060	370
21-04-10	34 670	7 820	170	08-07-11	14060	5690	320
05-05-10	28 875	8 610	220	22-07-11	13220	6440	280
21-05-10	29 967	6 680	170	05-08-11	12960	7720	360
04-06-10	31 000	6 910	200	17-08-11	11340	6750	440
23-06-10	35 600	6 580	190	31-08-11	11260	6980	460
07-07-10	35 000	6 930	180	14-09-11	12780	6500	400
23-07-10	36 640	6 440	180	28-09-11	11020	5960	400
06-08-10	33 400	6 800	190	14-10-11	9960	6250	540
20-08-10	32 240	6 200	220	28-10-11	13460	7640	440
03-09-10	34 820	5 350	150	11-11-11	16380	7230	320
22-09-10	37 560	6 720	200	25-11-11	17020	5180	240
06-10-10	22 580	7 120	240	07-12-11	15840	6360	260
22-10-10	22 540	6 850	230	23-12-11	21140	6190	270
03-11-10	21 780	6 650	220	06-01-12	15360	6280	260
19-11-10	26 340	6 930	240	20-01-12	14940	5760	280
03-12-10	22 030	5 160	160	03-02-12	13560	5940	340
22-12-10	20 400	6 780	180	17-02-12	12760	7060	360
07-01-11	29520	8550	210	02-03-12	10980	6660	420
21-01-11	33600	7020	220	16-03-12	10720	5630	380
04-02-11	23180	6530	220	30-03-12	8400	5020	420
18-02-11	21880	7860	300	13-04-12	9680	5770	500
04-03-11	28440	7060	320	27-04-12	7960	4440	460
18-03-11	18020	7720	340	11-05-12	11280	5590	480
30-03-11	13580	7550	570	25-05-12	8740	5820	475
13-04-11	11800	6350	380	-	-	-	-

Quadro A.8: Dados disponibilizados pela ETAR de Rio Maior.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
05-01-10	5900	3 200	850	-	-	23-11-10	4900	1 900	800	-	-
12-01-10	8600	3 000	550	-	-	02-12-10	4200	2 700	800	-	-
26-01-10	5300	3 800	600	-	-	13-12-10	4500	2 700	800	-	-
01-02-10	4400	3 900	800	-	-	28-12-10	3900	3 000	850	-	-
22-02-10	6500	3 300	700	-	-	06-04-11	6500	4000	330	-	-
01-03-10	6200	2 900	750	-	-	18-05-11	11000	1400	120	-	-
15-03-10	5300	3 200	700	-	-	01-06-11	4100	2400	510	-	-
30-03-10	5000	3 400	750	-	-	15-06-11	6300	4800	890	-	-
05-04-10	5800	3 600	750	-	-	29-06-11	9300	4700	820	-	-
13-04-10	4700	3 500	730	-	-	27-07-11	4000	4500	600	-	-
27-04-10	6600	2 900	750	-	-	10-08-11	5100	4000	690	-	-
03-05-10	4500	3 400	800	-	-	24-08-11	9300	5200	780	-	-
11-05-10	5200	3 500	850	-	-	07-09-11	7400	4600	460	-	-
25-05-10	4500	3 300	750	-	-	03-10-11	8600	3900	430	-	-
01-06-10	4700	3 000	800	-	-	19-10-11	5200	3900	470	-	-
08-06-10	4100	3 300	700	-	-	02-11-11	5000	4200	750	-	-
22-06-10	3800	3 300	750	-	-	16-11-11	5700	4100	570	-	-
01-07-10	3300	2 800	800	-	-	28-11-11	9100	4400	650	-	-
12-07-10	3200	2 800	850	-	-	14-12-11	9900	3500	900	-	-
27-07-10	3400	2 600	750	-	-	28-12-11	6400	4800	950	-	-
10-08-10	2900	2 000	750	-	-	10-01-12	6300	4500	-	240	2
24-08-10	2900	2 500	680	-	-	24-01-12	5900	4100	950	-	-
01-09-10	3600	2 600	650	-	-	07-02-12	4500	3800	950	-	-
13-09-10	4400	2 100	775	-	-	22-02-12	5300	4400	-	230	2
28-09-10	3600	3 100	870	-	-	06-03-12	6100	3900	-	180	2
06-10-10	7900	3 400	750	-	-	03-04-12	5000	3600	-	130	2
12-10-10	3100	2 600	700	-	-	17-04-12	5200	3600	-	130	2
26-10-10	4900	2 900	770	-	-	02-05-12	8200	3600	-	120	2
02-11-10	4400	2 800	800	-	-	29-05-12	5000	3000	-	100	2
09-11-10	5900	2 600	700	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro A.9: Dados disponibilizados pela ETAR de Fervença.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
05-01-10	37 000	5 300	600	-	-	04-11-10	35 000	6 800	875	-	-
19-01-10	33 000	4 900	695	-	-	16-11-10	37 000	7 600	950	-	-
26-01-10	32 000	5 400	930	-	-	07-12-10	45 000	6 400	675	-	-
02-02-10	33 000	3 700	615	-	-	21-12-10	43 000	9 200	980	-	-
18-02-10	31 000	2 200	405	-	-	12-01-11	36000	4900	825	-	-
23-02-10	29 000	3 000	795	-	-	26-01-11	36000	6500	910	-	-
02-03-10	36 000	2 300	340	-	-	09-02-11	31000	5300	890	-	-
16-03-10	31 000	4 200	880	-	-	23-02-11	31000	6200	925	-	-
23-03-10	32 000	3 300	710	-	-	09-03-11	28000	5100	895	-	-
30-03-10	32 000	4 400	935	-	-	23-03-11	31000	5700	900	-	-
06-04-10	32 000	4 500	970	-	-	06-04-11	21000	6100	955	-	-
13-04-10	31 000	5 900	980	-	-	26-04-11	30000	9300	985	-	-
20-04-10	32 000	6 500	975	-	-	04-05-11	32000	6600	935	-	-
27-04-10	36 000	5 200	935	-	-	19-05-11	33000	4500	760	-	-
04-05-10	32 000	5 300	975	-	-	01-06-11	39000	7600	840	-	-
18-05-10	30 000	6 200	975	-	-	15-06-11	43000	7300	740	-	-
25-05-10	33 000	5 000	940	-	-	29-06-11	31000	7900	955	-	-
08-06-10	33 000	6 300	930	-	-	13-07-11	34000	8300	960	-	-
15-06-10	34 000	6 400	940	-	-	27-07-11	36000	8400	820	-	-
22-06-10	32 000	7 500	660	-	-	10-08-11	43000	8800	960	-	-
29-06-10	36 000	5 400	660	-	-	24-08-11	43000	8300	860	-	-
06-07-10	42 000	5 100	750	-	-	07-09-11	40000	8900	940	-	-
13-07-10	35 000	6 700	815	-	-	04-10-11	41000	9300	920	-	-
20-07-10	37 000	7 100	865	-	-	24-01-12	34000	7300	-	235	2
27-07-10	36 000	7 500	800	-	-	07-02-12	30000	7900	-	245	2
03-08-10	45 000	8 300	870	-	-	22-02-12	28000	7800	-	195	2
10-08-10	42 000	9 600	935	-	-	06-03-12	32000	7700	-	190	2
07-09-10	43 000	9 900	950	-	-	20-03-12	26000	7100	-	195	2
14-09-10	41 000	9 200	975	-	-	03-04-12	26000	7300	-	185	2
21-09-10	36 000	8 200	960	-	-	17-04-12	28000	5700	-	165	2
28-09-10	44 000	9 600	975	-	-	02-05-12	34000	4800	-	115	2
12-10-10	31 000	7 000	910	-	-	15-05-12	39000	3300	-	70	2
19-10-10	38 000	7 800	965	-	-	29-05-12	26000	5800	-	150	2
26-10-10	38 000	8 000	955	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro A.10: Dados disponibilizados pela ETAR de Pataias.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
05-01-10	26 000	2 100	150	-	-	28-09-10	25 000	7 800	720	-	-
12-01-10	25 000	5 900	940	-	-	07-10-10	28 000	6 600	790	-	-
19-01-10	28 000	1 400	160	-	-	12-10-10	21 000	4 100	400	-	-
26-01-10	24 000	3 700	750	-	-	19-10-10	25 000	5 500	580	-	-
02-02-10	28 000	2 400	290	-	-	20-10-10	24 000	6 200	760	-	-
09-02-10	25 000	2 800	310	-	-	26-10-10	32 000	4 800	580	-	-
18-02-10	29 000	2 100	240	-	-	27-10-10	24 000	4 600	450	-	-
23-02-10	30 000	1 700	240	-	-	04-11-10	27 000	4 900	460	-	-
09-03-10	23 000	2 500	240	-	-	09-11-10	30 000	4 400	490	-	-
23-03-10	27 000	1 900	130	-	-	16-11-10	29 000	3 500	350	-	-
30-03-10	29 000	1 500	290	-	-	23-11-10	34 000	2 400	240	-	-
06-04-10	27 000	2 500	270	-	-	07-12-10	35 000	1 200	90	-	-
13-04-10	31 000	3 000	280	-	-	26-01-11	15000	8100	970	-	-
20-04-10	28 000	2 300	230	-	-	09-02-11	16000	9300	950	-	-
27-04-10	33 000	2 600	280	-	-	23-02-11	15000	6700	920	-	-
04-05-10	26 000	3 600	490	-	-	09-03-11	14000	6300	930	-	-
11-05-10	29 000	3 300	200	-	-	23-03-11	11000	9300	970	-	-
18-05-10	26 000	4 600	610	-	-	06-04-11	15000	11000	970	-	-
25-05-10	28 000	4 000	440	-	-	04-05-11	29000	2900	220	-	-
31-05-10	27 000	4 000	690	-	-	15-06-11	16000	3900	290	-	-
08-06-10	24 000	4 800	620	-	-	13-07-11	23000	3100	220	-	-
15-06-10	25 000	5 300	510	-	-	07-09-11	34000	6400	470	-	-
22-06-10	27 000	4 800	440	-	-	21-09-11	38000	6000	830	-	-
29-06-10	26 000	5 100	580	-	-	04-10-11	36000	3900	490	-	-
06-07-10	26 000	3 900	450	-	-	19-10-11	29000	5500	830	-	-
13-07-10	25 000	5 200	750	-	-	02-11-11	35000	6800	800	-	-
20-07-10	22 000	6 400	870	-	-	16-11-11	30000	3000	270	-	-
27-07-10	26 000	5 700	450	-	-	28-11-11	46000	1400	100	-	-
03-08-10	24 000	5 300	540	-	-	14-12-11	32000	2100	280	-	-
10-08-10	24 000	6 000	680	-	-	28-12-11	28000	4200	360	-	-
17-08-10	28 000	5 900	700	-	-	10-01-12	37000	4400	-	220	1
24-08-10	25 000	5 900	720	-	-	24-01-12	30000	4700	-	160	1
31-08-10	27 000	6 500	800	-	-	07-02-12	31000	4800	-	240	1
07-09-10	27 000	6 100	850	-	-	22-02-12	28000	3800	-	160	1
14-09-10	27 000	7 400	880	-	-	20-03-12	23000	4900	-	230	1
21-09-10	24 000	7 300	880	-	-	03-04-12	31000	2800	-	130	1

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
02-05-12	24000	3000	-	170	1	29-05-12	34000	2100	-	110	1

Quadro A.11: Dados disponibilizados pela ETAR de São Martinho do Porto.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
05-01-10	19 000	7 200	470	-	-	31-08-10	10 000	4 200	790	-	-
12-01-10	21 000	6 300	580	-	-	07-09-10	7 100	3 600	830	-	-
19-01-10	7 600	4 000	270	-	-	14-09-10	3 800	3 600	760	-	-
26-01-10	13 000	5 300	320	-	-	21-09-10	6 800	2 700	420	-	-
02-02-10	16 000	8 600	740	-	-	28-09-10	6 700	3 500	730	-	-
09-02-10	15 000	7 800	710	-	-	07-10-10	14 000	3 400	510	-	-
18-02-10	21 000	6 100	410	-	-	12-10-10	7 000	4 200	530	-	-
23-02-10	16 000	6 000	420	-	-	19-10-10	9 000	3 900	530	-	-
02-03-10	13 000	6 700	290	-	-	26-10-10	8 000	3 400	610	-	-
09-03-10	24 000	5 700	300	-	-	04-11-10	4 700	3 900	600	-	-
16-03-10	16 000	6 400	450	-	-	09-11-10	10 000	3 700	580	-	-
30-03-10	23 000	8 100	600	-	-	16-11-10	4 700	3 700	750	-	-
06-04-10	11 000	7 300	840	-	-	23-11-10	5 900	2 500	320	-	-
13-04-10	11 000	7 200	710	-	-	07-12-10	7 500	3 100	430	-	-
20-04-10	16 000	7 100	850	-	-	21-12-10	20 000	2 900	330	-	-
27-04-10	11 000	8 200	590	-	-	12-01-11	10000	4300	820	-	-
04-05-10	11 000	8 000	540	-	-	26-01-11	8100	3800	820	-	-
11-05-10	22 000	5 900	590	-	-	09-02-11	5300	2300	340	-	-
18-05-10	11 000	6 600	810	-	-	23-02-11	9800	4200	900	-	-
25-05-10	20 000	6 000	540	-	-	09-03-11	5900	3800	730	-	-
31-05-10	9 000	5 900	580	-	-	23-03-11	6600	3700	430	-	-
08-06-10	11 000	5 200	650	-	-	26-04-11	17000	4200	540	-	-
15-06-10	8 100	5 400	690	-	-	04-05-11	13000	3500	600	-	-
22-06-10	11 000	5 400	550	-	-	19-05-11	9900	3400	690	-	-
29-06-10	5 100	5 100	650	-	-	01-06-11	6500	2700	530	-	-
06-07-10	14 000	5 000	630	-	-	15-06-11	4900	3100	630	-	-
20-07-10	6 800	4 100	690	-	-	22-06-11	9000	3500	600	-	-
27-07-10	11 000	4 700	770	-	-	13-07-11	10000	2800	750	-	-
03-08-10	17 000	5 200	950	-	-	27-07-11	9600	3100	770	-	-
10-08-10	15 000	4 900	830	-	-	10-08-11	12000	2800	900	-	-
17-08-10	15 000	4 500	690	-	-	24-08-11	9200	2700	930	-	-
24-08-10	12 000	4 100	700	-	-	07-09-11	4600	3400	920	-	-

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
21-09-11	7100	2400	-	100	1	22-02-12	6000	3800	-	250	1
04-10-11	5400	2500	-	240	1	06-03-12	7900	4100	-	260	1
19-10-11	3300	2600	-	310	1	20-03-12	6100	4000	-	280	1
02-11-11	7800	4200	-	180	1	03-04-12	5700	4000	-	210	2
16-11-11	8700	3900	-	160	1	17-04-12	7800	4300	-	140	2
14-12-11	7400	3900	-	160	1	02-05-12	10000	4100	-	120	2
10-01-12	7200	3600	-	200	1	15-05-12	7200	4100	-	120	2
24-01-12	8000	3900	-	190	1	29-05-12	7800	4000	-	180	2
07-02-12	6200	3700	-	230	1	-	-	-	-	-	-

Quadro A.12: Dados disponibilizados pela ETAR da Benedita.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
12-01-10	11 000	3300	560	-	-	03-08-10	5 500	4600	710	-	-
26-01-10	5 400	4 500	900	-	-	10-08-10	5 500	4700	600	-	-
02-02-10	9 000	4800	720	-	-	17-08-10	5 700	5 500	760	-	-
09-02-10	11 000	4900	760	-	-	24-08-10	7 100	5500	740	-	-
23-02-10	6 000	3400	430	-	-	31-08-10	5 800	4300	640	-	-
03-03-10	6 400	3300	650	-	-	07-09-10	4 800	4700	550	-	-
09-03-10	7 500	2200	290	-	-	14-09-10	6 400	3200	880	-	-
16-03-10	8 400	4000	600	-	-	21-09-10	7 100	6000	710	-	-
23-03-10	6 300	4300	490	-	-	28-09-10	8 400	6700	970	-	-
30-03-10	4 400	2300	320	-	-	07-10-10	8 700	6000	890	-	-
06-04-10	5 500	3800	380	-	-	19-10-10	7 000	5300	840	-	-
20-04-10	5 400	3900	470	-	-	26-10-10	5 700	5500	800	-	-
27-04-10	7 000	4600	570	-	-	04-11-10	2 700	1700	540	-	-
04-05-10	7 500	5000	650	-	-	16-11-10	4 900	4700	1000	-	-
11-05-10	10 000	3100	560	-	-	23-11-10	7 800	4500	920	-	-
18-05-10	8 200	6000	790	-	-	07-12-10	12 000	3800	410	-	-
25-05-10	7 500	6400	820	-	-	12-01-11	4200	2400	370	-	-
31-05-10	9 600	6500	950	-	-	26-01-11	4300	4000	600	-	-
08-06-10	7 500	6200	970	-	-	09-03-11	6300	3100	460	-	-
15-06-10	6 900	5100	630	-	-	30-03-11	5900	4800	770	-	-
29-06-10	6 400	5000	900	-	-	04-05-11	12000	1600	190	-	-
06-07-10	6 700	5500	800	-	-	01-06-11	4000	3400	500	-	-
13-07-10	4 100	4100	500	-	-	15-06-11	7200	4700	750	-	-
20-07-10	6 400	4800	560	-	-	07-09-11	7100	5700	690	-	-

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/g)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
21-09-11	6800	5300	840	-	-	06-03-12	6800	5700	-	250	2
02-11-11	9700	2000	200	-	-	20-03-12	6400	5000	-	180	2
28-12-11	8400	5300	780	-	-	03-04-12	6600	5200	-	220	2
24-01-12	7100	4700	690	-	-	15-05-12	5500	3900	600	-	-
07-02-12	7500	4300	-	170	2	29-05-12	7200	5500	970	-	-
22-02-12	6100	6000	-	260	2	-	-	-	-	-	-

Quadro A.13: Dados disponibilizados pela ETAR de Gaeiras.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
09-02-10	5100	2700	610	-	-	24-08-10	6 200	4 900	720	-	-
18-02-10	3200	2000	310	-	-	31-08-10	6 400	4 700	650	-	-
23-02-10	4900	2700	570	-	-	07-09-10	8 200	5 000	850	-	-
02-03-10	3000	1700	270	-	-	14-09-10	7 300	5 400	790	-	-
09-03-10	4 600	1 500	200	-	-	21-09-10	8 900	5 400	830	-	-
16-03-10	3 400	2 000	230	-	-	28-09-10	7 600	5 100	950	-	-
23-03-10	3 200	3 000	380	-	-	07-10-10	9 700	4 200	560	-	-
30-03-10	4 800	2 700	520	-	-	12-10-10	6 100	3 500	300	-	-
06-04-10	7 000	3 600	550	-	-	19-10-10	5 400	3 800	360	-	-
13-04-10	4 900	3 600	800	-	-	26-10-11	6 200	4 200	550	-	-
20-04-10	3 100	2 000	390	-	-	04-11-10	5 800	2 900	420	-	-
27-04-10	4 000	2 400	300	-	-	09-11-10	8 500	3 500	500	-	-
04-05-10	2 800	2 000	250	-	-	16-11-10	4 600	3 300	550	-	-
11-05-10	4 400	2 600	580	-	-	23-11-10	7 100	2 300	300	-	-
18-05-10	9 600	1 900	300	-	-	30-11-10	6 900	4 200	600	-	-
25-05-10	4 300	3 100	720	-	-	07-12-10	3 800	1 800	230	-	-
01-06-10	5 400	3 300	470	-	-	21-12-10	5 600	1 700	220	-	-
08-06-10	6 200	4 500	900	-	-	12-01-11	6500	2200	180	-	-
15-06-10	4 400	3 000	590	-	-	26-01-11	6700	2400	200	-	-
29-06-10	6 300	4 600	500	-	-	09-02-11	5400	3100	320	-	-
06-07-10	8 700	4 500	680	-	-	23-02-11	10000	2400	200	-	-
13-07-10	6 000	5 000	870	-	-	09-03-11	7800	2900	460	-	-
20-07-10	7 100	5 200	950	-	-	23-03-11	5500	2400	310	-	-
27-07-10	7 800	4 600	600	-	-	06-04-11	1400	730	170	-	-
03-08-10	7 400	4 800	600	-	-	18-04-11	7200	2500	430	-	-
10-08-10	6 300	5 600	640	-	-	04-05-11	6900	2700	340	-	-
17-08-10	5 900	4 800	700	-	-	18-05-11	7400	3400	540	-	-

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
01-06-11	6700	3300	400	-	-	14-12-11	10000	3900	-	180	1
15-06-11	8200	3500	400	-	-	28-12-11	13000	4300	-	230	1
29-06-11	7300	3100	480	-	-	10-01-12	12000	5700	-	220	2
13-07-11	7900	4000	600	-	-	24-01-12	9500	4100	-	190	1
27-07-11	9300	4700	-	170	2	07-02-12	9700	3100	-	200	1
10-08-11	9000	4200	-	140	2	22-02-12	9200	3900	-	230	1
24-08-11	11000	5300	-	160	2	06-03-12	4300	1800	-	240	1
07-09-11	9600	4300	-	190	2	20-03-12	7900	1800	-	230	1
21-09-11	6200	1800	-	160	1	03-04-12	7600	3600	-	170	2
03-10-11	11000	4100	-	150	1	17-04-12	6200	2800	-	180	1
19-10-11	10000	4100	-	240	1	02-05-12	7300	2800	-	160	1
02-11-11	11000	4100	230	-	-	15-05-12	6200	2800	-	160	1
16-11-11	8100	2700	210	-	-	29-05-12	6500	3700	-	180	1
28-11-11	7900	3400	300	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro A.14: Dados disponibilizados pela ETAR da Charneca.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
02-02-10	23000	5700	480	-	-	13-07-10	11 000	6800	890	-	-
09-02-10	18000	4200	300	-	-	20-07-10	11 000	4700	530	-	-
18-02-10	10000	4700	350	-	-	27-07-10	8 600	4600	500	-	-
02-03-10	9 200	3600	250	-	-	03-08-10	7 500	5400	850	-	-
09-03-10	16 000	4100	230	-	-	10-08-10	5 800	5000	400	-	-
16-03-10	16 000	4800	220	-	-	17-08-10	12 000	5000	400	-	-
23-03-10	11 000	4500	240	-	-	24-08-10	13 000	6200	800	-	-
30-03-10	9 100	3400	250	-	-	31-08-10	15 000	6900	850	-	-
06-04-10	10 000	4200	270	-	-	07-09-10	13 000	6400	950	-	-
13-04-10	9 900	4100	300	-	-	14-09-10	12 000	6900	920	-	-
20-04-10	14 000	4200	300	-	-	21-09-10	11 000	5000	720	-	-
18-05-10	15 000	5900	510	-	-	07-10-10	16 000	5800	540	-	-
25-05-10	14 000	5700	590	-	-	12-10-10	13 000	6600	400	-	-
01-06-10	9 200	5100	600	-	-	19-10-10	8 500	6800	540	-	-
08-06-10	10 000	5700	710	-	-	26-10-10	11 000	6500	540	-	-
15-06-10	12 000	5100	550	-	-	04-11-10	8 100	6000	480	-	-
22-06-10	8 000	5200	600	-	-	09-11-10	12 000	4600	400	-	-
29-06-10	11 000	5100	580	-	-	23-11-10	11 000	3800	320	-	-
06-07-10	8 800	5700	870	-	-	30-11-10	12 000	3800	320	-	-

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
07-12-10	11 000	4400	250	-	-	03-10-11	5500	3200	-	200	1
12-01-11	6600	5000	280	-	-	19-10-11	5500	3700	-	190	1
26-01-11	14000	7000	700	-	-	02-11-11	13000	4200	-	150	1
09-02-11	11000	4700	410	-	-	16-11-11	8700	4400	-	150	1
23-02-11	19000	6700	450	-	-	28-11-11	6200	4500	-	150	1
09-03-11	15000	5100	480	-	-	14-12-11	11000	4100	-	150	1
23-03-11	14000	6200	490	-	-	28-12-11	8300	4700	-	170	1
06-04-11	9100	5500	480	-	-	10-01-12	8600	5400	-	220	1
18-04-11	9600	5000	510	-	-	24-01-12	9500	5300	-	250	1
04-05-11	10000	5100	540	-	-	07-02-12	7400	4900	-	190	2
18-05-11	8100	5000	400	-	-	22-02-12	6900	4700	-	180	2
01-06-11	9400	4800	330	-	-	20-03-12	7600	4900	-	200	2
15-06-11	5600	3700	340	-	-	03-04-12	7300	4200	-	160	2
29-06-11	6500	4300	570	-	-	17-04-12	6300	4200	-	190	1
13-07-11	6400	4300	500	-	-	02-05-12	12000	3800	-	180	1
27-07-11	7300	3800	-	160	1	15-05-12	8100	3900	-	150	1
24-08-11	8700	4400	-	160	1	29-05-12	6400	3900	-	160	1
21-09-11	7000	4300	-	210	1	-	-	-	-	-	-

Quadro A.15: Dados disponibilizados pela ETAR do Casalinho.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
02-02-10	8 400	5100	450	-	-	25-05-10	12 000	5600	900	-	-
09-02-10	7 600	4900	510	-	-	01-06-10	9 200	5100	600	-	-
18-02-10	8 100	4500	560	-	-	08-06-10	10 000	5700	710	-	-
23-02-10	12 000	5100	470	-	-	15-06-10	12 000	5100	550	-	-
02-03-10	17 000	5700	620	-	-	22-06-10	8 000	5200	600	-	-
16-03-10	15 000	7400	680	-	-	29-06-10	11 000	5100	580	-	-
23-03-10	17 000	7000	600	-	-	06-07-10	8 800	5700	870	-	-
30-03-10	15 000	7100	850	-	-	13-07-10	11 000	6800	890	-	-
06-04-10	18 000	7100	930	-	-	20-07-10	11 000	4700	530	-	-
13-04-10	16 000	7800	950	-	-	27-07-10	8 600	4600	500	-	-
20-04-10	15 000	6400	900	-	-	03-08-10	7 500	5400	850	-	-
27-04-10	12 000	6500	880	-	-	10-08-10	5 800	5000	400	-	-
04-05-10	11 000	6500	700	-	-	17-08-10	12 000	5000	400	-	-
11-05-10	7 300	5600	700	-	-	24-08-10	13 000	6200	800	-	-
18-05-10	7 500	5900	680	-	-	31-08-10	15 000	6900	850	-	-

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
07-09-10	13 000	6400	950	-	-	15-06-11	5600	3700	340	-	-
14-09-10	12 000	6900	920	-	-	29-06-11	6500	4300	570	-	-
21-09-10	11 000	5000	720	-	-	13-07-11	6400	4300	500	-	-
07-10-10	16 000	5800	540	-	-	27-07-11	7300	3800	-	160	1
12-10-10	13 000	6600	400	-	-	24-08-11	8700	4400	-	160	1
19-10-10	8 500	6800	540	-	-	21-09-11	7000	4300	-	210	1
26-10-10	11 000	6500	540	-	-	03-10-11	5500	3200	-	200	1
04-11-10	8 100	6000	480	-	-	19-10-11	5500	3700	-	190	1
09-11-10	12 000	4600	400	-	-	02-11-11	13000	4200	-	150	1
23-11-10	11 000	3800	320	-	-	16-11-11	8700	4400	-	150	1
30-11-10	12 000	3800	320	-	-	28-11-11	6200	4500	-	150	1
07-12-10	11 000	4400	250	-	-	14-12-11	11000	4100	-	150	1
12-01-11	6600	5000	280	-	-	28-12-11	8300	4700	-	170	1
26-01-11	14000	7000	700	-	-	10-01-12	8600	5400	-	220	1
09-02-11	11000	4700	410	-	-	24-01-12	9500	5300	-	250	1
23-02-11	19000	6700	450	-	-	07-02-12	7400	4900	-	190	2
09-03-11	15000	5100	480	-	-	22-02-12	6900	4700	-	180	2
23-03-11	14000	6200	490	-	-	20-03-12	7600	4900	-	200	2
06-04-11	9100	5500	480	-	-	03-04-12	7300	4200	-	160	2
18-04-11	9600	5000	510	-	-	17-04-12	6300	4200	-	190	1
04-05-11	10000	5100	540	-	-	02-05-12	12000	3800	-	180	1
18-05-11	8100	5000	400	-	-	15-05-12	8100	3900	-	150	1
01-06-11	9400	4800	330	-	-	29-05-12	6400	3900	-	160	1

Quadro A.16: Dados disponibilizados pela ETAR da Silveira.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
13-01-10	23 000	6900	800	-	-	14-04-10	15 000	7300	1000	-	-
20-01-10	19 000	7700	780	-	-	21-04-10	15 000	6400	-	450	1
27-01-10	23 000	6300	780	-	-	28-04-10	18 000	6300	-	500	1
03-02-10	15 000	5300	900	-	-	05-05-10	17 000	6700	-	750	1
10-02-10	15 000	4400	700	-	-	12-05-10	15 000	7200	-	950	1
17-02-10	17 000	6200	720	-	-	19-05-10	15 000	7400	-	930	1
10-03-10	18 000	2800	250	-	-	26-05-10	14 000	8000	-	700	1
31-03-10	16 000	7900	950	-	-	02-06-10	13 000	8100	-	940	1
07-04-10	14 000	8200	950	-	-	09-06-10	13 000	5500	-	980	1

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
16-06-10	13 000	8100	-	950	1	19-04-11	13000	5800	970	-	-
23-06-10	13 000	8200	-	720	1	05-05-11	9700	5300	900	-	-
30-06-10	12 000	7500	-	540	1	11-05-11	9600	5800	960	-	-
07-07-10	14000	7400	600	-	-	19-05-11	7400	3700	650	-	-
14-07-10	12 000	8100	-	650	1	02-06-11	8700	4600	900	-	-
22-07-10	11 000	6700	-	820	1	30-06-11	8300	5100	950	-	-
28-07-10	11 000	8000	-	650	1	14-07-11	8100	5500	900	-	-
04-08-10	10 000	7300	-	730	1	28-07-11	12000	5900	990	-	-
11-08-10	11 000	5300	-	310	1	11-08-11	7100	4600	640	-	-
18-08-10	9 100	5000	-	300	1	25-08-11	9800	5100	720	-	-
01-09-10	12 000	6200	-	320	1	08-09-11	10000	2800	310	-	-
08-09-10	14 000	7700	-	770	1	22-09-11	7800	5000	960	-	-
15-09-10	13 000	6800	-	390	1	06-10-11	9200	4000	700	-	-
22-09-10	14 000	6100	-	660	1	20-10-11	5400	3000	400	-	-
29-09-10	13 000	6400	-	560	1	03-11-11	6500	2900	180	-	-
06-10-10	16 000	5100	-	300	1	17-11-11	2900	2200	150	-	-
13-10-10	12 000	5800	-	300	1	29-11-11	13000	1800	150	-	-
20-10-10	9 100	3800	-	220	1	15-12-11	5200	2800	240	-	-
03-11-10	9 200	5200	830	-	-	29-12-11	3500	2400	240	-	-
10-11-10	8 400	5600	900	-	-	12-01-12	6300	3700	800	-	-
24-11-10	11 000	1900	900	-	-	26-01-12	5000	3300	800	-	-
29-11-10	8 600	4700	800	-	-	09-02-12	3700	2600	400	-	-
06-12-10	9 900	2400	270	-	-	23-02-12	5900	4600	950	-	-
22-12-10	9 200	2800	350	-	-	22-03-12	6600	4800	950	-	-
13-01-11	6400	2600	200	-	-	02-04-12	7700	3700	900	-	-
27-01-11	6500	2700	300	-	-	19-04-12	5300	2900	920	320	1
10-02-11	6600	4000	580	-	-	03-05-12	5500	3100	450	-	-
24-02-11	7300	3600	370	-	-	17-05-12	6600	3200	750	210	1
09-03-11	8100	3500	600	-	-	25-05-12	4900	3800	500	150	1
24-03-11	9700	4900	850	-	-	30-05-12	9200	2800	520	230	1
07-04-11	11000	5100	950	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro A.17: Dados disponibilizados pela ETAR do Turcifal.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V₃₀ (ml/l)	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V₃₀ (ml/l)
06-01-10	18 000	8900	800	06-10-10	16 000	9700	900
13-01-10	20 000	8300	800	13-10-10	16 000	9100	850
20-01-10	14 000	8200	600	20-10-10	10 000	8900	800
27-01-10	14 000	7500	650	27-10-10	15 000	8600	850
03-02-10	14 000	7800	750	10-11-10	19 000	8700	830
10-02-10	17 000	8100	850	17-11-10	12 000	5900	650
17-02-10	18 000	7700	800	29-11-10	14 000	6000	750
24-02-10	21 000	8000	800	06-12-10	16 000	4400	400
03-03-10	15 000	8500	750	22-12-10	11 000	5500	450
10-03-10	18 000	8800	900	27-01-11	15000	7200	750
17-03-10	14 000	8700	900	10-02-11	15000	8100	850
24-03-10	16 000	8300	750	24-02-11	18000	7100	800
31-03-10	12 000	8900	750	09-03-11	13000	7100	750
07-04-10	13 000	8700	850	24-03-11	13000	7300	850
14-04-10	20 000	9000	850	07-04-11	13000	7000	800
21-04-10	16 000	9800	850	19-04-11	17000	8300	900
28-04-10	15 000	9100	900	05-05-11	11000	7900	800
05-05-10	14 000	9400	800	19-05-11	12000	7600	850
12-05-10	14 000	8600	860	02-06-11	11000	8300	850
19-05-10	14 000	8700	760	16-06-11	11000	8400	850
26-05-10	13 000	8600	750	30-06-11	10000	8200	850
02-06-10	16 000	8900	800	14-07-11	14000	6800	650
16-06-10	16 000	8500	610	28-07-11	9800	6400	600
23-06-10	14 000	8800	880	11-08-11	11000	6200	600
30-06-10	15 000	9200	850	25-08-11	7700	4600	500
07-07-10	15 000	9400	850	08-09-11	12000	7600	800
14-07-10	12 000	7700	620	22-09-11	12000	6400	750
22-07-10	12 000	7500	600	06-10-11	7900	5600	650
28-07-10	9 900	7200	650	20-10-11	6300	4900	600
04-08-10	11 000	7700	550	03-11-11	8700	4000	400
18-08-10	13 000	10000	650	17-11-11	7500	4500	350
25-08-10	13 000	9500	750	15-12-11	6900	4800	450
01-09-10	16 000	10000	800	29-12-11	6900	5400	600
08-09-10	14 000	9100	850	12-01-12	9900	4700	650
22-09-10	16 000	8500	850	26-01-12	8300	4200	650
29-09-10	16 000	9500	800	09-02-12	6700	1900	500

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)
23-02-12	5300	2600	700	03-05-12	9900	4000	500
08-03-12	4900	2600	600	17-05-12	7400	4100	550
22-03-12	2900	2200	500	31-05-12	8100	4100	400
19-04-12	7500	3900	550	-	-	-	-

Quadro A.18: Dados disponibilizados pela ETAR de Vila Facaia.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)
06-01-10	4 200	850	100	10-11-10	11 000	5 400	840
13-01-10	5 600	2 300	150	24-11-10	7 600	4 000	850
17-02-10	15 000	3 900	250	29-11-10	8 500	4 900	850
24-02-10	23 000	2 600	120	06-12-10	5 600	3 000	850
03-03-10	9 600	4 600	200	22-12-10	8 200	3 400	800
10-03-10	23 000	6 200	300	13-01-11	8000	4100	850
31-03-10	12 000	6 100	350	27-01-11	6500	3600	850
07-04-10	11 000	4 300	280	10-02-11	6600	4600	950
14-04-10	11 000	4 900	350	24-02-11	5100	3400	600
21-04-10	9 700	4 200	300	09-03-11	5500	3500	750
28-04-10	9 400	4 000	350	24-03-11	6000	4000	850
12-05-10	6 900	4 200	350	07-04-11	5200	3600	800
19-05-10	7 900	4 000	450	19-04-11	4900	3300	850
26-05-10	5 000	2 900	350	05-05-11	3600	2600	750
16-06-10	4 800	4 000	600	19-05-11	3900	2500	700
23-06-10	4 500	3 300	550	02-06-11	4400	2600	750
30-06-10	6 300	3 600	550	16-06-11	4500	2700	750
07-07-10	5 500	3 900	400	30-06-11	5300	3500	750
28-07-10	8 200	4 500	400	14-07-11	6100	3400	800
04-08-10	8 200	5 300	450	28-07-11	4800	3300	600
11-08-10	8 200	5 800	450	11-08-11	5800	3900	800
18-08-10	8 900	6 000	480	25-08-11	6600	4200	850
25-08-10	8 000	5 900	550	08-09-11	5500	3900	700
08-09-10	11 000	6 900	450	22-09-11	6300	4200	700
15-09-10	9 500	7 700	450	06-10-11	5200	3200	400
22-09-10	10 000	7 000	450	20-10-11	6100	3400	600
29-09-10	10 000	6 000	350	03-11-11	5800	2700	400
20-10-10	12 000	5 700	400	17-11-11	12000	3400	350
27-10-10	10 000	5 500	450	29-11-11	7400	3800	450
03-11-10	6 600	5 200	900	14-12-11	6900	4200	650

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)
29-12-11	5300	3300	600	02-04-12	3800	2300	580
12-01-12	3600	1800	300	19-04-12	3200	2000	450
26-01-12	4000	1900	450	03-05-12	3800	1600	280
09-02-12	4200	2100	750	17-05-12	2600	1700	170
23-02-12	5700	2100	800	31-05-12	3200	1600	950
22-03-12	3800	1900	700	-	-	-	-

Quadro A.19: Dados disponibilizados pela ETAR da Atouguia da Baleia.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	V ₃₀ (ml/l)
20-01-10	12 300	7 390	440	08-06-11	13000	6590	260
07-04-10	13 700	8 470	520	22-06-11	11980	5530	310
21-04-10	13 440	6 500	340	08-07-11	10940	6160	400
05-05-10	14 300	7 410	440	22-07-11	11540	5400	340
21-05-10	18 400	6 250	300	05-08-11	12640	6670	240
04-06-10	22 780	6 910	240	17-08-11	15060	5140	260
23-06-10	14 700	6 420	320	31-08-11	16220	5790	290
07-07-10	12 240	6 120	300	14-09-11	15440	5760	300
23-07-10	12 680	7 320	400	28-09-11	14020	5480	290
06-08-10	15 840	5 390	300	14-10-11	14060	4960	260
20-08-10	13 780	6 290	300	28-10-11	13120	6190	300
03-09-10	17 280	6 520	200	11-11-11	13860	5110	280
22-09-10	20 320	5 100	180	07-12-11	13340	5450	350
20-10-10	26 830	7 220	240	23-12-11	14140	5950	320
03-11-10	24 440	6 430	230	06-01-12	12380	6380	340
19-11-10	26 120	5 580	210	20-01-12	10860	5140	280
07-01-11	20900	6000	230	03-02-12	11840	5520	360
21-01-11	19660	7190	290	17-02-12	9600	5450	380
04-02-11	18860	5600	230	02-03-12	11700	6490	320
04-03-11	21680	6670	250	16-03-12	14440	5390	380
18-03-11	18160	5890	210	30-03-12	9480	6260	440
30-03-11	16660	7250	300	13-04-12	9660	5190	380
27-04-11	14300	6030	300	27-04-12	13940	5370	380
11-05-11	12300	6670	280	11-05-12	10300	5740	400
27-05-11	13360	6120	310	25-05-12	15100	6570	320

Quadro A.20: Dados disponibilizados pela ETAR da Nazaré.

Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n	Data	SST (mg/l)	MLSS (mg/l)	VLD ₃₀ (ml/l)	n
09-02-11	9100	4200	320	1	09-11-11	20000	4200	90	1
17-03-11	4800	3400	220	1	16-11-11	13000	4400	130	1
23-03-11	5500	3400	150	1	23-11-11	12000	4600	140	1
30-03-11	5300	3500	180	1	28-11-11	8200	4100	130	1
06-04-11	5000	4600	280	1	07-12-11	12000	3500	120	1
13-04-11	9000	4700	250	1	14-12-11	12000	3800	130	1
26-04-11	9800	3700	260	1	21-12-11	13000	3400	100	1
04-05-11	5400	3800	250	1	28-12-11	16000	2900	70	1
11-05-11	9500	5700	340	1	03-01-12	16000	3200	80	1
19-05-11	10000	4900	340	1	10-01-12	14000	3800	110	1
25-05-11	8600	5900	370	1	17-01-12	18000	2900	120	1
01-06-11	8600	8300	260	1	24-01-12	20000	4400	120	1
08-06-11	6700	5100	260	1	31-01-12	23000	5300	130	1
06-07-11	10000	3500	130	1	07-02-12	29000	4900	100	1
13-07-11	16000	3200	90	1	14-02-12	25000	5700	110	1
20-07-11	14000	3000	90	1	22-02-12	24000	4600	100	1
27-07-11	15000	4300	100	1	28-02-12	20000	4400	90	1
17-08-11	14000	8800	270	1	06-03-12	19000	5000	120	1
24-08-11	11000	11000	320	1	20-03-12	14000	4400	100	1
31-08-11	10000	6400	220	1	27-03-12	14000	4500	140	1
07-09-11	6800	4300	170	1	10-04-12	14000	5200	130	1
14-09-11	9500	5100	250	1	23-04-12	16000	5700	140	1
28-09-11	7800	3000	160	1	08-05-12	25000	5200	180	1
04-10-11	6900	2600	110	1	15-05-12	22000	6000	160	1
12-10-11	8200	2700	90	1	22-05-12	23000	6200	220	1
02-11-11	18000	4300	110	1	-	-	-	-	-

B. Caudal médio afluyente

Quadro B.1: Caudal médio diário afluyente no ano de 2010.

	Qmd (m ³ /d)											
	Jan-10	Fev-10	Mar-10	Abr-10	Mai-10	Jun-10	Jul-10	Ago-10	Set-10	Out-10	Nov-10	Dez-10
Benedita	1601	1569	1176	936	677	705	490	457	571	949	1189	1629
Fervença	4082	4424	4986	4392	3225	3992	3799	3048	2815	3444	3689	4286
Pataias	2187	2345	3095	2413	1355	1136	792	619	511	1305	1478	2625
S. Mart. Porto	2688	3242	3624	2535	1487	1250	1798	2018	986	1773	1577	3153
Carregado	2404	2697	2726	1822	1630	2020	1424	1790	1942	1757	2002	3040
Espiçandeira	1830	2264	1923	1977	1251	1094	909	726	775	1011	1237	2133
Alcoentre	994	1127	1168	1166	847	667	602	637	708	806	849	1067
Painho	214	236	174	140	100	90	76	73	61	134	147	218
Miragaia	139	154	139	144	139	144	139	139	700	677	700	1052
Reg. Grande	184	207	237	231	168	146	128	126	127	194	234	286
Zambujeira	3442	4159	3695	2577	1577	1360	1401	1871	1542	1859	2583	3203
Nazaré	3209	3979	2851	2423	1926	2425	3168	3157	2588	2315	2167	2848
Casalinho	693	280	322	380	301	332	526	596	261	285	187	439
Charneca	5237	7002	6867	6251	4980	3645	3010	3017	2925	3746	5000	6784
Gaeiras	441	587	472	365	233	196	143	126	123	227	323	627
Atoug. Baleia	2241	2481	2584	2233	1671	1730	2048	2375	1761	1902	2052	2900
Rio Maior	2321	3148	3182	2861	2038	2016	1847	1710	1905	2805	3134	4221
Silveira	6251	7108	7800	5465	3950	3425	3340	3613	2789	3390	3781	6287
Turcifal	1245	1363	1310	1248	904	1201	953	896	753	1002	1272	2268
Vila Facaia	439	561	672	675	546	548	471	438	355	462	540	860

Quadro B.2: Caudal médio diário afluyente no ano de 2011.

	Qmd (m ³ /d)											
	Jan-11	Fev-11	Mar-11	Abr-11	Mai-11	Jun-11	Jul-11	Ago-11	Set-11	Out-11	Nov-11	Dez-11
Benedita	1192	1284	697	853	728	519	522	579	624	640	1070	627
Fervença	3799	3613	3712	3672	2898	2745	2764	2789	2530	2468	3305	2923
Pataias	2612	2338	1560	1764	1527	729	647	495	449	539	1544	1215
S. Mart. Porto	2601	3223	1949	2313	1529	1423	1811	1908	1165	1332	2225	1716
Carregado	3070	2990	3799	3747	3606	3493	3172	3287	2834	2788	3571	3065
Espiçandeira	1659	2095	1640	1048	964	800	641	558	622	729	1445	1041
Alcoentre	887	973	831	959	990	772	708	657	629	542	957	670
Painho	165	222	148	139	94	72	64	80	76	97	185	81
Miragaia	952	1059	923	772	773	801	805	807	819	856	1105	912
Reg. Grande	237	272	246	259	231	216	173	208	217	235	351	339
Zambujeira	2497	2779	2125	2198	1691	1515	1641	1739	1603	1395	2673	1980
Nazaré	2308	2600	2260	2683	2275	2371	3018	3991	2627	3208	3958	2374
Casalinho	442	384	284	426	508	245	321	565	87	221	443	173
Charneca	6311	6697	5974	4970	4092	3881	3146	3142	3171	3106	5958	4719
Gaeiras	536	594	420	414	358	271	297	318	298	328	459	348
Atoug. Baleia	2138	2560	2069	2012	1592	1939	2374	2801	1959	1805	2412	1634
Rio Maior	2065	2791	2703	1388	2899	1727	1663	1592	2083	2393	3070	2285
Silveira	6267	6115	5232	4840	4090	3388	3670	3953	2825	2950	5735	4145
Turcifal	2069	2345	1597	1636	1557	1154	1006	846	871	1130	1928	1100
Vila Facaia	771	782	723	707	645	601	535	556	499	546	803	650

Quadro B.3: Caudal médio diário afluyente no ano de 2012 (janeiro – maio).

	Qmd (m³/d)				
	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12
Benedita	651	590	545	711	708
Fervença	2666	2423	2601	2906	2641
Pataias	735	548	447	490	766
S. Mart. Porto	1360	1245	1344	1460	1259
Carregado	2953	2391	2055	2030	2339
Espiçandeira	838	727	698	620	764
Alcoentre	592	494	493	638	703
Painho	58	67	71	96	118
Miragaia	853	894	837	882	917
Reg. Grande	354	277	83	114	140
Zambujeira	1637	1275	1314	1543	1693
Nazaré	2075	1801	2098	2339	2379
Casalinho	112	109	126	173	199
Charneca	3912	3481	3589	4292	4215
Gaeiras	299	292	295	318	327
Atoug. Baleia	1538	1628	1565	1611	1920
Rio Maior	1781	1747	1800	1859	2133
Silveira	3131	2746	2627	2797	3307
Turcifal	1371	1370	1291	1271	1380
Vila Facaia	565	532	568	636	724