



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

FEUP

Avaliação do Contributo do Processo Biológico para a Eficiência de Remoção Global de CQO e CBO₅ na ETAR de Barcelos

(Relatório de Estágio PRODEP)



Autor: Bruno Miguel Fernandes Afonso

Orientadores: Rui A. Boaventura (FEUP)
Carla Sá-Carneiro (EcoBarcelos)

66(047.3)
LEQ 2001/AFOb

Barcelos
Abril 2002



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

Avaliação do Contributo do Processo Biológico para a Eficiência de Remoção Global de CQO e CBO₅ na ETAR de Barcelos

(Relatório de Estágio PRODEP)



Autor: Bruno Miguel Fernandes Afonso

Orientadores: Rui A. Boaventura (FEUP)
Carla Sá-Carneiro (EcoBarcelos)

Barcelos
Abril 2002



66 347-3) / LEQ 2001 / AF06

Universidade do Porto	
Faculdade de Engenharia	
Biblioteca 1	
Nº	90132
CDU	
Data	29.06.2007

AGRADECIMENTOS

Ao longo dos seis meses de estágio, contei com a ajuda de várias pessoas que tornaram possível a sua realização. A elas, aqui fica o meu agradecimento.

Ao Dr. Rui Boaventura, orientador pela FEUP, pelo empenho inicial na concretização do estágio, disponibilidade, apoio teórico e esclarecimento (sempre necessário) de dúvidas.

À Câmara Municipal de Barcelos, em especial ao Exmo. Sr. Presidente Fernando Reis e à Eng.^a Perfeita, pela colaboração inicial na concretização do estágio.

À Dra. Carla Sá-Carneiro e à Eng.^a Joana Silva (EcoBarcelos), orientadoras pela ETAR de Barcelos, pela orientação diária do estágio e apoio teórico, sem esquecer a integração na ETAR.

Gostaria de deixar aqui o meu agradecimento muito especial à Eng.^a Joana Gomes, amiga, colega de curso e de estágio, pela sua ajuda e apoio diários, em muitas ocasiões imprescindível.

Aproveito, também, para agradecer aos operadores da ETAR de Barcelos pela ajuda e integração na ETAR.

A todos, mais uma vez, o meu muito obrigado.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABELAS.....	7
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	8
1. SUMÁRIO.....	9
2. INTRODUÇÃO	10
3. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DE BARCELOS.....	12
3.1 Tratamento da fase líquida	14
3.1.1 Obra de entrada.....	14
3.1.2 Tratamento preliminar.....	15
3.1.2.1 Gradagem.....	15
3.1.2.2 Desarenação/desengorduramento	15
3.1.3 Tanque de homogeneização	16
3.1.4 Tratamento primário	17
3.1.4.1 Câmara de neutralização	17
3.1.4.2 Coagulação Química.....	17
3.1.4.3 Floculação Química	18
3.1.4.4 Decantação primária	19
3.1.5 Tratamento secundário.....	21
3.1.5.1 Tratamento biológico (leitos percoladores)	21
3.1.5.2 Decantação secundária.....	23
3.2 Tratamento da fase sólida.....	24
3.2.1 Espessamento	24
3.2.2 Desidratação mecânica das lamas.....	25
3.2.3 Estabilização das lamas.....	26
4. ETAR's COMPACTAS.....	27
4.1 ETAR de Areias de Vilar	27
4.1.1 Descrição do funcionamento.....	28
4.1.1.1 Tratamento preliminar	28
4.1.1.2 Tratamento primário	29
4.1.1.3 Tratamento secundário.....	29
4.1.1.4 Digestor de lamas	31
4.2 ETAR da Várzea.....	31

4.3 ETAR de S. Romão da Ucha.....	32
4.3.1 Descrição do funcionamento.....	33
4.3.1.1 Tratamento preliminar	33
4.3.1.2 Tratamento primário	33
4.3.1.3 Tratamento secundário	33
5. ESTÁGIO.....	34
5.1 ETAR de Barcelos	38
5.1.1 Processo biológico	40
5.1.2 Aplicação de modelos matemáticos aos leitos percoladores.....	42
5.2 ETAR de Areias de Vilar	45
5.3 ETAR da Várzea.....	49
5.4 ETAR de S. Romão da Ucha.....	52
6. CONCLUSÃO	55
BIBLIOGRAFIA	57
APÊNDICE A – Valores limite de emissão	58
APÊNDICE B – ETAR de Barcelos.....	59
APÊNDICE C – ETAR de Areias de Vilar.....	65
APÊNDICE D – ETAR da Várzea	68
APÊNDICE E – ETAR de S. Romão da Ucha.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Rio Cávado.	11
Figura 2 – Esquema do processo de tratamento da ETAR de Barcelos.	13
Figura 3 – Obra de entrada.	14
Figura 4 – Desarenador/desengordurador.	15
Figura 5 – Tanque de homogeneização.	17
Figura 6 – Coagulação química.	18
Figura 7 – Floculação química.	19
Figura 8 – Decantador primário.	20
Figura 9 – Leitos percoladores.	21
Figura 10 – Enchimento plástico dos leitos percoladores.	22
Figura 11 – Decantador secundário.	23
Figura 12 – Espessador de lamas.	25
Figura 13 – Filtro de bandas: entrada das lamas.	25
Figura 14 – Filtro de bandas.	26
Figura 15 – ETAR de Areias de Vilar.	27
Figura 16 – Grade mecânica da ETAR de Areias de Vilar.	28
Figura 17 – Desarenador e desengordurador da ETAR de Areias de Vilar.	28
Figura 18 – Areias de Vilar : a) Tanque de pré-arejamento; b) Decantador primário.	29
Figura 19 – Tanque de arejamento da ETAR de Areias de Vilar.	29
Figura 20 – Decantador secundário da ETAR de Areias de Vilar.	30
Figura 21 – Digestor de lamas da ETAR de Areias de Vilar.	31
Figura 22 – ETAR da Várzea.	32
Figura 23 – ETAR de S. Romão da Ucha.	32
Figura 24 – CQO no efluente tratado da ETAR de Barcelos.	38
Figura 25 – CBO ₅ no efluente tratado da ETAR de Barcelos.	38
Figura 26 – Eficiência de remoção global de CQO na ETAR de Barcelos.	39
Figura 27 – Eficiência de remoção global de CBO ₅ na ETAR de Barcelos.	39
Figura 28 – Eficiência de remoção de CQO e CBO ₅ do processo biológico.	40
Figura 29 – Biodegradabilidade na ETAR de Barcelos.	41
Figura 30 – CQO e CBO ₅ à saída da ETAR de Areias de Vilar.	45
Figura 31 – Eficiência de remoção global de CBO ₅ na ETAR de Areias de Vilar.	45
Figura 32 – Eficiência de remoção de CQO na ETAR de Areias de Vilar.	46

Figura 33 – CQO e CBO ₅ à saída da ETAR da Várzea.	49
Figura 34 – Eficiência de remoção global de CBO ₅ na ETAR da Várzea.	49
Figura 35 – Eficiência de remoção de CQO na ETAR da Várzea.	50
Figura 36 – CQO e CBO ₅ à saída da ETAR da Ucha.	52
Figura 37 – Eficiência de remoção global de CBO ₅ na ETAR da Ucha.	52
Figura 38 – Eficiência de remoção global de CQO na ETAR da Ucha.	53

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Recolha de amostras na ETAR de Barcelos.....	34
Tabela 2 – Métodos de análise.	35
Tabela 3 – Programa das análises semanais à ETAR de Barcelos.	35
Tabela 4 – Recolha de amostras nas ETAR's compactas.....	36
Tabela 5 – Programa das análises semanais às ETAR's compactas.	37
Tabela 6 – Medições e observações na ETAR de Areias de Vilar.	47
Tabela 7 – Medições e observações na ETAR da Várzea.....	51
Tabela 8 – Medições e observações na ETAR de S. Romão da Ucha.....	54
Tabela A1 – Valores limite de emissão.	58
Tabela A2 – CBO ₅ na ETAR de Barcelos.....	59
Tabela A3 – CQO na ETAR de Barcelos.....	60
Tabela A4 – Sólidos na ETAR de Barcelos.	61
Tabela A5 – pH na ETAR de Barcelos.	63
Tabela A6 – Leito percolador.....	64
Tabela A7 – CBO ₅ e CQO na ETAR de Areias de Vilar.....	65
Tabela A8 – Sólidos na ETAR de Areias de Vilar.	66
Tabela A9 – pH na ETAR de Areias de Vilar.	67
Tabela A10 – CBO ₅ e CQO na ETAR da Várzea.	68
Tabela A11 – Sólidos na ETAR da Várzea.....	69
Tabela A12 – pH na ETAR da Várzea.....	70
Tabela A13 – CBO ₅ e CQO na ETAR de S. Romão da Ucha.	71
Tabela A14 – Sólidos na ETAR de S. Romão da Ucha.....	72
Tabela A15 – pH na ETAR de S. Romão da Ucha.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – Sulfato de alumínio

AB – Água Bruta

EDes – Efluente do Desarenador

EH – Efluente do Tanque de Homogeneização

AD – Afluente ao Decantador primário

ED – Efluente do Decantador primário

ELP – Efluente do Leito Percolador

ET – Efluente Tratado

TA – Tanque de Arejamento

Dig – Digestor de lamas

O_2 – Oxigénio molecular

CBO_5 – Carência Bioquímica de Oxigénio (a 5 dias)

CQO – Carência Química de Oxigénio

SST – Sólidos Suspensos Totais

SSF – Sólidos Suspensos Fixos

SSV – Sólidos Suspensos Voláteis

SS – Sólidos Sedimentáveis

N – Azoto

NO_3 – Nitrato

N-NH_4 – Azoto amoniacal

NTK – Azoto total ou de Kjeldahl

P_{total} – Fósforo total

VLE – Valor Limite de Emissão

NRC – *National Research Council*

1. SUMÁRIO

O presente relatório é fruto do estágio realizado, no âmbito do programa PRODEP, na Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Barcelos entre Setembro de 2001 e Fevereiro de 2002.

O tema do estágio centrou-se no tratamento biológico existente na ETAR de Barcelos, e também nas ETAR's compactas das freguesias de S. Romão da Ucha, Areias de Vilar e da Várzea. Pretendia-se avaliar o contributo do processo biológico para a eficiência global de remoção de CQO e CBO₅ do processo de tratamento da ETAR de Barcelos, e aplicar modelos matemáticos já existentes aos leitos percoladores. Em relação às ETAR's compactas, pretendia-se não só avaliar o contributo do processo biológico, mas também o funcionamento global destas, complementando o estudo com observações e medições "in situ" que, ao mesmo tempo, permitiriam uma melhor familiarização e interiorização dos parâmetros e critérios de funcionamento das ETAR's.

2. INTRODUÇÃO

A água é um bem absolutamente indispensável a todas as formas de vida, sendo fundamental para a qualidade de vida, para a saúde, e para a qualificação ambiental.

Durante muitos anos, a principal preocupação relativamente à água foi a sua produção respeitando condições básicas de higiene. Contudo, as águas foram sendo progressivamente contaminadas devido à actividade industrial e agrícola.

O crescimento industrial, populacional e a melhoria das condições de vida das populações são algumas das razões que justificam o significativo aumento do consumo de água verificado ao longo dos últimos anos.

Este crescimento trouxe, inevitavelmente, um aumento acelerado da poluição atmosférica, contaminação de solos e a poluição das águas.

Durante longos anos, a água utilizada nas indústrias foi descarregada directamente para os rios e ribeiras, com consequências desastrosas para o meio aquático. Uma das indústrias poluidoras é a têxtil, nomeadamente as tinturarias, que usam corantes químicos.

As elevadas temperaturas de descarga que diminuem a solubilidade do oxigénio na água, as enormes cargas, não só de matéria orgânica, mas também de substâncias inorgânicas, prejudicam a vida aquática. Quando em excesso, substâncias como os sulfatos, nitratos, azoto amoniacal, fósforo, ferro, entre outros, prejudicam o crescimento das algas, assim como a vida dos peixes. Em relação à matéria orgânica, dado que a sua biodegradação ocorre naturalmente nos rios, é importante que esta seja parcialmente eliminada antes da sua descarga nos cursos de água, visto que estes não possuem capacidade de degradar tamanhas quantidades.

Existe ainda o perigo da bioacumulação e transferência na cadeia alimentar: ainda que o teor de certos poluentes tóxicos (caso dos metais) seja reduzido, há o perigo de estes se acumularem nos organismos, podendo passar para outros seres através da cadeia alimentar.

Por tudo isto, e poder-se-ia referir mais, a carga poluente existente nas águas residuais industriais e domésticas não pode ser lançada directamente para os cursos de água.

É necessário o tratamento destes efluentes, que permita a sua descarga em concentrações que minimizem o seu impacto no Meio Ambiente.

Actualmente, os processos de tratamento de águas residuais visam remover, entre outros, sólidos suspensos, substâncias inorgânicas e matéria orgânica, através de tratamentos físico-químicos e biológicos.

De recurso inesgotável que as sociedades desperdiçaram ao longo dos tempos, a água tornou-se num bem precioso e escasso. Legislar e gerir a água como produto e serviço é, hoje em dia, um imperativo.

A protecção ambiental deverá ser uma das maiores preocupações do futuro.

No concelho de Barcelos, e com a construção da ETAR, iniciou-se o processo de despoluição do rio Cávado, durante muitos anos o receptor "por excelência" dos efluentes domésticos e industriais.



Figura 1 – Rio Cávado.

3. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DE BARCELOS

A Estação de Tratamento de Águas Residuais de Barcelos, propriedade do município, foi projectada para tratar as águas residuais de origem doméstica e industrial provenientes de parte do concelho de Barcelos.

A construção da ETAR iniciou-se em 1997, tendo sido concluída em 1999, ano em que entrou em funcionamento.

A ETAR de Barcelos localiza-se na freguesia de Vila Frescaíña S. Pedro, concelho de Barcelos, na margem direita do rio Cávado.

A ETAR de Barcelos compreende :

- Um Edifício de Reagentes;
- Um Edifício de Desidratação de Lamas;
- Duas linhas de tratamento em que se sucedem as fases de gradagem, desarenação/desengorduramento, coagulação/floculação química, decantação primária, tratamento biológico em leito percolador e decantação secundária.

Inserido no mesmo recinto da ETAR, existe um edifício de exploração que inclui uma sala de comando e um laboratório de análises.

O efluente é conduzido à estação pelo sistema de drenagem de águas residuais através dos vários interceptores, e estações elevatórias do Barco, Quinta do Aparício, Ribeira das Pontes e Ribeira da Vila.

O efluente a tratar é, maioritariamente, de origem industrial.

O caudal horizonte a tratar, em 2020, é de 23738 m³/dia, sendo a carga orgânica total suportada pela ETAR de 7995 kg CBO₅/d.

Actualmente, a exploração da ETAR está a cargo da empresa *ECOBARCELOS – Tratamento de efluentes, ACE*, responsável, ainda, pela exploração das ETAR's compactas das freguesias de Areias de Vilar, Várzea e de S. Romão da Ucha.

Na figura 2 é apresentado o diagrama do processo de tratamento existente na ETAR de Barcelos, seguindo-se uma descrição detalhada do processo de tratamento das fases líquida e sólida.

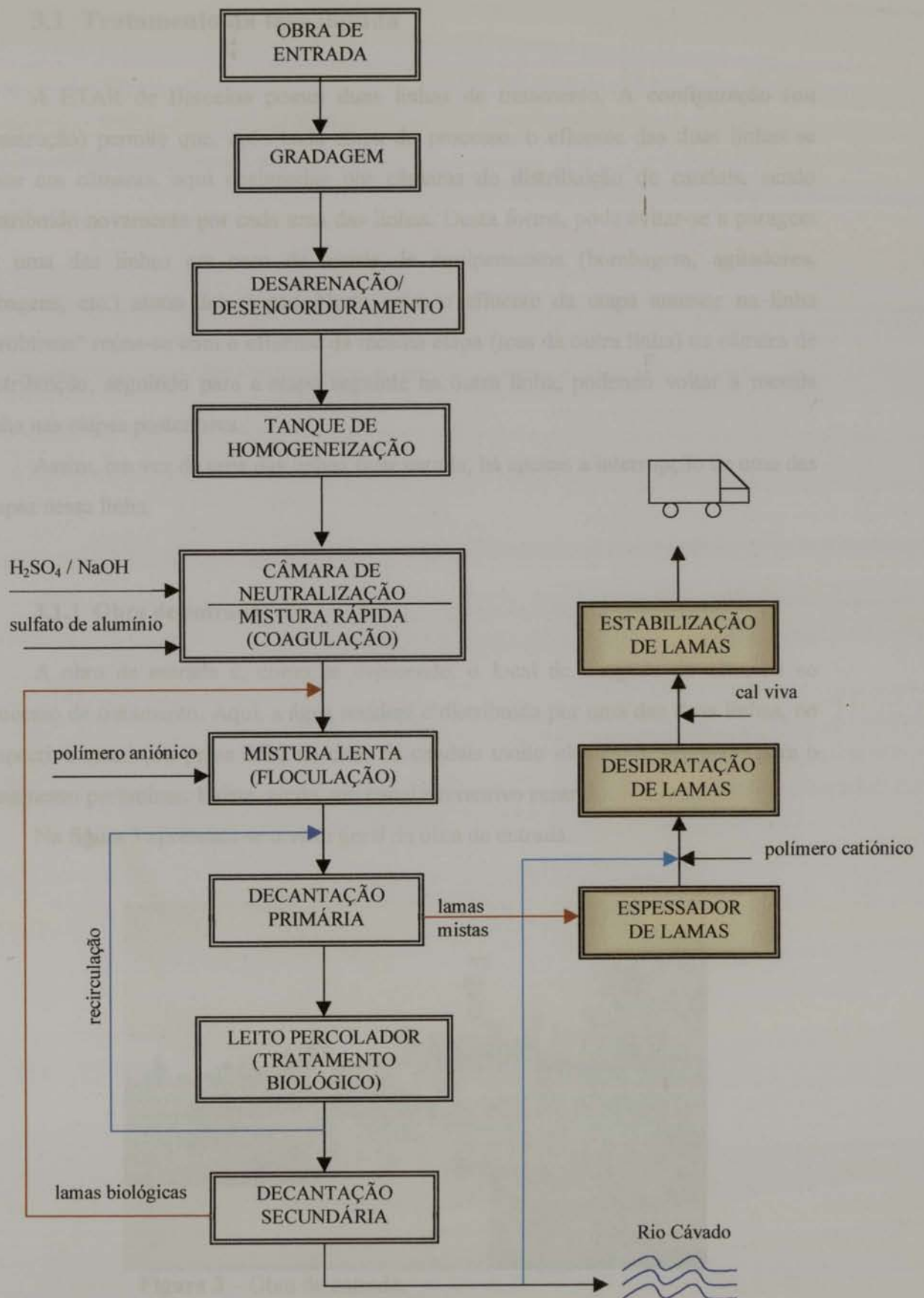


Figura 2 – Esquema do processo de tratamento da ETAR de Barcelos.

3.1 Tratamento da fase líquida

A ETAR de Barcelos possui duas linhas de tratamento. A configuração (ou construção) permite que, após cada etapa do processo, o efluente das duas linhas se junte em câmaras, aqui designadas por câmaras de distribuição de caudais, sendo distribuído novamente por cada uma das linhas. Desta forma, pode evitar-se a paragem de uma das linhas em caso de avaria de equipamentos (bombagem, agitadores, tubagens, etc.) numa das etapas. Neste caso, o efluente da etapa anterior na linha "problema" reúne-se com o efluente da mesma etapa (mas da outra linha) na câmara de distribuição, seguindo para a etapa seguinte na outra linha, podendo voltar à mesma linha nas etapas posteriores.

Assim, em vez de uma das linhas ficar parada, há apenas a interrupção de uma das etapas nessa linha.

3.1.1 Obra de entrada

A obra de entrada é, como se depreende, o local de chegada do afluente ao processo de tratamento. Aqui, a água residual é distribuída por uma das duas linhas, no respectivo canal (ou pelos dois, no caso de caudais muito elevados), seguindo para o tratamento preliminar. Existe, ainda, um canal alternativo central.

Na figura 3 apresenta-se a vista geral da obra de entrada.



Figura 3 – Obra de entrada.

3.1.2 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar tem como objectivo remover sólidos de grandes dimensões, areias, óleos e gorduras. As etapas constituintes são a gradagem e desarenação/desengorduramento.

3.1.2.1 Gradagem

Nesta etapa, a água distribuída pelos canais passa por um sistema de crivos mecânicos com limpeza automática, que retém os sólidos grosseiros, conduzindo-os a uma calha, por onde são transportados até um contentor. Os sólidos retidos são integrados no Sistema Municipal de Recolha de Resíduos Sólidos Urbanos do concelho de Barcelos. No canal central existe uma grade de limpeza manual, alternativa.

3.1.2.2 Desarenação/desengorduramento

Após a gradagem, o efluente dos dois canais segue para uma câmara de distribuição. A partir daqui, a água é encaminhada para um tanque (desarenador) onde se removem as areias, por sedimentação, e óleos e gorduras por flotação.

Cada desarenador tem 3 m de profundidade e 65 m² de área (figura 4).



Figura 4 – Desarenador/desengordurador.

No fundo do tanque, um sistema de difusores de ar (borbulhamento) tem a dupla função de transportar os óleos e gorduras para a superfície e, ao mesmo tempo,

assegurar que apenas as areias sedimentam, mantendo todos os outros sólidos à superfície.

O desarenador possui uma ponte raspadora, com raspadores de fundo e de superfície. O raspador de fundo arrasta as areias sedimentadas para um fosso, enquanto os óleos e gorduras são arrastados pelo raspador de superfície para fora do tanque, sendo posteriormente depositadas num pequeno tanque.

As areias e os óleos e gorduras são depois integrados no Sistema Municipal de Resíduos Sólidos Urbanos.

O efluente do desarenador segue para o tanque de homogeneização.

3.1.3 Tanque de homogeneização

O tanque de homogeneização (figura 5) tem como função a equalização de caudais e concentrações, tendo por base os seguintes objectivos:

- Atenuar flutuações do teor de matéria orgânica, para evitar a sobrecarga dos sistemas biológicos;
- Controlar o pH, minimizando o consumo de ácido ou base;
- Diminuir os caudais máximos afluentes dos sistemas de tratamento físico-químico, compatibilizando-os com as capacidades de bombagem a jusante;
- Garantir uma alimentação contínua aos sistemas biológicos, nos casos em que as águas residuais são produzidas descontinuamente;
- Proporcionar capacidade de armazenagem para uma descarga controlada, de modo a obter uma carga a tratar mais uniforme ao longo do dia;
- Evitar a entrada de concentrações elevadas de substâncias tóxicas nos sistemas de tratamento biológico.

Existem 5 agitadores distribuídos ao longo do tanque.

O volume de homogeneização é de 1043 m³, e o de regularização, 3211 m³.



Figura 5 – Tanque de homogeneização.

3.1.4 Tratamento primário

O tratamento primário tem como objectivo remover sólidos suspensos totais (SST) e também óleos e gorduras que não foram completamente removidos pelo tratamento anterior. Esta remoção é efectuada em decantadores (ditos primários). Contudo, antes de chegar aos decantadores, a água sofre um tratamento físico-químico, referido de seguida.

3.1.4.1 Câmara de neutralização

A água é conduzida do tanque de homogeneização para duas câmaras de neutralização, onde se faz a adição de ácido ou base. Para tal, é usado ácido sulfúrico ou soda cáustica. Esta operação tem como finalidade manter o pH óptimo na câmara de mistura rápida, onde ocorre a coagulação química.

3.1.4.2 Coagulação Química

Após a neutralização, a água irá entrar em duas **câmaras de mistura rápida** (volume unitário 27 m^3), cada uma capaz de tratar 50% do caudal de horizonte do projecto.

Nas câmaras de mistura rápida ocorre a **coagulação química**, recorrendo-se à adição de um reagente coagulante - o sulfato de alumínio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

A presença de partículas sólidas de natureza coloidal, de reduzidas dimensões ($<1\ \mu\text{m}$), e portadoras de carga eléctrica superficial, torna difícil a sua remoção.

O sulfato de alumínio é usado como coagulante, tendo por objectivo aumentar o tamanho das partículas em suspensão, agregando-as em partículas de pequenas dimensões, com vista à sua separação por gravidade (decantação).

Para a armazenagem do sulfato de alumínio líquido existem dois reservatórios cilíndricos verticais.

Com o objectivo de garantir uma rápida mistura do reagente com a água a tratar, cada câmara de mistura rápida está equipada com um agitador.

Perto da saída das câmaras existem medidores de pH que, para além de terem indicação local, também possuem indicação no sistema de supervisão.

Na figura 6 pode ver-se uma das duas câmaras de mistura rápida.



Figura 6 – Coagulação química.

3.1.4.3 Floculação Química

Após a coagulação, a água entra imediatamente em duas **câmaras de mistura lenta** (volume unitário $208\ \text{m}^3$), onde tem lugar a **floculação**. Aqui é adicionado um polímero orgânico aniónico que facilita a agregação das partículas de pequenas dimensões, formando-se flocos maiores e mais estáveis. O polímero é preparado no "Edifício de Reagentes" existente na ETAR.

O tempo de residência na mistura lenta é superior ao da mistura rápida (figura 7).



Figura 7 – Floculação química.

Paralelamente ao processo de coagulação/floculação, as lamas secundárias (ou biológicas) resultantes da decantação secundária são recirculadas descontinuamente para o início da mistura lenta.

3.1.4.4 Decantação primária

O objectivo da decantação é o de conseguir que se depositem as partículas em suspensão na água, quer se trate de partículas presentes na água bruta, quer partículas formadas por acção de um reagente químico adicionado ao tratamento (caso da coagulação/floculação).

Embora a eficiência desta operação esteja associada à carga hidráulica, que traduz o caudal de água a decantar por área de superfície do decantador, existem outros factores que podem interferir no processo, sendo o mais frequente a má formação do floco, no caso da decantação surgir a jusante de um processo de coagulação/floculação (como é o caso da ETAR).

A água proveniente das duas câmaras de mistura lenta é reunida numa câmara de distribuição de caudais, onde chega a recirculação do processo biológico. A água residual é, então, distribuída por dois decantadores.

Os decantadores são circulares, com as paredes de fundo inclinadas, e são dotados de ponte raspadora de fundo e de superfície. O raspador de fundo arrasta as lamas para

um poço, a partir do qual se faz a sua descarga. À superfície, o raspador de superfície remove as espumas e lamas que tenham ascendido à superfície (figura 8).



Figura 8 – Decantador primário.

As lamas formadas no fundo dos decantadores primários são consideradas lamas mistas, uma vez que comportam as lamas primárias e as secundárias (ou biológicas). As lamas mistas são descarregadas descontinuamente para um poço de lamas, donde são enviadas para um espessador.

As lamas acumuladas no espessador são sujeitas a um tratamento, que será referido mais à frente.

Cada decantador primário tem as seguintes dimensões:

- Diâmetro 25 m
- Altura útil 2,5 m
- Área superficial 490,874 m²
- Volume útil 1227,185 m³

3.1.5 Tratamento secundário

O tratamento secundário tem por objectivo remover biologicamente a matéria orgânica dissolvida, converter compostos de azoto (N) e fósforo (P), e eliminar a turvação da água residual.

O tratamento é feito em dois **leitos percoladores (processo de biomassa fixa)**.

3.1.5.1 Tratamento biológico (leitos percoladores)

O efluente proveniente dos dois decantadores primários segue para nova câmara de distribuição, repartindo-se pelos dois leitos percoladores.

Os leitos percoladores, de geometria cilíndrica, são constituídos por um enchimento de um material plástico (favos), através do qual se dá a percolação da água residual. O material plástico serve como suporte para o crescimento do biofilme.

A distribuição do afluente sobre o enchimento é realizada por meio de um distribuidor rotativo. Este é constituído por um cilindro central, donde partem os braços distribuidores, providos de orifícios.

Na base dos leitos há um sistema de drenagem do efluente tratado, e aberturas que permitem a entrada de ar, para que se mantenham condições aeróbias no interior.

Os leitos percoladores operam em **muito alta carga** (figura 9).



Figura 9 – Leitos percoladores.

A matéria orgânica biodegradável presente na água residual é degradada pela população de microorganismos aderentes ao material inerte, onde forma um biofilme.

Na figura 10 pode observar-se o enchimento de material plástico, no qual se forma o biofilme, e a distribuição da água residual pelos braços distribuidores.



Figura 10 – Enchimento plástico dos leitos percoladores.

A matéria orgânica (substrato) é adsorvida e, depois, degradada no filme biológico, onde se dá também a difusão de oxigénio e nutrientes.

No biofilme é possível distinguir três camadas distintas :

- camada externa, onde as células alimentam-se do substrato, nutrientes e O_2 dissolvido;
- camada intermédia aeróbia, onde o substrato e os nutrientes não conseguem chegar, com as células a usarem as suas reservas (respiração endógena);
- camada interior, onde não chega alimento nem O_2 (fermentação gasosa).[1]

À medida que os microorganismos crescem, a espessura do biofilme aumenta, sendo o oxigénio consumido antes de atingir o interior do biofilme. Deste modo, forma-se um ambiente anaeróbio no interior do biofilme, perto da superfície do material inerte. O biofilme separa-se do suporte, fragmentando-se, voltando a crescer novo biofilme.

Cada leito possui as seguintes dimensões:

- Diâmetro 30 m
- Altura 3 m
- Área superficial 706,858 m²
- Volume 2120,575 m³

favos do leito percolador:

- Volume/unidade 6,28E-5 m³
- N.º de peças 1495080
- Volume total 93,89 m³
- Volume (vazios) 2026,68 m³

O efluente proveniente dos dois leitos junta-se numa câmara, sendo parte do efluente, recirculado para a entrada dos decantadores primários. O caudal de recirculação é de 720 m³/h.

O restante efluente é distribuído por dois decantadores secundários.

3.1.5.2 Decantação secundária

Nos decantadores secundários ocorre a remoção gravítica de sólidos provenientes do processo biológico, ou seja, fragmentos de biofilmes.

Na sua configuração, os dois decantadores são semelhantes aos primários, ou seja, tanques de planta circular com as paredes de fundo inclinadas, dotados de ponte raspadora de fundo e de superfície (figura 11).

As lamas depositadas no fundo dos decantadores são descarregadas para um poço de lamas, donde são bombadas descontinuamente para a entrada da mistura lenta.



Figura 11 – Decantador secundário.

Cada decantador secundário tem as seguintes dimensões:

- Diâmetro 30 m
- Altura útil 2,5 m
- Área superficial 706,858 m²
- Volume útil 1767,146 m³

O efluente da decantação secundária constitui o efluente tratado. Este é finalmente descarregado para o rio Cávado.

Parte do efluente tratado é reutilizado no tratamento das lamas, na lavagem das telas.

3.2 Tratamento da fase sólida

O tratamento da fase sólida consiste no espessamento, desidratação e estabilização das lamas formadas no tratamento da fase líquida.

Como já foi referido atrás, as lamas biológicas depositadas nos decantadores secundários são recirculadas para o início da mistura lenta, sendo retidas nos decantadores primários, juntamente com as lamas primárias. As lamas resultantes são designadas por **lamas mistas**.

3.2.1 Espessamento

As lamas mistas, depois de descarregadas para o poço de descarga de lamas, são elevadas deste para um espessador, entrando neste pela parte superior.

O espessador tem como função concentrar (tornar mais espessas) as lamas. A sua acção é semelhante à de um decantador.

O espessador é um reservatório circular, com agitador no interior e paredes de fundo inclinadas, tendo 15 m de diâmetro (figura 12).



Figura 12 – Espessador de lamas.

No caso de o espessador ficar cheio, o sobrenadante é recirculado graviticamente para o início do tratamento físico-químico.

3.2.2 Desidratação mecânica das lamas

As lamas seguem do espessador para o "Edifício de Desidratação de Lamas". A desidratação é feita em dois **filtros de bandas** (figuras 13 e 14).

Às lamas provenientes do espessador é adicionado um polímero orgânico catiónico, sendo de seguida distribuídas pelos dois filtros de bandas, entrando nestes pela parte superior (figura 13).



Figura 13 – Filtro de bandas: entrada das lamas.

A acção dos filtros de bandas consiste em remover parte da água existente nas lamas. As lamas são prensadas à medida que se deslocam nos tapetes (telas) dos filtros de bandas (figura 14).



Figura 14 – Filtro de bandas.

À saída dos filtros de bandas, obtém-se uma lama com um teor de sólidos de cerca de 15-16 %.

A água recuperada durante este processo é encaminhada graviticamente para a entrada das câmaras de neutralização, ou seja, para o início do tratamento físico-químico da água residual.

3.2.3 Estabilização das lamas

A última etapa do tratamento da fase sólida consiste na estabilização das lamas desidratadas com cal viva. A cal viva é armazenada num silo.

A lama obtida – **lama estabilizada** – é utilizada como fertilizante na agricultura, podendo, também, ser depositada em aterro.

4. ETAR's COMPACTAS

Com o intuito de tratar as águas residuais das freguesias do concelho de Barcelos, estão em funcionamento ETAR's, vulgarmente designadas por ETAR's compactas ou mini-ETAR's, nalgumas dessas freguesias.

Estas ETAR's têm capacidade para tratar as águas residuais de populações com cerca de 2500 habitantes.

A seguir apresentam-se as ETAR's das freguesias de Areias de Vilar, da Várzea e de S. Romão da Ucha.

4.1 ETAR de Areias de Vilar

A mini-ETAR de Areias de Vilar trata as águas residuais de origem doméstica daquela freguesia. O afluente chega graviticamente à estação.

Visualmente, a ETAR tem o aspecto de um grande contentor, estando parcialmente enterrada no solo (figura 15).

O tratamento efectuado nesta mini-ETAR é semelhante ao de qualquer ETAR, com a diferença de que, aqui, tudo é mais pequeno. Com excepção da gradagem mecânica, as restantes etapas ocorrem no interior do referido "contentor".



Figura 15 – ETAR de Areias de Vilar.

A seguir descreve-se o processo de tratamento desta ETAR.

4.1.1 Descrição do funcionamento

4.1.1.1 Tratamento preliminar

A primeira etapa do processo consiste na remoção de sólidos grosseiros. Para tal existe uma grade mecânica que remove os sólidos retidos para um pequeno contentor (figura 16). Existe, ainda, um canal alternativo.



Figura 16 – Grade mecânica da ETAR de Areias de Vilar.

Os sólidos removidos são, depois, integrados nos resíduos da ETAR de Barcelos.

A água residual segue graviticamente para a mini-ETAR, entrando no desarenador. Aqui removem-se as areias e outras partículas inertes. Segue-se o desengordurador, onde se removem as gorduras (figura 17).



Figura 17 – Desarenador e desengordurador da ETAR de Areias de Vilar.

4.1.1.2 Tratamento primário

Após estas etapas, a água residual passa por um tanque de **pré-arejamento** (figura 18a). Neste tanque dá-se uma primeira degradação da matéria orgânica (processo de lamas activadas). O tanque possui um sistema de difusores no fundo que mantém o meio em agitação e em condições aeróbias.

O efluente do pré-arejamento segue para o decantador primário, onde os sólidos sedimentáveis são removidos, quer os sólidos existentes na própria água residual, quer a biomassa formada no pré-arejamento (figura 18b).



a)



b)

Figura 18 – Areias de Vilar : a) Tanque de pré-arejamento; b) Decantador primário.

4.1.1.3 Tratamento secundário

Nesta etapa pretende-se eliminar a matéria orgânica presente na água. O tratamento é o chamado processo de **lamas activadas**, e ocorre no **tanque de arejamento** (TA) – figura 19.



Figura 19 – Tanque de arejamento da ETAR de Areias de Vilar.

O processo de lamas activadas consiste num reaktor biológico aeróbio e agitado em que os microorganismos presentes, particularmente os químio-heterotróficos, utilizam a matéria orgânica como fonte de carbono para a síntese de novo material celular, e como fonte de energia necessária à manutenção, crescimento e reprodução das células. Os microorganismos necessitam, também, de nutrientes inorgânicos como o azoto e o fósforo.

Os microorganismos aglomeram-se em bioflocos, constituindo a **biomassa** ou **lama biológica**.

O tanque de arejamento possui um sistema de difusores de ar no fundo que mantém o meio em agitação, bem como as necessárias condições aeróbias.

Depois do processo biológico, a água residual passa para o decantador secundário (figura 20), onde a lama biológica é separada, por gravidade, do efluente depurado.



Figura 20 – Decantador secundário da ETAR de Areias de Vilar.

A recirculação de biomassa do decantador secundário para o tanque de arejamento permite manter uma concentração suficiente de microorganismos no seu interior.

O efluente clarificado segue em direcção ao rio Cávado.

4.1.1.4 Digestor de lamas

A ETAR de Areias de Vilar possibilita a digestão das lamas biológicas. Ao digestor chega biomassa do tanque de arejamento e do decantador primário (figura 21).



Figura 21 – Digestor de lamas da ETAR de Areias de Vilar.

O digestor possui um sistema de difusores de ar no fundo que mantém o meio em agitação e as necessárias condições aeróbias.

A digestão das lamas consiste na auto-oxidação dos microorganismos. A falta de substrato (alimento) leva os microorganismos a entrarem na fase de respiração endógena, em que metabolizam o seu próprio protoplasma. Não havendo alimento, os microorganismos oxidam certos constituintes celulares e substâncias de reserva. Quando estas se esgotam, as células podem consumir o seu próprio RNA, proteínas e aminoácidos livres.[1]

A massa líquida resultante é integrada no tratamento, passando para o tanque de pré-arejamento. Aqui, os nutrientes das células mortas servem de alimento às células vivas. Mensalmente, a lama digerida é recolhida e integrada na ETAR de Barcelos.

4.2 ETAR da Várzea

A mini-ETAR da Várzea (figura 22) trata as águas residuais domésticas daquela freguesia. Esta ETAR é igual à de Areias de Vilar, estando pousada no solo.

O tratamento das águas residuais é o mesmo, com excepção da grade mecânica, que não existe. O afluente chega graviticamente a um poço, onde existe um crivo que retém os sólidos grosseiros, sendo depois bombeado para a estação.

O efluente depurado segue para um ribeiro, afluente do rio Cávado.



Figura 22 – ETAR da Várzea.

4.3 ETAR de S. Romão da Ucha

A ETAR existente na freguesia de S. Romão da Ucha trata as águas residuais domésticas daquela freguesia (figura 23).

Esta mini-ETAR é diferente das anteriores. Para além da gradagem mecânica, também efectuada fora do contentor, a ETAR possui apenas o decantador primário, dois tanques de arejamento e o decantador secundário. Não existem, portanto, o desarenador e desengordurador, e o digestor de lamas.



Figura 23 – ETAR de S. Romão da Ucha.

4.3.1 Descrição do funcionamento

4.3.1.1 Tratamento preliminar

A primeira etapa do processo consiste na remoção de sólidos grosseiros. Para tal existe uma grade mecânica que remove os sólidos retidos para um pequeno contentor. Há, também, um canal alternativo.

Os sólidos removidos são integrados nos resíduos da ETAR de Barcelos.

4.3.1.2 Tratamento primário

A água residual segue graviticamente para a mini-ETAR, entrando no decantador primário, onde os sólidos, suspensos e sedimentáveis, são removidos.

4.3.1.3 Tratamento secundário

A remoção de matéria orgânica é feita também pelo processo de lamas activadas.

A mini-ETAR de S. Romão da Ucha contém dois tanques de arejamento. No entanto, devido ao baixo caudal, apenas o 2º tanque está em funcionamento. O efluente do decantador passa para o tanque de arejamento através de um "by-pass". O tanque de arejamento possui um agitador designado por agitador de tornado, que assegura a mistura e a existência de condições aeróbias, e provoca uma corrente no fundo que impede a acumulação de lamas.

O efluente do TA segue para o decantador secundário, onde se separam as lamas biológicas do efluente depurado. A recirculação de biomassa do decantador secundário para o tanque de arejamento permite manter uma concentração suficiente de microorganismos no seu interior. A lama biológica em excesso depositada no decantador secundário é purgada para o decantador primário. Este funciona como reservatório das lamas.

Mensalmente, as lamas depositadas no decantador primário são recolhidas e integradas no processo de tratamento da ETAR de Barcelos.

O efluente tratado é descarregado para um pequeno ribeiro perto da ETAR.

5. ESTÁGIO

Ao longo dos seis meses do estágio, e no laboratório da ETAR de Barcelos, efectuei o controlo analítico da ETAR de Barcelos e das ETAR's compactas de Areias de Vilar, da Várzea, e de S. Romão da Ucha.

No caso da ETAR de Barcelos, as análises eram efectuadas três vezes por semana. As amostras eram recolhidas nas várias etapas do processo, desde a entrada até à saída.

Na tabela 1 indicam-se os pontos de recolha das amostras.

Tabela 1 – Recolha de amostras na ETAR de Barcelos.

Local	Tipo de amostra
Entrada na ETAR (Água bruta - AB)	amostra composta de 24h, conservada a 4°C
Saída do desarenador/desengordurador (Efluente do desarenador - EDes)	amostra pontual
Saída do tanque de homogeneização (Efluente do t. homogeneização - EH)	amostra pontual
Entrada do decantador primário (Afluente ao decantador 1º - AD)	amostra pontual
Saída do decantador primário (Efluente do decantador 1º - ED)	amostra pontual
Saída do leito percolador (Efluente do leito percolador - ELP)	amostra pontual
Saída da ETAR (Efluente tratado - ET)	amostra composta de 24h, conservada a 4°C

As análises consistiam na medição do pH e da temperatura, na determinação da carência química de oxigénio (CQO) e carência bioquímica de oxigénio, a 5 dias, (CBO₅), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF) e sólidos suspensos voláteis (SSV).

Mensalmente, foram feitas análises aos teores de nitratos (NO₃), azoto amoniacal (N-NH₄), azoto total ou de Kjeldahl (NTK), e fósforo total (P_{total}), à entrada e saída do processo.

Os métodos de análise usados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Métodos de análise.

Determinação	Método de análise
pH	Método Electrométrico <i>Standard Methods</i> nº 4500 B (19ª edição)
CQO	Método Colorimétrico de Refluxo Fechado <i>Standard Methods</i> nº 5220 D (19ª edição)
CBO ₅	Método Manométrico
SST	Método dos Sólidos Suspensos Totais secos a 103-105 °C <i>Standard Methods</i> nº 2540 D (19ª Edição)
SSF/SSV	Método dos Sólidos Suspensos Fixos e Voláteis Calcinaados a 550 °C <i>Standard Methods</i> nº 2540 E (19ª Edição)
N-NO ₃	Método da Brucina
N-NH ₄	Método Titulimétrico <i>Standard Methods</i> nº 4500-NH ₄ E (19ª Edição)
NKT	Método Semi-Micro-Kjeldahl <i>Standard Methods</i> nº 4500-C (19ª Edição)
P _{total}	Método Colorimétrico do Ácido vanadomolibdo fosfórico <i>Standard Methods</i> nº 4500-P (19ª Edição)

Na tabela 3 pode observar-se o programa das análises semanais à ETAR de Barcelos.

Tabela 3 – Programa das análises semanais à ETAR de Barcelos.

	2ª feira	4ª feira	6ª feira
pH, T	AB, ET	AB, EDes, EH, AD, ED, ELP, ET	AB, EDes, EH, AD, ED, ELP, ET
CQO	AB, ET	AB, EH, ED, ET	AB, EH, ED, ET
CBO₅	-	AB, EH, ED, ET	AB, EH, ED, ET
SST, SSF/SSV	AB, ET	AB, EDes, EH, AD, ED, ELP, ET	AB, EDes, EH, AD, ED, ELP, ET

Semanalmente, a fase sólida era analisada no que respeita ao pH e ao teor de sólidos (em %). Assim, foram analisadas amostras das lamas mistas, lamas secundárias, lamas espessadas, lamas desidratadas e lamas estabilizadas.

Mensalmente, amostras dos efluentes das indústrias ligadas à ETAR de Barcelos foram analisadas no que respeita ao pH, temperatura, sólidos suspensos totais, fixos e voláteis, CQO e CBO₅.

A partir de meados de Novembro de 2001, iniciei o controlo diário da dosagem de sulfato de alumínio e do pH na coagulação química. Juntamente com um operador da ETAR de Barcelos, o caudal de Al₂(SO₄)₃ era acertado em função do caudal afluente ao tratamento físico-químico, no sentido de se obter a dosagem pretendida. Na câmara de neutralização, o caudal de ácido sulfúrico era também ajustado para se conseguir o pH óptimo (5,70) no tanque de mistura rápida.

No caso das ETAR's compactas, as análises eram efectuadas uma vez por semana. As amostras eram recolhidas nas várias etapas do processo, desde a entrada até à saída.

Na tabela 4 indicam-se os pontos de recolha das amostras nas ETAR's compactas.

Tabela 4 – Recolha de amostras nas ETAR's compactas.

Local	Tipo de amostra
Água bruta (AB)	amostra pontual
Efluente do decantador 1º (ED)	amostra pontual
Tanque de Arejamento (TA)	amostra pontual
Efluente tratado (ET)	amostra pontual
Digestor de lamas (Dig) *	amostra pontual

* excepto a ETAR de S. Romão da Ucha

O programa das análises semanais às ETAR's compactas, onde é acrescentado a determinação dos sólidos sedimentáveis (SS) em cone Imhoff, encontra-se na tabela 5.

Tabela 5 – Programa das análises semanais às ETAR's compactas.

	Areias de Vilar	Várzea	S. Romão da Ucha
pH, T	AB, ED, TA ET, Dig	AB, ED, TA ET, Dig	AB, TA, ET
CQO	AB, ED, ET	AB, ED, ET	AB, ET
CBO₅	AB, ET	AB, ET	AB, ET
SST, SSF/SSV	AB, ED, TA ET, Dig	AB, ED, TA ET, Dig	AB, TA, ET
SS	TA, Dig	TA, Dig	TA

Mensalmente, tal como para a ETAR de Barcelos, efectuaram-se análises aos teores de nitratos (NO_3), azoto amoniacal (N-NH_4), azoto total ou de Kjeldahl (NTK), e fósforo total (P_{total}), à entrada e saída do processo de tratamento nas mini-ETAR's.

Entre Janeiro e Fevereiro de 2002, efectuei medições e observações nas três ETAR's compactas, nomeadamente medição de temperatura, pH, O_2 dissolvido, e também o teste do cone Imhoff ao licor misto dos tanques de arejamento e digestores. Para além disto, foram feitas observações gerais sobre o funcionamento geral, não só dos tanques de arejamento e digestores, mas também dos decantadores (aspecto visual, efluente, existência ou não de espumas, côr, etc.).

A seguir será apresentada com pormenor a análise do funcionamento da ETAR de Barcelos, nomeadamente do processo biológico, no que respeita à remoção de matéria orgânica, e a aplicação de modelos matemáticos ao funcionamento dos leitos percoladores. Segue-se, depois, a análise global ao funcionamento das ETAR's compactas, complementada com as medições e observações efectuadas nestas.

5.1 ETAR de Barcelos

A partir do controlo analítico processual da ETAR de Barcelos, foi possível seguir a evolução da CQO no efluente tratado, entre Setembro de 2001 e Fevereiro de 2002 (figura 24). Na mesma figura pode comparar-se a CQO com o seu Valor Limite de Emissão (VLE).

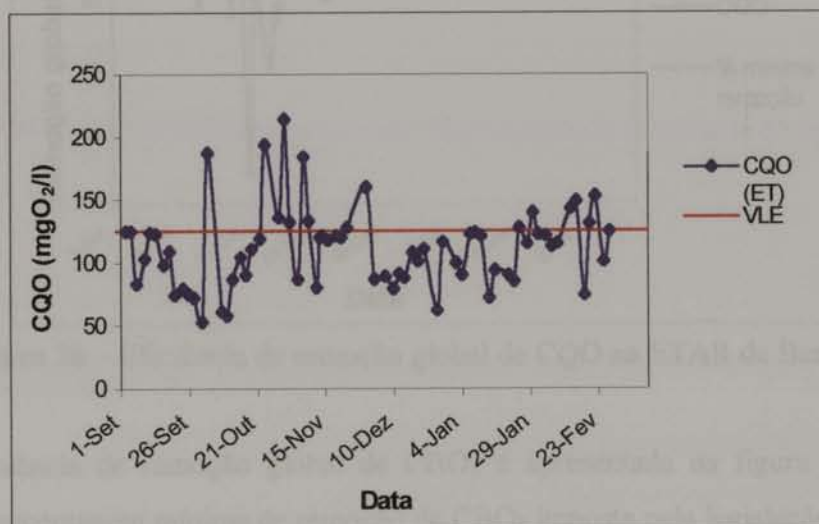


Figura 24 – CQO no efluente tratado da ETAR de Barcelos.

Da mesma forma, a figura 25 apresenta a evolução da CBO₅ ao longo dos seis meses.

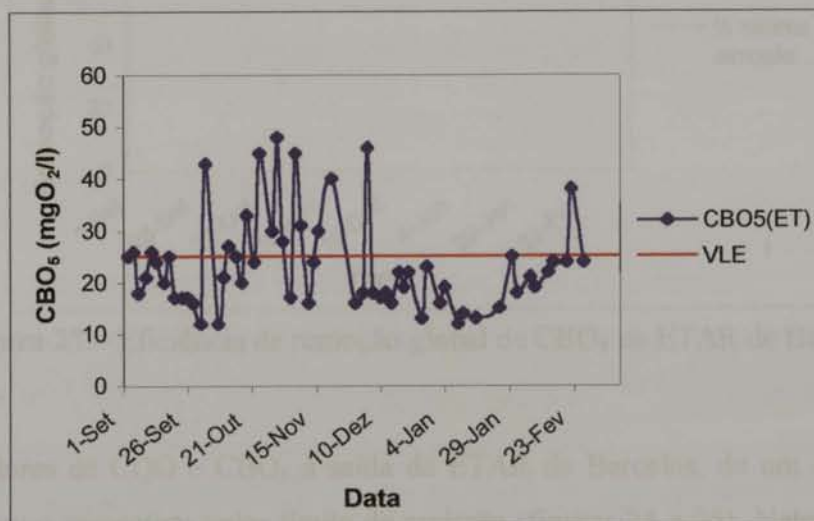


Figura 25 – CBO₅ no efluente tratado da ETAR de Barcelos.

Na figura 26 pode observar-se a remoção global de CQO (entre a entrada e a saída do processo de tratamento), comparada com a percentagem mínima de remoção.

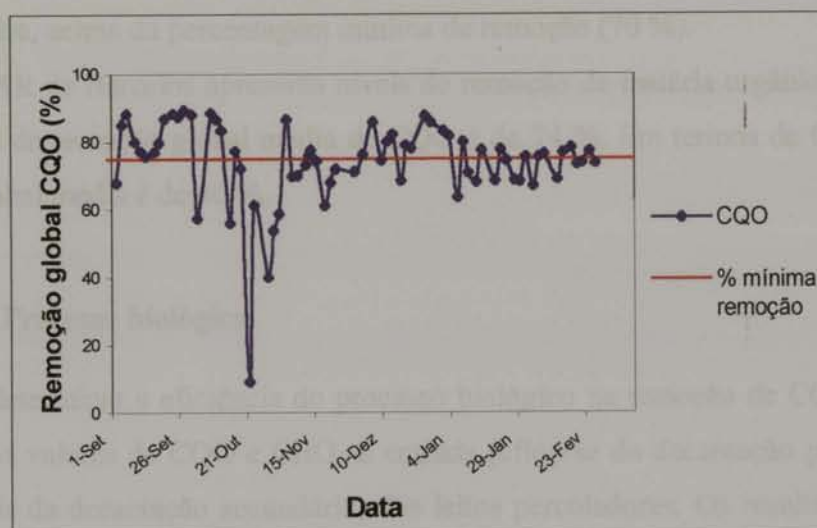


Figura 26 – Eficiência de remoção global de CQO na ETAR de Barcelos.

A eficiência de remoção global de CBO_5 é apresentada na figura 27, onde é indicada a percentagem mínima de remoção de CBO_5 imposta pela legislação.



Figura 27 – Eficiência de remoção global de CBO_5 na ETAR de Barcelos.

Os valores de CQO e CBO_5 à saída da ETAR de Barcelos, de um modo geral, cumprem com o respectivo valor limite de emissão (figuras 24 e 25). Nalguns dias, os dois parâmetros excederam o respectivo VLE ($\text{CQO} = 125$ e $\text{CBO}_5 = 25 \text{ mgO}_2/\text{l}$).

Pode verificar-se, pela figura 26, que a remoção global de CQO ronda o valor mínimo de remoção (75 %), embora apresente frequentemente valores abaixo deste. Já a CBO₅ apresenta boas eficiências de remoção global, situando-se, na grande maioria dos dias de análise, acima da percentagem mínima de remoção (70 %).

A ETAR de Barcelos apresenta níveis de remoção de matéria orgânica razoáveis. A eficiência de remoção global média de CQO é de 74 %. Em termos de CBO₅, a sua remoção global média é de 86 %.

5.1.1 Processo biológico

Para determinar a eficiência do processo biológico na remoção de CQO e CBO₅, usaram-se os valores de CQO e CBO₅ à entrada (efluente da decantação primária) e à saída (depois da decantação secundária) dos leitos percoladores. Os resultados obtidos são apresentados na figura 28.

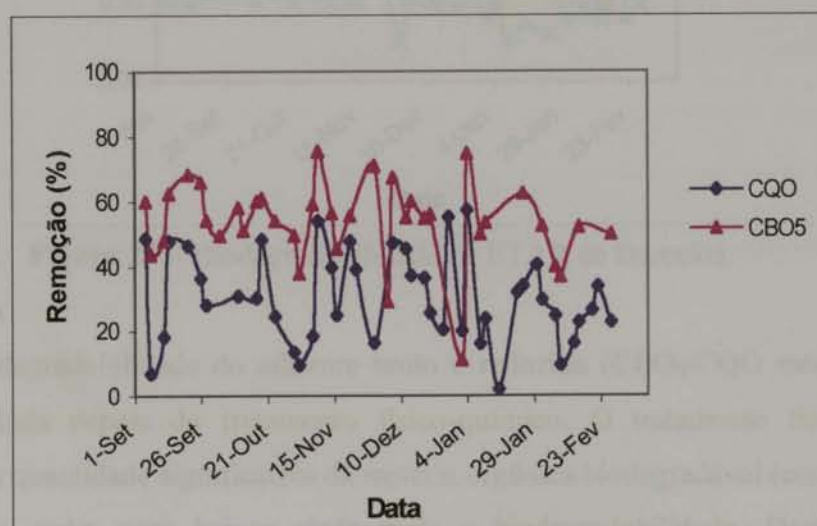


Figura 28 – Eficiência de remoção de CQO e CBO₅ do processo biológico.

É notória alguma oscilação na eficiência dos leitos percoladores.

Como se pode constatar pela figura 28, o processo biológico apresenta eficiências de remoção de CBO₅ não muito satisfatórias, inferiores ao que seria desejado. De acordo com referências bibliográficas, leitos percoladores a operar em muito alta carga apresentam remoções de CBO₅ entre 65 a 80 %.

No caso da ETAR de Barcelos, os leitos percoladores apresentam uma eficiência de remoção média de CBO₅ de cerca de 54 %. Esta remoção de matéria orgânica

biodegradável relativamente modesta reflecte-se na remoção da matéria orgânica (CQO) presente na água residual. Analisando a figura 28, verificam-se baixas eficiências de remoção de CQO no processo biológico. A remoção média de CQO nesta etapa é de cerca de 30 %.

Uma possível explicação poderá ser a reduzida biodegradabilidade do efluente a tratar.

A figura 29 mostra a biodegradabilidade do efluente a tratar em diferentes pontos do processo.

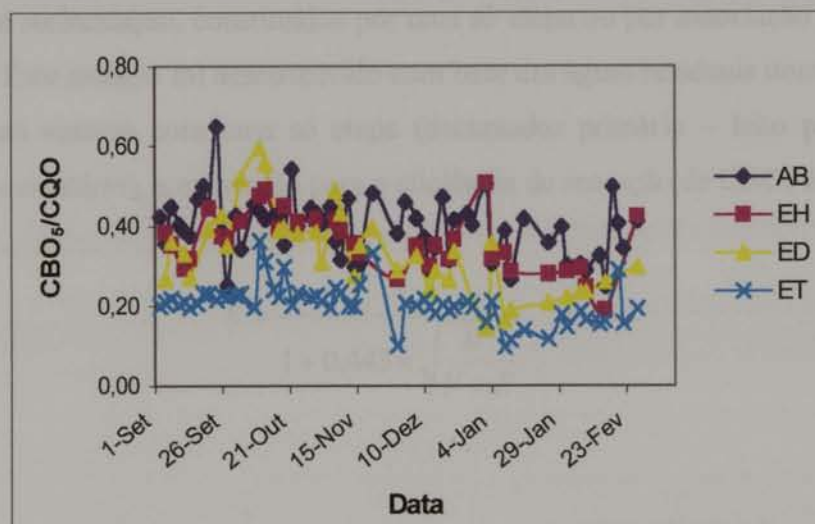


Figura 29 – Biodegradabilidade na ETAR de Barcelos.

A biodegradabilidade do afluente bruto é reduzida (CBO_5/CQO média = 0,40), baixando ainda depois do tratamento físico-químico. O tratamento físico-químico elimina uma quantidade significativa da matéria orgânica biodegradável (cerca de 68%), contribuindo assim para baixar ainda mais a biodegradabilidade. Deste modo, a biodegradabilidade do afluente ao processo biológico é bastante baixa (CBO_5/CQO média = 0,33). Como resultado, os microorganismos parecem não ter capacidade para degradar matéria orgânica numa água residual pouco biodegradável.

É de referir, ainda, que o facto das amostras à entrada e saída (depois da decantação) dos leitos percoladores serem recolhidas de forma diferente pode ter alguma influência nos valores obtidos.

Devido a esta ineficácia do tratamento biológico, o tratamento físico-químico é o que tem dado o maior contributo na remoção de matéria orgânica, com uma eficiência de remoção média de CQO de cerca de 65 %, e de 68 % para a CBO_5 .

5.1.2 Aplicação de modelos matemáticos aos leitos percoladores

Um dos objectivos do estudo consistia na aplicação de modelos matemáticos já existentes ao funcionamento dos leitos percoladores, no sentido de encontrar um modelo que os descreva.

Os modelos usados são apresentados de seguida.

- **Modelo NRC (*National Research Council*)**

O modelo NRC aplica-se a enchimentos convencionais como brita, godo, em sistemas com recirculação, constituídos por uma só etapa ou por associação em série de duas etapas. Este modelo foi desenvolvido com base em águas residuais domésticas.

Para um sistema com uma só etapa (decantador primário – leito percolador – decantador secundário), a expressão para a eficiência de remoção de CBO_5 é :

$$E = \frac{1}{1 + 0,443 \times \sqrt{\frac{W}{V \times F}}} \quad (1)$$

sendo

E = eficiência de remoção de CBO_5 ($0 \leq E \leq 1$) a 20 °C, incluindo recirculação e decantação

W = carga de CBO_5 no efluente a tratar (kg/d)

V = volume do leito (m^3)

$$F = \frac{1 + r}{(1 + 0,1r)^2}$$

r = razão de recirculação (Q_r/Q_a)

A expressão (1) é do tipo $E = \frac{1}{1 + \alpha A}$,

com $A = \sqrt{\frac{W}{V \times F}}$ e α , uma constante função do tipo de água a tratar.

Linearizando a expressão, obtém-se uma equação de uma recta, em que o declive

$$\text{é } \alpha: \frac{1}{E} = 1 + \alpha A$$

Deste modo, a partir das eficiências experimentais e cargas mássicas e razões de recirculação diárias, seria possível determinar a constante α para o caso de águas residuais domésticas e industriais, e uma expressão para o desempenho do processo biológico, através de regressão linear.

Contudo, os resultados obtidos não permitiram ajustar os valores experimentais a uma recta. Isto porque para cargas mássicas semelhantes registaram-se eficiências de remoção de CBO_5 bastante diferentes, o que invalidou qualquer tentativa para obter uma equação válida.

• Modelo de Eckenfelder

O modelo de Eckenfelder para enchimento de material plástico propõe a seguinte expressão :

$$\frac{s_e}{s_a} = \exp\left(-\frac{K \times H}{C_{hs}^n}\right) \quad (2)$$

em que

s_e = CBO_5 à saída do leito

H = altura do leito

s_0 = CBO_5 à entrada do leito

C_{hs} = carga hidráulica superficial

K = constante

n = constante empírica

Após linearização da expressão (2) obtém-se :

$$\ln(-A) = \ln(KH) - n \ln(C_{hs})$$

$$\text{com } A = \ln\left(\frac{s_e}{s_0}\right)$$

Representando $\ln(-A)$ em função de $\ln(C_{hs})$, e através de regressão linear, obtém-se o valor de n e K .

Também aqui, e pelas razões apontadas no modelo NRC, os resultados experimentais não permitiram obter uma relação válida entre a eficiência e a carga hidráulica superficial

- **Modelo de Germain e Schultz**

Este modelo para enchimento de material plástico propõe a seguinte expressão :

$$\frac{s_e}{s_a} = \exp\left(-\frac{K_{20} \times H}{C_{hs}^n}\right) \quad (3)$$

sendo

K_{20} = constante de tratabilidade para um leito de altura H, a 20 °C.

A expressão do modelo de Germain-Schultz é equivalente à de Eckenfelder. Também neste caso foi impossível obter uma equação válida.

5.2 ETAR de Areias de Vilar

O afluente à ETAR de Areias de Vilar apresenta uma biodegradabilidade (CBO_5/CQO) razoável, situando-se na maior parte dos dias acima de 0,40 (apêndice C, tabela A7). A biodegradabilidade média do afluente é de 0,52.

A partir do controlo analítico processual, seguiu-se a evolução da CQO e CBO_5 no efluente tratado da ETAR de Areias de Vilar, entre Setembro de 2001 e Fevereiro de 2002. Na figura 30 podem comparar-se os dois parâmetros com o respectivo VLE.

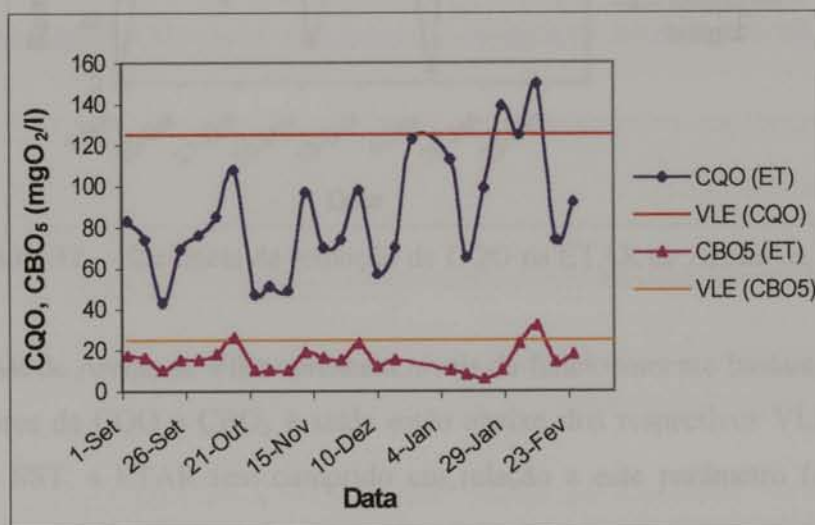


Figura 30 – CQO e CBO_5 à saída da ETAR de Areias de Vilar.

Com os valores de CBO_5 à entrada e saída da estação, determinou-se a eficiência de remoção global de matéria orgânica biodegradável (figura 31).

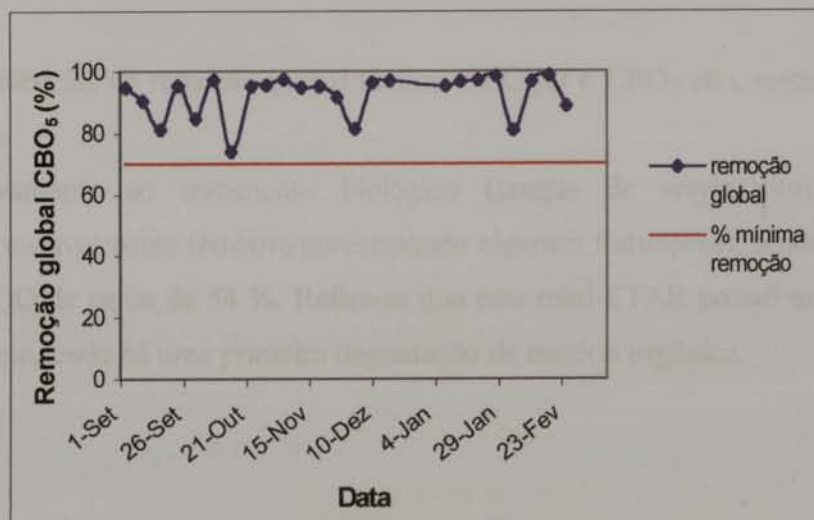


Figura 31 – Eficiência de remoção global de CBO_5 na ETAR de Areias de Vilar.

Do mesmo modo, a figura 32 mostra a eficiência de remoção global de CQO, juntamente com a eficiência do processo biológico.

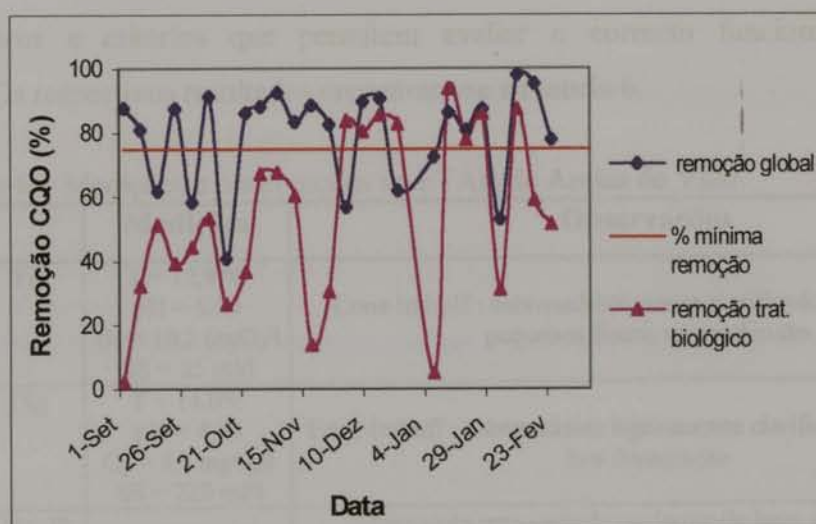


Figura 32 – Eficiência de remoção de CQO na ETAR de Areias de Vilar.

A ETAR de Areias de Vilar apresenta níveis de funcionamento bastante razoáveis.

Os teores de CQO e CBO₅ à saída estão abaixo dos respectivos VLE's. No que respeita aos SST, a ETAR tem cumprido em relação a este parâmetro (apêndice C, tabela A8).

Como se observa pela figura 31, a eficiência de remoção global de CBO₅ desta estação está sempre acima da percentagem mínima de remoção (70%). Em termos de CQO, a eficiência de remoção global tem oscilado um pouco à volta da % mínima de remoção (75%), o que não tem afectado significativamente os valores à saída do tratamento.

As eficiências de remoção global médias de CQO e CBO₅ são, respectivamente, 79 % e 92 %.

Relativamente ao tratamento biológico (tanque de arejamento), este tem funcionado razoavelmente (embora apresentando algumas flutuações), sendo a remoção média de CQO de cerca de 54 %. Refira-se que esta mini-ETAR possui um tanque de pré-arejamento, onde há uma primeira degradação de matéria orgânica.

Entre os meses de Janeiro e Fevereiro, foram efectuadas algumas medições e observações nesta mini-ETAR, com o propósito de complementar os valores obtidos no controlo analítico da estação, e, ao mesmo tempo, adquirir conhecimentos relativamente aos parâmetros e critérios que permitem avaliar o correcto funcionamento do tratamento. Os respectivos resultados encontram-se na tabela 6.

Tabela 6 – Medições e observações na ETAR de Areias de Vilar.

Data		Medições	Observações
28/01/02	TA	T = 12,9 °C pH = 6,79 O ₂ = 10,2 mgO ₂ /l SS = 25 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante pouco clarificado, turvo e com pequenos flocos em suspensão
	Dig	T = 14,0°C pH = 4,40 O ₂ = 9,7 mgO ₂ /l SS = 220 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante ligeiramente clarificado, mas turvo; boa decantação
	Dec. 1º		Apresenta uma camada uniforme de lama à superfície
	Dec. 2º		Existência de sólidos à superfície. Libertação de bolhas gasosas(desnitrificação : libertação de N ₂ gasoso)
18/02/02	TA	T = 12,0 °C pH = 5,0 O ₂ = 11,3 mgO ₂ /l SS = 17 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante pouco clarificado, turvo e com pequenos flocos
	Dig	T = 12,3 °C pH = 5,13 O ₂ = 8,0 mgO ₂ /l SS = 350 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante ligeiramente clarificado, turvo; boa decantação
	Dec. 1º		Apresenta uma camada uniforme de lama à superfície. Efluente límpido
	Dec. 2º		Existência de alguns sólidos à superfície. Libertação de bolhas gasosas(desnitrificação : libertação de N ₂ gasoso)
21/02/02	TA	T = 11,7 °C pH = 6,86 O ₂ = 9,8 mgO ₂ /l SS = 100 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante ligeiramente clarificado, com alguns flocos suspensos
	Dig	T = 12,6 °C pH = 6,78 O ₂ = 4,0 mgO ₂ /l	Após paragem do arejamento, forma-se uma camada fina de espuma (cor castanho chocolate)
	Dec. 1º		Camada uniforme de lama em toda a superfície (castanho claro). Efluente límpido
	Dec. 2º		Observam-se alguns (poucos) sólidos à superfície. Libertação (ascensão) de bolhas gasosas – desnitrificação
25/02/02	TA	T = 12,2 °C pH = 6,33 O ₂ = 10,6 mgO ₂ /l SS = 36 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante ligeiramente clarificado, mas turvo e com pequenos flocos
	Dig	T = 13,2 °C pH = 6,82 O ₂ = 6,2 mgO ₂ /l SS = 300 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante pouco clarificado, turvo e com pequenos flocos. Aspecto visual do tanque : cor castanho chocolate (claro)
	Dec. 1º		Apresenta camada uniforme de lama à superfície
	Dec. 2º		Alguns sólidos à superfície

Entre os critérios de funcionamento do tanque de arejamento, encontra-se o teste do cone Imhoff. Numa amostra de 1 litro da mistura, deve verificar-se, num cone Imhoff, a sedimentação das lamas, ao fim de 30 minutos. Estas deverão acumular-se no fundo, com aspecto esponjoso, mantendo um sobrenadante claro, sem partículas de lamas. O pH no TA deverá rondar o valor 7, enquanto que o O_2 dissolvido deverá estar pelo menos entre 1,5-3 mg O_2 /l.[2]

Outros aspectos a ter em atenção são a cor, a existência ou não de espumas, e o odor. Num reactor a funcionar adequadamente, o líquido tem uma cor castanha chocolate, não existem espumas em quantidade significativa e não há odores desagradáveis.

Das observações apresentadas na tabela anterior, pode concluir-se que o tanque de arejamento está a funcionar razoavelmente, embora possa funcionar mais eficazmente. O teste do cone Imhoff mostrou que o sobrenadante era pouco clarificado, um pouco turvo e com alguns flocos. A biomassa é algo reduzida como se constata pelos sólidos sedimentáveis, e pelo teor de SST e SSV (apêndice C, tabela A8). O pH no TA tem estado dentro dos valores normais, tendo-se registado, por uma vez, um valor não muito aconselhável à actividade dos microorganismos. Os valores de O_2 dissolvido são aceitáveis.

O digestor de lamas tem funcionado razoavelmente. O teor de SS é satisfatório. O pH no digestor tem sofrido algumas oscilações, tendo-se registado valores pouco favoráveis à actividade dos microorganismos. O teor de O_2 dissolvido é aceitável.

O decantador primário está a cumprir a sua função. A camada de lama à superfície não tem afectado o seu funcionamento, já que o efluente é límpido.

Também o decantador secundário está a funcionar eficientemente. A libertação de bolhas gasosas, facilmente visível, é o resultado da desnitrificação.

Refira-se que a esta estação tem chegado, ocasionalmente, efluente de alguma indústria cerâmica, tendo já obstruído a grade mecânica, e pode estar na origem das camadas formadas na superfície do decantador primário e, ainda, do desarenador e desengordurador.

5.3 ETAR da Várzea

O afluente tem uma biodegradabilidade considerável (CBO_5/CQO média = 0,58).

Na figura 33 apresentam-se os valores de CQO e CBO_5 no efluente tratado da ETAR da Várzea, entre Setembro de 2001 e Fevereiro de 2002.

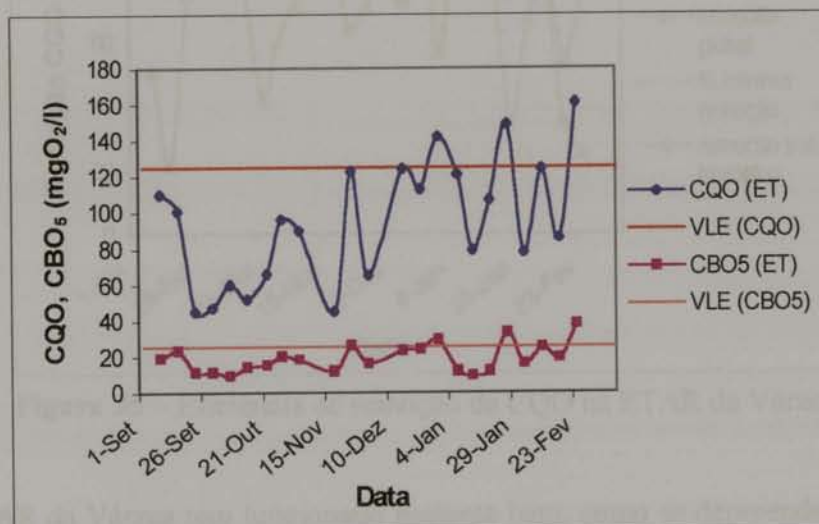


Figura 33 – CQO e CBO_5 à saída da ETAR da Várzea.

Os teores de CQO e CBO_5 à saída da ETAR da Várzea têm, no cômputo geral, respeitado os respectivos valores limite de emissão, à semelhança dos SST (ver apêndice D, tabela A11).

A eficiência de remoção global de CBO_5 é indicada na figura 34.

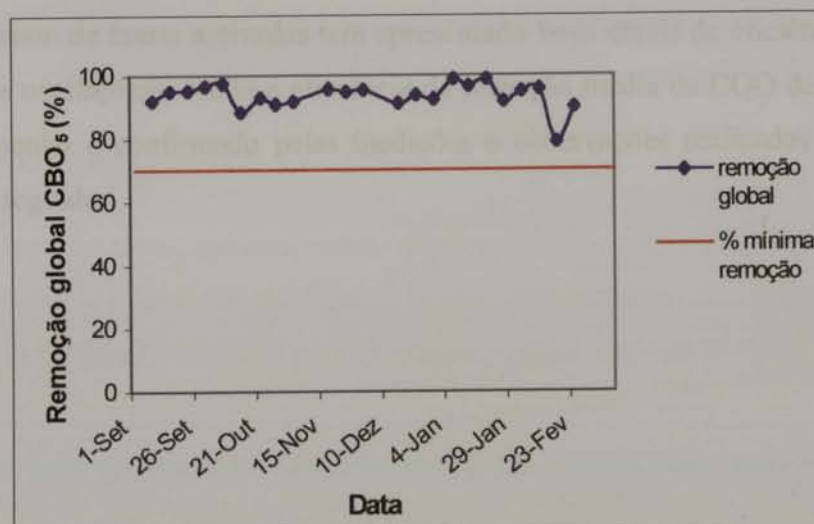


Figura 34 – Eficiência de remoção global de CBO_5 na ETAR da Várzea.

Na figura 35 pode ver-se a eficiência de remoção global de CQO desta estação, bem como o desempenho do processo de lamas activadas.

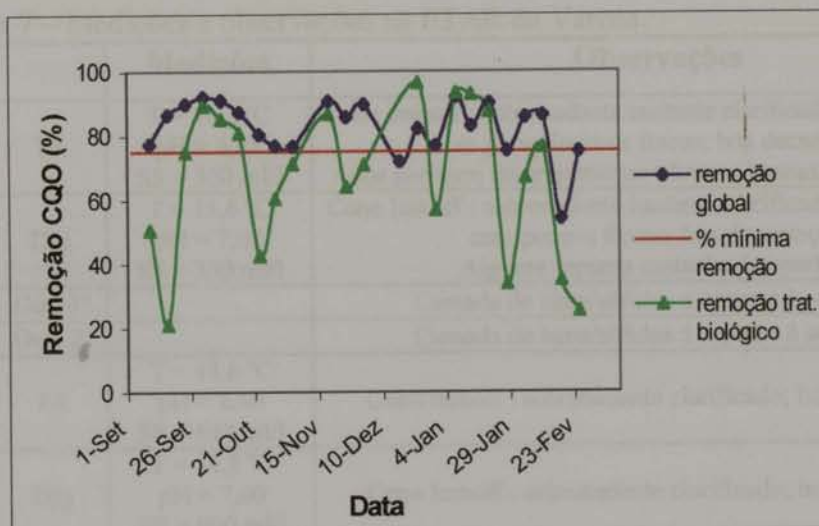


Figura 35 – Eficiência de remoção de CQO na ETAR da Várzea.

A ETAR da Várzea tem funcionado bastante bem, como se depreende das figuras apresentadas.

Atendendo à figura 34, a eficiência de remoção global de CBO₅ tem estado muito acima dos 80% na quase totalidade dos dias de análise. Em relação à CQO (figura 35), a sua eficiência de remoção global está geralmente acima da percentagem mínima de remoção (75%).

As eficiências de remoção global médias de CQO e CBO₅ são, respectivamente, 83 % e 93 %.

O processo de lamas activadas tem apresentado bons níveis de eficiência (embora com algumas oscilações), sendo a eficiência de remoção média de CQO de 66 %. Este bom desempenho é confirmado pelas medições e observações realizadas na estação, referidas de seguida.

Na tabela 7 encontram-se os resultados das medições e observações efectuadas na ETAR da Várzea, entre Janeiro e Fevereiro de 2002.

Tabela 7 – Medições e observações na ETAR da Várzea.

Data		Medições	Observações
28/01/02	TA	T = 16,2 °C pH = 6,68 SS = 550 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante bastante clarificado, pouco turvo e com pouquíssimos flocos; boa decantação. Após paragem do arejamento, vêem-se bastante bem os flocos
	Dig	T = 15,6 °C pH = 7,02 SS = 350 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante bastante clarificado, pouco turvo e com poucos flocos; boa decantação. Alguma espuma castanha à superfície
	Dec. 1º		Camada de lama/sólidos ± espessa à superfície
	Dec. 2º		Camada de lama/sólidos ± espessa à superfície
18/02/02	TA	T = 14,6 °C pH = 6,60 SS = 610 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante clarificado; boa decantação
	Dig	T = 14,8 °C pH = 7,00 SS = 900 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante clarificado; boa decantação
	Dec. 1º		Camada de lama/sólidos à superfície
	Dec. 2º		Camada de lama/sólidos à superfície. Efluente bastante clarificado
25/02/02	TA	T = 15,0 °C pH = 7,11 SS = 500 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante clarificado, com alguns flocos suspensos
	Dig	T = 14,9 °C pH = 7,14 SS = 215 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante clarificado, com alguns flocos suspensos
	Dec. 1º		Camada de lama/sólidos à superfície
	Dec. 2º		Camada uniforme de lama/sólidos à superfície

O teste do cone Imhoff mostra o bom desempenho do TA da ETAR da Várzea, visto que o sobrenadante se apresentou geralmente bem clarificado, sem turvação e flocos, e com uma quantidade de biomassa considerável (comprovada também pelo teor de SST e SSV no apêndice D, tabela A11). O pH tem-se mantido por volta dos 7, valor aconselhável à actividade dos microorganismos. Não foi possível a medição do O₂ dissolvido.

O digestor de lamas também está a operar correctamente: o teste Imhoff mostrou uma quantidade aceitável de biomassa, e um sobrenadante clarificado, com boa decantação da biomassa. Também o pH ronda os 7, valor correcto para a auto-oxidação da biomassa.

Os decantadores, embora apresentem uma camada de lama à superfície, apresentam um efluente límpido.

5.4 ETAR de S. Romão da Ucha

A biodegradabilidade média do afluente a esta estação é de 0,59.

Com base no controlo analítico, foi possível seguir a CQO e a CBO₅ no efluente tratado da ETAR de S. Romão da Ucha, entre Setembro de 2001 e Fevereiro de 2002 (figura 36).

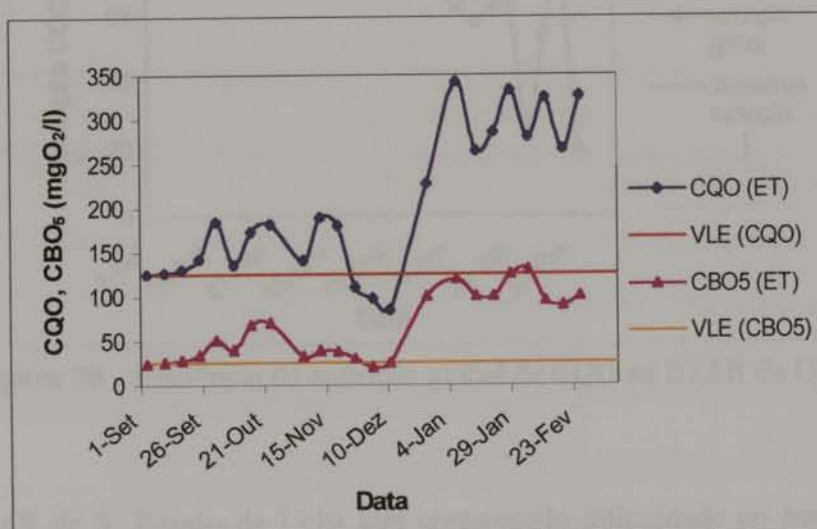


Figura 36 – CQO e CBO₅ à saída da ETAR da Ucha.

A partir dos valores de CBO₅ à entrada e saída do processo de tratamento, determinou-se a eficiência de remoção global de matéria orgânica biodegradável (figura 37).

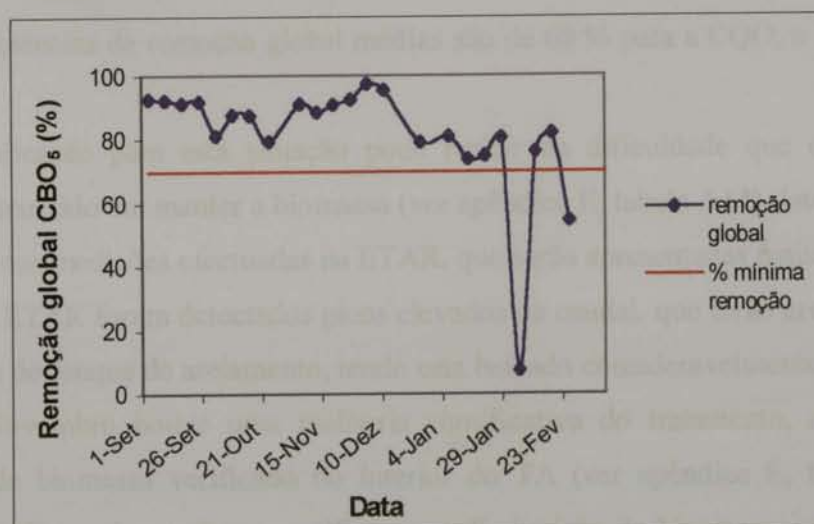


Figura 37 – Eficiência de remoção global de CBO₅ na ETAR da Ucha.

A figura 38 mostra a eficiência de remoção global de CQO na ETAR de S. Romão da Ucha.

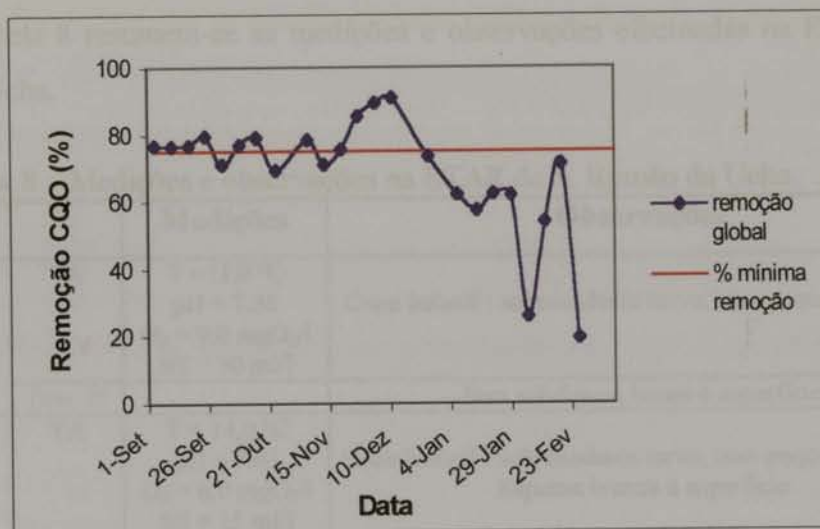


Figura 38 – Eficiência de remoção global de CQO na ETAR da Ucha.

A ETAR de S. Romão da Ucha tem apresentado dificuldade no tratamento das águas residuais afluentes.

Os valores de CQO e CBO₅, e também de SST (ver apêndice E, tabela A14), à saída excedem frequentemente os valores limite (figura 36).

Apesar da eficiência de remoção global de CBO₅ estar frequentemente acima da % mínima de remoção, a CBO₅ à saída ultrapassa o valor limite. No caso da CQO, constata-se o mesmo.

As eficiências de remoção global médias são de 69 % para a CQO, e 81 % para a CBO₅.

A explicação para esta situação pode residir na dificuldade que o tanque de arejamento tem tido em manter a biomassa (ver apêndice E, tabela A14). Isto mesmo foi confirmado nas medições efectuadas na ETAR, que serão apresentadas mais à frente.

Nesta ETAR foram detectados picos elevados de caudal, que terão arrastado parte da biomassa do tanque de arejamento, tendo esta baixado consideravelmente.

Em Novembro houve uma melhoria significativa do tratamento, resultado do acréscimo de biomassa verificado no interior do TA (ver apêndice E, tabela A14). Contudo, em Dezembro voltou a verificar-se a diminuição da biomassa, assim como a eficiência do tratamento.

Estes picos elevados, que se verificam frequentemente, serão provenientes da descarga de cisternas de águas negras.

Na tabela 8 resumem-se as medições e observações efectuadas na ETAR de S. Romão da Ucha.

Tabela 8 – Medições e observações na ETAR de S. Romão da Ucha.

Data		Medições	Observações
22/01/02	TA	T = 11,0 °C pH = 7.30 O ₂ = 9.0 mgO ₂ /l SS = 30 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante turvo, com pequenos flocos
	Dec. 2º		Sem sólidos ou lamas à superfície
29/01/02	TA	T = 14,0 °C pH = 7.63 O ₂ = 6.0 mgO ₂ /l SS = 15 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante turvo, com pequenos flocos. Espuma branca à superfície
	Dec. 2º		Sem sólidos ou lamas à superfície
19/02/02	TA	T = 12,7 °C pH = 7.66 O ₂ = 10.0 mgO ₂ /l SS = 16 ml/l	Cone Imhoff : sobrenadante turvo. Espuma castanha (clara), e branca
	Dec. 2º		Sem sólidos ou lamas à superfície

As observações feitas entre Janeiro e Fevereiro do corrente ano confirmam o que foi referido atrás. O tanque de arejamento tem pouca biomassa (SS e SST/SSV baixos), e o seu efluente, depois de decantado, é turvo. Além disto, observou-se espuma branca à superfície do TA, um indicador da falta de biomassa no interior do reactor biológico. No que concerne ao pH e O₂ dissolvido, estes têm-se mantido em valores aceitáveis.

6. CONCLUSÃO

O efluente tratado da ETAR de Barcelos tem, de um modo geral, cumprido com os valores limite de emissão de matéria orgânica, impostos pela legislação actual.

A ETAR de Barcelos apresenta eficiências de remoção de matéria orgânica aceitáveis. Em termos de CQO, a sua eficiência de remoção global média é de 74 %, sendo de 86 % para a CBO₅.

O processo biológico (leitos percoladores) não tem funcionado de forma eficiente. A eficiência de remoção média de CBO₅ nesta etapa é de apenas 54 %, o que se reflecte na remoção de CQO. Nesta etapa, a remoção média de CQO é de 30 %, o que é manifestamente baixo. A explicação para este facto poderá residir na reduzida biodegradabilidade do afluente bruto e do afluente ao processo biológico (CBO₅/CQO média = 0,33).

Dado o fraco desempenho do processo biológico, o tratamento físico-químico tem sido o principal responsável pela remoção de matéria orgânica. A eficiência do tratamento físico-químico na remoção de CBO₅ é, em média, de 68 %, e de 65 % no caso da CQO.

Não foi possível aplicar um modelo matemático já existente (NRC, Eckenfelder ou Germain-Schultz) ao funcionamento dos leitos percoladores. O facto de se ter verificado igual eficiência para cargas hidráulicas/mássicas diferentes não permitiu que se chegasse a uma expressão que relacionasse a eficiência do processo biológico com a carga hidráulica superficial ou mássica afluente a este.

Em relação às ETAR's compactas, estas têm apresentado bons níveis de eficiência, com excepção da ETAR de S. Romão da Ucha.

A ETAR da Várzea é a que apresenta melhores níveis de eficiência de remoção de matéria orgânica : 83 % para a CQO e 93 % no caso da CBO₅. O tanque de arejamento tem funcionado muito bem (remoção média de CQO de 64 %), apresentando uma quantidade de biomassa satisfatória. Isto foi confirmado pelas observações e medições registadas. O teste do cone Imhoff mostrou um sobrenadante clarificado, sem turvação e flocos. O pH no interior do TA está dentro dos valores considerados normais para a actividade dos microorganismos. As restantes etapas têm funcionado correctamente.

A ETAR de Areias de Vilar também está a funcionar eficientemente, embora o tanque de arejamento não esteja a funcionar tão bem como o da Várzea. As eficiências de remoção global médias de CQO e CBO₅ são 79 e 92 %, respectivamente. A remoção

média de CQO no tanque de arejamento é de 54 %. O TA ainda tem pouca biomassa e, por isso, o sobrenadante no cone Imhoff ainda é pouco clarificado, pelo que o seu desempenho pode melhorar. Em relação ao pH e O₂ dissolvido, estes têm-se mantido em valores aceitáveis.

A ETAR de S. Romão da Ucha tem tido dificuldades no tratamento do seu afluente. As eficiências de remoção global médias de CQO e CBO₅ são de 69 e 81 %, respectivamente. A biomassa no TA é reduzida, sendo a eficiência de remoção de matéria orgânica inferior ao desejado. É de salientar os elevados caudais que se têm verificado, e que terão arrastado parte da biomassa do TA.

Tratando-se da primeira experiência profissional, o estágio realizado na ETAR de Barcelos permitiu o desenvolvimento e a aplicação prática de conhecimentos adquiridos durante a licenciatura (na opção Poluição), e também o desenvolvimento de competências técnicas e pessoais.

O estágio constituiu, assim, uma boa experiência a nível profissional e pessoal.

BIBLIOGRAFIA

[1] Boaventura, Rui A., "Notas sobre Tratamento Biológico Aeróbio de Efluentes Líquidos", FEUP, Porto.

[2] Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering – Treatment, Disposal, Reuse", McGraw-Hill Intern. Ed. (1991).

[3] Diário da República, Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho.

APÊNDICE A – Valores limite de emissão

Tabela A1 – Valores limite de emissão.[3]

Parâmetro	VLE	% mínima de remoção
CQO (mgO ₂ /l)	125	75
CBO ₅ (mgO ₂ /l)	25	70 - 90
SST(mg/l)	35	90
pH	6 - 9	-

APÊNDICE B – ETAR de Barcelos

Tabela A2 – CBO₅ na ETAR de Barcelos.

DATA	CBO ₅ (mgO ₂ /l)				Eficiência de remoção (%)		
	AB	EH	ED	ET	global	trat. biológico	trat. primário
03-09-01	164			25	84,76		
05-09-01	300	210	65	26	91,33	60,00	69,05
07-09-01	320	231	32	18	94,38	43,75	86,15
10-09-01	208			21	89,90		
12-09-01	210	227	50	26	87,62	48,00	77,97
14-09-01	190	198	64	24	87,37	62,50	67,68
17-09-01	200			20	90,00		
19-09-01	270			25	90,74		
21-09-01	250	262	54	17	93,20	68,52	79,39
24-09-01	440			17	96,14		
26-09-01	230	195	50	17	92,61	66,00	74,36
28-09-01	170	191	35	16	90,59	54,29	81,68
01-10-01	188			12	93,62		
03-10-01	150	205	85	43	71,33	49,41	58,54
08-10-01	240			12	95,00		
10-10-01	190	235	50	21	88,95	58,00	78,72
12-10-01	220	311	55	27	87,73	50,91	82,32
15-10-01	100			25	75,00		
17-10-01	170	210	50	20	88,24	60,00	76,19
19-10-01	140	206	85	33	76,43	61,18	58,74
22-10-01	71			24	66,20		
24-10-01	200	207	98	45	77,50	54,08	52,66
29-10-01	101			30	70,30		
31-10-01	200	187	95	48	76,00	49,47	49,20
02-11-01	130		45	28	78,46	37,78	
05-11-01	290			17	94,14		
07-11-01	220	200	110	45	79,55	59,09	45,00
09-11-01	140	190	125	31	77,86	75,20	34,21
12-11-01	140			16	88,57		
14-11-01	160	160	55	24	85,00	56,36	65,63
16-11-01	140	160	55	30	78,57	45,45	65,63
21-11-01	180	160	90	40	77,78	55,56	43,75
30-11-01	210	130	55	16	92,38	70,91	57,69
03-12-01	168			18	89,29		
05-12-01	210	180	65	46	78,10	29,23	63,89
07-12-01	260	170	55	18	93,08	67,27	67,65
10-12-01	115			17	85,22		
12-12-01	130	140	40	18	86,15	55,00	71,43
14-12-01	170	160	40	16	90,59	60,00	75,00
17-12-01	161			22	86,34		
19-12-01	150	150	42	19	87,33	54,76	72,00
21-12-01	210	150	50	22	89,52	56,00	66,67
26-12-01	215			13	93,95		
28-12-01	325			23	92,92		
02-01-02	300	230	18	16	94,67	11,11	92,17
04-01-02	150	150	75	19	87,33	74,67	50,00
09-01-02	240	200	24	12	95,00	50,00	88,00
11-01-02	110	130	30	14	87,27	53,33	76,92
16-01-02	174			13	92,53		
25-01-02	180	110	40	15	91,67	62,50	63,64
30-01-02	176			25	85,80		
01-02-02	150	130	38	18	88,00	52,63	70,77
06-02-02	140	130	35	21	85,00	40,00	73,08
08-02-02	140	120	30	19	86,43	36,67	75,00
13-02-02	150			22	85,33		
15-02-02	160	100	50	24	85,00	52,00	50,00
20-02-02	170			24	85,88		
22-02-02	200			38	81,00		
27-02-02	195	235	48	24	87,69	50,00	79,57
Média	191	182	56	23	86,41	53,83	67,79

Tabela A3 – CQO na ETAR de Barcelos.

DATA	CQO (mgO ₂ /l)				Eficiência Remoção CQO (%)		
	AB	EH	ED	ET	global	trat. biológico	trat. primário
03-09-01	388			125	67,78		
05-09-01	842	548	244	125	85,15	48,77	55,47
07-09-01	715	652	89	83	88,39	6,74	86,35
10-09-01	517			103	80,08		
12-09-01	544	775	152	124	77,21	18,42	80,39
14-09-01	506	622	235	123	75,69	47,66	62,22
17-09-01	428			98	77,10		
19-09-01	540			109	79,81		
21-09-01	559	591	138	74	86,76	46,38	76,65
24-09-01	678			79	88,35		
26-09-01	596	522	118	75	87,42	36,44	77,39
28-09-01	676	519	100	72	89,35	28,00	80,73
01-10-01	441			53	87,98		
03-10-01	439	498	164	187	57,40	-14,02	67,07
08-10-01	528			61	88,45		
10-10-01	435	495	84	58	86,67	30,95	83,03
12-10-01	527	634	99	87	83,49	12,12	84,38
15-10-01	236			104	55,93		
17-10-01	395	530	129	90	77,22	30,23	75,66
19-10-01	398	458	215	111	72,11	48,37	53,06
22-10-01	131			119	9,16		
24-10-01	501	505	257	194	61,28	24,51	49,11
29-10-01	227			136	40,09		
31-10-01	463	449	247	214	53,78	13,36	44,99
02-11-01	320	437	146	132	58,75	9,59	66,59
05-11-01	649			87	86,59		
07-11-01	610	483	226	184	69,84	18,58	53,21
09-11-01	444	493	290	133	70,05	54,14	41,18
12-11-01	298			80	73,15		
13-11-01	497			120	75,86		
14-11-01	538	450	201	121	77,51	39,80	55,33
16-11-01	457	483	157	118	74,18	24,84	67,49
19-11-01	310			121	60,97		
21-11-01	373		229	120	67,83	47,60	
23-11-01	455	479	210	128	71,87	39,05	56,16
30-11-01	552	489	191	160	71,01	16,23	60,94
03-12-01	365			87	76,16		
07-12-01	622	487	169	89	85,69	47,34	65,30
10-12-01	310			79	74,52		
12-12-01	453	470	167	91	79,91	45,51	64,47
14-12-01	492	457	140	88	82,11	37,14	69,37
17-12-01	342			108	68,42		
19-12-01	478	475	159	101	78,87	36,48	66,53
21-12-01	506	410	149	111	78,06	25,50	63,66
26-12-01	501	495	78	62	87,62	20,51	84,24
28-12-01	808	534	259	116	85,64	55,21	51,50
02-01-02	594	453	125	100	83,16	20,00	72,41
04-01-02	490	471	211	90	81,63	57,35	55,20
07-01-02	339			123	63,72		
09-01-02	618	600	148	124	79,94	16,22	75,33
11-01-02	414	455	159	121	70,77	23,90	65,05
14-01-02	226			72	68,14		
16-01-02	418	356	96	94	77,51	2,08	73,03
21-01-02	286			90	68,53		
23-01-02	382	291	125	85	77,75	32,00	57,04
25-01-02	502	395	194	128	74,50	34,02	50,89
28-01-02	368			115	68,75		
30-01-02	442	470	235	140	68,33	40,43	50,00
01-02-02	498	454	173	122	75,50	29,48	61,89
04-02-02	367			121	67,03		
06-02-02	462	443	150	113	75,54	24,67	66,14
08-02-02	487	486	127	115	76,39	9,45	73,87
13-02-02	461	374	171	143	68,98	16,37	54,28
15-02-02	644	529	193	149	76,86	22,80	63,52
18-02-02	341			74	78,30		
20-02-02	493	481	178	131	73,43	26,40	62,99
22-02-02	583	518	231	153	73,76	33,77	55,41
25-02-02	444			101	77,25		
27-02-02	473	557	162	125	73,57	22,84	70,92
Média	470	495	172	111	74,07	30,44	64,78

Tabela A4 – Sólidos na ETAR de Barcelos.

DATA	AB				EDes				EH				AD				ED				ELP				ET				Eficiência de remoção (%)			
	SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV		SSV	
	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	SST	SSV	trat. primário	trat. secund.
03-09-01	184	48	0,26	0,26	160	128	0,80	0,93	160	148	0,93	0,93	120	96	0,80	0,00	76	72	0,95	0,95	80	76	0,95	0,95	44	36	0,82	52,50	61,84	76,09		
05-09-01	272	248	0,91	0,91	96	60	0,63	0,80	88	156	0,80	0,00					56		0,71		56	40	0,71		29	25	0,86			89,34		
07-09-01	164	156	0,95	0,95																					16	12	0,75			85,71		
10-09-01	112	76	0,68	0,68																					33	33	0,79	72,00	25,00	58,00		
12-09-01	100	20	0,20	0,20	84	72	0,86	0,82	192	164	0,82	0,79	56	152	0,79	0,65	80	52	0,93	0,60	124	60	0,48	0,48	42	39	0,67	64,91	27,50	42,00		
14-09-01	100	76	0,76	0,76	136	76	0,56	0,58	184	132	0,58	0,65	80	120	0,65			48	0,60					58	20	0,55			82,14			
17-09-01	112	64	0,57	0,57																					34	21	0,62	56,25	59,52			
19-09-01	100		0,00	0,00	88	84	0,95	0,92	104	136	0,71	0,80	64	96	0,92	0,92	60	32	0,93	0,93	96	88	0,92		12	11	0,92	69,39		93,75		
21-09-01	192	168	0,88	0,88														56	0,93						14	13	0,93	68,18	50,00	87,93		
24-09-01	116	108	0,93	0,93	80	76	0,95	0,91	124	80	0,91	0,45	28	56	0,45	0,95	20	28	0,00	0,00	28	28	0,88	0,00	13	11	0,85	73,68	35,00	90,44		
26-09-01	136	132	0,97	0,97	64		0,00	0,89	80	76	0,89	0,78	60	76	0,95										4	3	0,75			94,74		
28-09-01	76	68	0,89	0,89																					46	31	0,67	40,00	23,33	57,41		
01-10-01	108	88	0,81	0,81	56	40	0,71	0,72	128	72	0,72	100	128	100	0,78	0,28	60	28	0,47	0,47	52	32	0,62	0,62	16	13	0,81			92,16		
03-10-01	204	176	0,86	0,86																					19	12	0,63	73,68	52,50	77,38		
08-10-01	84	56	0,67	0,67	96	64	0,67	0,68	192	104	0,68	0,83	40	160	0,83	0,48	40	28	0,70	0,70	40	20	0,50	0,50	26	24	0,92	67,74	35,00	65,79		
10-10-01	76	72	0,95	0,92	104	96	0,92	0,94	200	116	0,94	0,48	40	96	0,48			32	0,80	0,80	36	28	0,78	0,78	20	19	0,95			75,00		
15-10-01	80	76	0,95	0,95																					17	2	0,12	80,65	29,17	85,34		
17-10-01	116	92	0,79	0,79	64	56	0,88	0,90	160	112	0,90	0,73	24	116	0,73	0,65	80	3	0,13	0,13	24	19	0,79	0,79	33	24	0,73	48,72	58,75	67,00		
19-10-01	100	84	0,84	0,73	88	64	0,73	0,72	220	112	0,72	0,65	80	144	0,65			60	0,75	0,75	80	56	0,70	0,70	24	17	0,71	-5,26		68,42		
22-10-01	76	48	0,63	0,94																					39	25	0,64			35,00		
24-10-01	82	78	0,95	0,94	68	64	0,94	0,91	208	104	0,91	0,77	120	160	0,77	0,81	106	108	0,90	0,81	106	86	0,81		39	25	0,64			50,91		
29-10-01	60	48	0,80																						54	38	0,70	11,67	49,06	39,34		
31-10-01	110	104	0,95	0,53	172	92	0,53	0,70	88	84	0,70	0,77	106	68	0,77	0,94	60	70	0,66	0,63	98	62	0,63	0,63	37	30	0,81	67,95	26,00	90,38		
02-11-01	61	49	0,80	0,55	76	42	0,55	0,91	92	142	0,91	0,70	50	64	0,70			44	0,88	0,94	64	60	0,94		25	18	0,72			57,69		
05-11-01	260	200	0,77																						44	33	0,75	57,29	46,34	60,42		
07-11-01	104	92	0,88	0,40	168	68	0,40	0,48	180	92	0,48	0,68	82	122	0,68	0,71	92	66	0,80	0,89	108	96	0,89	0,89	38	27	0,71	36,11	58,70	58,06		
09-11-01	96	84	0,88	0,74	76	56	0,74	0,92	180	144	0,92	0,71	92	128	0,71			84	0,91	0,78	100	100	0,78		26	25	0,96					
12-11-01	62	30	0,48																													
13-11-01																																
14-11-01	180	170	0,94	0,78	180	140	0,78	0,85	200	170	0,85	0,75	60	96	0,75	0,77	190	46	0,77	0,24	46	30	0,24		30		0,00	70,00	50,00	83,33		
16-11-01	94	68	0,72	0,83	116	96	0,83	0,82	120	98	0,82	0,75	56	532	0,75	0,61	52	34	0,61	0,71	37	34	0,71		31	23	0,68	53,33	39,29	63,83		
19-11-01	70	58	0,83																						34	22	0,71			55,71		
21-11-01	92	84	0,91	0,75	120	90	0,75	0,70	100	70	0,70	0,75	80	120	0,75	0,70	80	56	0,70	0,75	80	60	0,75	0,75	33	24	0,73	20,00	58,75	64,13		
23-11-01	69	54	0,78	0,81	63	51	0,81	0,80	113	90	0,80	0,62	45	100	0,62	0,62	60	28	0,62	0,65	60	39	0,65	0,65	38	28	0,74	60,18	15,56	44,93		
30-11-01	116	98	0,84	0,86	118	102	0,86	0,92	106	98	0,92	0,65	56	80	0,65	0,71	52	40	0,71	0,79	41	41	0,79		42	29	0,69	47,17	25,00	63,79		

(continua)

(continuação)

DATA	AB			EDes			EH			AD			ED			ELP			ET			Eficiência de remoção (%)		
	SST	SSV	SSV	SST	SSV	SSV	SST	SSV	SSV	SST	SSV	SSV	SST	SSV	SSV	SST	SSV	SSV	SST	SSV	SSV	trat. primário	trat. secund.	global
03-12-01	56	44	0,79	144	126	0,88	112	98	0,88	220	148	0,67	39	34	0,87	40	28	0,70	15	6	0,40	65,18	17,95	73,21
07-12-01	140	114	0,81																32	24	0,75			77,14
10-12-01	103	88	0,85																22	15	0,68			78,64
12-12-01	88	78	0,89	96	88	0,92	136	124	0,91	150	124	0,83	50	33	0,66	46	27	0,59	31	8	0,26	63,24	38,00	64,77
14-12-01	108	96	0,89	110	102	0,93	130	122	0,94	112	92	0,82	42	34	0,81	25	20	0,80	19	16	0,84	67,69	54,76	82,41
17-12-01	72	60	0,83																33	24	0,73			54,17
19-12-01	63	54	0,86	64	55	0,86	88	78	0,89	60	32	0,53	41	30	0,73				14	10	0,71	53,41	65,85	77,78
21-12-01	122	100	0,82	128	105	0,82	116	94	0,81	204	132	0,65	46	34	0,74	35	26	0,74	28	16	0,57	60,34	39,13	77,05
26-12-01	152	124	0,82	156	120	0,77	204	176	0,86	88	84	0,95	32	24	0,75	28	22	0,79	20	13	0,65	84,31	37,50	86,84
28-12-01	264	163	0,62	300	184	0,61	220	136	0,62	212	124	0,58	51	31	0,61	50	26	0,52	32	23	0,72	76,82	37,25	87,88
02-01-02	440	276	0,63	360	252	0,70	292	224	0,77	188	140	0,74	60	52	0,87	70	56	0,80	34	26	0,76	79,45	43,33	92,27
04-01-02	78	56	0,72	128	116	0,91	144	108	0,75	148	80	0,54	70	44	0,63	50	26	0,52	29	11	0,38	51,39	58,57	62,82
07-01-02	50	34	0,68																20	11	0,55			60,00
09-01-02	160	116	0,73	160	124	0,78	164	124	0,76	180	104	0,58	29	17	0,59	32	20	0,63	25	12	0,48	82,32	13,79	84,38
11-01-02	88	68	0,77	92	64	0,70	140	96	0,69	172	96	0,56	25	14	0,56	29	13	0,45	22	12	0,55	82,14	12,00	75,00
14-01-02	56	39	0,70																15	10	0,67			73,21
16-01-02	164	116	0,71	164	120	0,73	132	96	0,73	176	104	0,59	21	12	0,57	28	15	0,54	27	13	0,48	84,09	48,98	83,54
21-01-02	132	112	0,85																32	20	0,63			75,76
23-01-02	86	70	0,81	82	66	0,80	98	76	0,78	144	104	0,72	23	16	0,70	26	18	0,69	32	21	0,66	76,53	48,98	62,79
25-01-02	108	92	0,85	108	92	0,85	96	84	0,88	108	72	0,67	49	30	0,61	41	29	0,71	25	16	0,64	48,96	48,98	76,85
28-01-02	91	78	0,86																35	24	0,69			61,54
30-01-02	140	104	0,74	140	100	0,71	196	152	0,78	208	152	0,73	96	62	0,65	88	62	0,70	67	25	0,37	51,02	30,21	52,14
01-02-02	106	86	0,81	102	84	0,82	110	94	0,85	188	128	0,68	46	29	0,63	32	24	0,75	28	18	0,64	58,18	39,13	73,58
04-02-02	200	136	0,68																31	22	0,71			84,50
06-02-02	104	78	0,75	96	74	0,77	132	104	0,79	172	112	0,65	30	20	0,67	29	19	0,66	18	11	0,61	77,27	40,00	82,69
08-02-02	115	84	0,73	80	60	0,75	120	90	0,75	248	152	0,61	19	11	0,58	20	13	0,65	12	7	0,58	84,17	36,84	89,57
13-02-02	158	118	0,75	140	108	0,77	148	104	0,70	146	100	0,68	50	36	0,72	62	52	0,84	23	19	0,83	66,22	54,00	85,44
15-02-02	228	140	0,61	160	120	0,75	148	116	0,78	150	98	0,65	33	22	0,67	39	24	0,62	28	19	0,68	77,70	15,15	87,72
18-02-02	90	58	0,64																9	8	0,89			90,00
20-02-02	118	94	0,80	108	86	0,80	156	118	0,76	222	150	0,68	43	31	0,72	40	29	0,73	27	20	0,74	72,44	37,21	77,12
22-02-02	128	102	0,80	124	104	0,84	130	100	0,77	228	144	0,63	59	42	0,71	58	34	0,59	46	33	0,72	54,62	22,03	64,06
25-02-02	69	53	0,77																22	13	0,59			68,12
27-02-02	176	118	0,67	194	130	0,67	238	180	0,76	276	176	0,64	25	18	0,72	37	25	0,68	21	14	0,67	89,50	16,00	88,07
Média																						50,90	38,63	72,93

Tabela A5 – pH na ETAR de Barcelos.

DATA	pH						
	AB	EDes	EH	AD	ED	ELP	ET
03-09-01	7,08						7,40
05-09-01	7,03	6,94	7,73	7,13	7,05	7,05	7,45
07-09-01	7,01	6,86	7,10	6,43	6,57	6,54	7,02
10-09-01	7,17						6,72
12-09-01	8,72	8,77	7,48	6,60	6,85	7,28	7,26
14-09-01	8,31	8,48	7,50	6,84	6,76	7,45	7,33
17-09-01	7,10						7,13
19-09-01	7,70	7,83	7,08	6,99	6,97	7,14	7,10
24-09-01	7,25						7,17
26-09-01	8,14	8,14	7,32	6,41	6,34	7,14	7,26
28-09-01	9,02	8,12	7,32	6,28	6,27	7,34	7,32
01-10-01	7,51						7,05
03-10-01	8,58	8,65	6,30	6,95	6,92	6,53	7,38
08-10-01	7,48						7,20
10-10-01	8,82	8,80	7,29	6,71	6,76	7,50	7,38
12-10-01	8,71	8,63	7,28	6,32	6,49	7,16	7,16
15-10-01	8,02						7,38
17-10-01	8,00	8,07	7,65	6,45	6,43	7,28	7,15
19-10-01	8,68	8,70	7,38	6,77	6,71	7,31	7,24
22-10-01	7,87						7,33
24-10-01	8,96	8,98	7,64	6,67	6,63	7,20	7,15
29-10-01	8,52						7,29
31-10-01	7,30	8,50	7,31	6,84	6,84	7,39	7,40
02-11-01	7,18	7,20	7,08	7,06	7,05	7,60	7,43
05-11-01	7,64						7,46
07-11-01	7,72	7,91	7,35	6,80	6,98	7,34	7,55
09-11-01	8,64	8,40	7,31	7,11	7,15	7,63	7,50
12-11-01	7,34						7,45
14-11-01	8,63	8,69	7,42	7,00	6,87	7,47	7,65
16-11-01	7,77	7,85	7,36	6,55	6,93	7,9	7,57
19-11-01	7,72						7,38
21-11-01	8,10	7,93	8,24	7,16	7,54	7,07	7,58
23-11-01	8,38	8,49	7,36	6,9	7,0	7,58	7,67
30-11-01	8,17	8,24	7,34	6,90	6,85	7,7	7,56
03-12-01	7,26						7,19
07-12-01	8,53	8,53	7,26	6,62	6,71	7,56	7,50
10-12-01	7,70						7,22
12-12-01	8,46	8,46	7,29	6,71	6,86	7,65	7,61
14-12-01	8,10	8,23	7,20	6,84	7,08	7,40	7,57
17-12-01	7,47						7,59
19-12-01	8,52	8,52	7,51	6,97	7,10	7,48	7,52
21-12-01	8,57	8,48	7,38	6,75	6,99	7,71	7,46
26-12-01	7,27	7,25	7,05	6,88	7,09	7,34	7,23
28-12-01	8,85	8,09	7,35	6,89	6,99	7,69	7,65
02-01-02	7,43	7,41	7,00	6,72	6,94	7,12	7,00
04-01-02	8,18	7,96	7,29	6,85	7,00	7,64	7,54
07-01-02	7,39						7,41
09-01-02	8,26	8,31	7,72	7,07	7,04	7,65	7,57
11-01-02	8,46	8,52	7,43	6,77	6,79	7,86	7,65
14-01-02	7,32						7,39
16-01-02	8,02	8,06	7,30	6,84	6,87	7,78	7,72
21-01-02	7,79						7,58
23-01-02	8,57	8,57	7,86	6,79	6,85	7,60	7,54
25-01-02	8,30	8,35	7,54	7,72	7,18	7,75	7,82
30-01-02	7,95	7,94	7,19	6,89	7,06	7,77	7,62
01-02-02	8,28	8,36	7,99	6,67	6,85	7,70	7,60
04-02-02	7,70						7,30
06-02-02	8,41	8,39	7,44	6,68	6,66	7,49	7,54
08-02-02	8,86	8,93	7,35	6,63	6,61	7,50	7,46
13-02-02	7,36	7,35	7,33	7,25	7,29	7,51	7,59
15-02-02	7,63	7,63	7,16	6,54	6,77	7,42	7,24
18-02-02	7,84						7,27
20-02-02	7,71	7,87	7,36	6,75	6,95	7,37	7,39
22-02-02	7,97	8,06	7,10	6,57	6,68	7,11	7,29
25-02-02	7,90						7,39
27-02-02	8,16	8,10	7,30	6,46	6,57	7,48	7,38
Média	7,98	8,17	7,36	6,79	6,86	7,43	7,39
VLE							6-9

Tabela A6 – Leito percolador.

DATA	Qafluente (m3/dia)	Qleito (m3/dia)	CBO5afl (mg/l)	CBO5afl (kg/m3)	CBO5sai (mg/l)	Chs (m/d)	Cs (kg/m2.d)	Cm (kg/d)	Cv (kg/m3.d)	r	Eficexp (%)
05-09-01	2833	20113	65	0,065	26	28,45	1,85	1307,345	0,617	6,10	60,00
07-09-01	2799	20079	32	0,032	18	28,41	0,91	642,528	0,303	6,17	43,75
12-09-01	6442	23722	50	0,05	26	33,56	1,68	1186,1	0,559	2,68	48,00
14-09-01	6939	24219	64	0,064	24	34,26	2,19	1550,016	0,731	2,49	62,50
21-09-01	6984	24264	54	0,054	17	34,33	1,85	1310,256	0,618	2,47	68,52
26-09-01	8030	25310	50	0,05	17	35,81	1,79	1265,5	0,597	2,15	66,00
28-09-01	7681	24961	35	0,035	16	35,31	1,24	873,635	0,412	2,25	54,29
03-10-01	9106	26386	85	0,085	43	37,33	3,17	2242,81	1,058	1,90	49,41
10-10-01	7811	25091	50	0,05	21	35,50	1,77	1254,55	0,592	2,21	58,00
12-10-01	7967	25247	55	0,055	27	35,72	1,96	1388,585	0,655	2,17	50,91
17-10-01	9231	26511	50	0,05	20	37,51	1,88	1325,55	0,625	1,87	60,00
19-10-01	10650	27930	85	0,085	33	39,51	3,36	2374,05	1,120	1,62	61,18
24-10-01	7162	24442	98	0,098	45	34,58	3,39	2395,316	1,130	2,41	54,08
31-10-01	10452	27732	95	0,095	48	39,23	3,73	2634,54	1,242	1,65	49,47
02-11-01	5395	22675	45	0,045	28	32,08	1,44	1020,375	0,481	3,20	37,78
07-11-01	10857	28137	110	0,11	45	39,81	4,38	3095,07	1,460	1,59	59,09
09-11-01	10678	27958	125	0,125	31	39,55	4,94	3494,75	1,648	1,62	75,20
14-11-01	11119	28399	55	0,055	24	40,18	2,21	1561,945	0,737	1,55	56,36
16-11-01	10741	28021	55	0,055	30	39,64	2,18	1541,155	0,727	1,61	45,45
21-11-01	10325	27605	90	0,09	40	39,05	3,51	2484,45	1,172	1,67	55,56
30-11-01	15195	24878	55	0,055	16	35,19	1,94	1368,263	0,645	2,27	70,91
05-12-01	13841	24201	65	0,065	46	34,24	2,23	1573,033	0,742	2,50	29,23
07-12-01	13247	23904	55	0,055	18	33,82	1,86	1314,693	0,620	2,61	67,27
12-12-01	13083	23822	40	0,04	18	33,70	1,35	952,86	0,449	2,64	55,00
14-12-01	12959	23760	40	0,04	16	33,61	1,34	950,38	0,448	2,67	60,00
19-12-01	13251	23906	42	0,042	19	33,82	1,42	1004,031	0,473	2,61	54,76
21-12-01	13786	15533	50	0,05	22	21,97	1,10	776,65	0,366	1,25	56,00
02-01-02	6597	11939	18	0,018	16	16,89	0,30	214,893	0,101	2,62	11,11
04-01-02	13820	15550	75	0,075	19	22,00	1,65	1166,25	0,550	1,25	74,67
09-01-02	8961	13121	24	0,024	12	18,56	0,45	314,892	0,148	1,93	50,00
11-01-02	13411	15346	30	0,03	14	21,71	0,65	460,365	0,217	1,29	53,33
25-01-02	12506	14893	40	0,04	15	21,07	0,84	595,72	0,281	1,38	62,50
01-02-02	11210	14245	38	0,038	18	20,15	0,77	541,31	0,255	1,54	52,63
06-02-02	13163	15222	35	0,035	21	21,53	0,75	532,7525	0,251	1,31	40,00
08-02-02	12739	15010	30	0,03	19	21,23	0,64	450,285	0,212	1,36	36,67
15-02-02	11859	14570	50	0,05	24	20,61	1,03	728,475	0,344	1,46	52,00
27-02-02	13960	15620	48	0,048	24	22,10	1,06	749,76	0,354	1,24	50,00

APÊNDICE C – ETAR de Areias de Vilar

Tabela A7 – CBO₅ e CQO na ETAR de Areias de Vilar.

DATA	CBO ₅ (mgO ₂ /l)			CQO (mgO ₂ /l)			Eficiência de remoção (%)		CBO ₅ /CQO	
	AB	E T	remoção global (%)	AB	ED	ET	trat. biológico		AB	ET
							global			
03-09-01	320	17	94,7	673	85	83	2,35	87,7	0,48	0,20
10-09-01	168	16	90,5	388	109	74	32,11	80,9	0,43	0,22
17-09-01	53	10	81,1	112	88	43	51,14	61,6	0,47	0,23
24-09-01	320	15	95,3	552	113	69	38,94	87,5	0,58	0,22
01-10-01	98	15	84,7	182	136	76	44,12	58,2	0,54	0,20
08-10-01	643	18	97,2	983	181	85	53,04	91,4	0,65	0,21
15-10-01	100	26	74,0	182	147	108	26,53	40,7	0,55	0,24
23-10-01	200	10	95,0	337	74	47	36,49	86,1	0,59	0,21
29-10-01	230	10	95,7	430	155	51	67,10	88,1	0,53	0,20
05-11-01	400	10	97,5	639	151	49	67,55	92,3	0,63	0,20
12-11-01	360	19	94,7	588	245	97	60,41	83,5	0,61	0,20
19-11-01	320	16	95,0	618	81	70	13,58	88,7	0,52	0,23
26-11-01	180	15	91,7	421	106	74	30,19	82,4	0,43	0,20
03-12-01	123	23	81,3	227	602	98	83,72	56,8	0,54	0,23
10-12-01	320	12	96,3	549	288	57	80,21	89,6	0,58	0,21
17-12-01	500	15	97,0	751	479	70	85,39	90,7	0,67	0,21
24-12-01				323	716	123	82,82	61,9		
08-01-02	220	10	95,5	409	119	113	5,04	72,4	0,54	0,09
14-01-02	240	8	96,7	474	1036	65	93,73	86,3	0,51	—
21-01-02	220	6	97,3	515	446	99	77,80	80,8	0,43	0,06
28-01-02	640	10	98,4	1081	980	139	85,82	87,1	0,59	0,07
04-02-02	120	23	80,8	265	181	125	30,94	52,8	0,45	0,18
11-02-02	980	32	96,7	7705	1164	150	87,11	98,1	0,13	0,21
18-02-02	1050	14	98,7	1606	180	74	58,89	95,4	0,65	0,19
25-02-02	160	18	88,8	413	189	92	51,32	77,7	0,39	0,20
Média	332	15	92,27	817	322	85	53,85	79,15	0,52	0,19

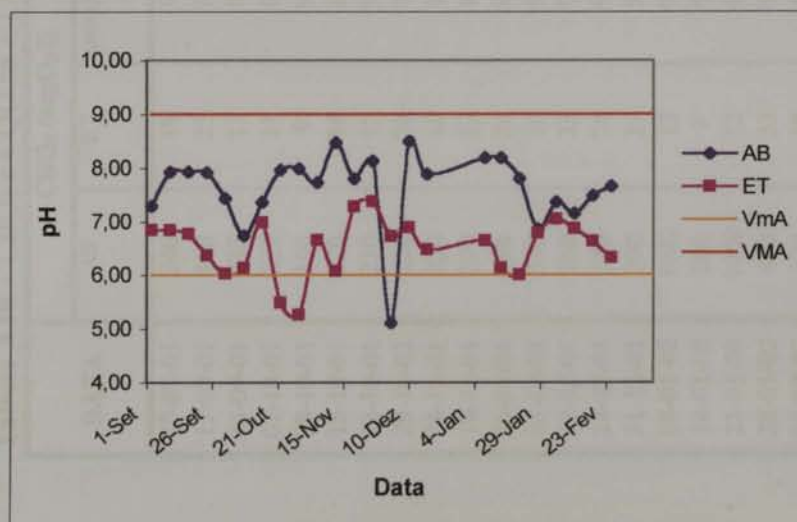
Tabela A8 – Sólidos na ETAR de Areias de Vilar.

DATA	AB			ED			TA			ET			Dig			Remoção Global (%)		S. Sedim.		IVL	
	SST	SSV	SSV/SST	SST	SSV	SSV/SST	SST	SSV	SSV/SST	SST	SSV	SSV/SST	SST	SSV	SSV/SST	SST	SSV	TA	Dig	TA	Dig
	(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)	(ml/l)	(ml/l)	(ml/g)	(ml/g)
03-09-01	104	60	0,58	16	8	0,50	600	100	0,17	18	13	0,72	120	80	0,67	82,7	78,3	26	2	43	19
10-09-01	116	88	0,76	32	24	0,75	260	180	0,69	18	8	0,44	160	40	0,25	84,5	90,9	3		10	0
17-09-01	152	132	0,87	32	16	0,50	560	260	0,46	36	23	0,64	200	100	0,50	76,3	82,6	14	6	25	30
24-09-01	132			76			540			35			164			73,5		10	2	19	12
01-10-01	100	68	0,68	210	190	0,90	1133	1066	0,94	43	36	0,84	1750	1500	0,86	57,0	47,1	700	250	618	143
08-10-01	776	616	0,79	144	108	0,75	470	240	0,51	58	43	0,74	610	420	0,69	92,5	93,0	8	7	17	11
15-10-01	68	64	0,94	80	76	0,95	290	240	0,83	53	51	0,96	930	600	0,65	22,1	20,3	5	26	17	28
23-10-01	72	68	0,94	41		0,00	180	100	0,56	31	28	0,90	1733	966	0,56	56,9	58,8	5	70	28	40
29-10-01	104	96	0,92	84	68	0,81	350	230	0,66	33	29	0,88	2800	1533	0,55	68,3	69,8	5	90	14	32
05-11-01	274	212	0,77	164	72	0,44	225	145	0,64	30	29	0,97	2600	1600	0,62	89,1	86,3	2	89	9	34
12-11-01	184	148	0,80	204	124	0,61	72	12	0,17	33	18	0,55	8860	5000	0,56	82,1	87,8		360	0	41
19-11-01	192	116	0,60	56	36	0,64	255	130	0,51	47	26	0,55	1400	850	0,61	75,5	77,6	3	50	12	36
26-11-01	182	152	0,84	50	43	0,86	62	47	0,76	39	34	0,87	1980	1280	0,65	78,6	77,6	70	<1	1129	
03-12-01	104	80	0,77	146	130	0,89	156	96	0,62	50	37	0,74	2620	156	0,06	51,9	53,8	2	100	10	38
10-12-01	156	144	0,92	348	228	0,66	52	48	0,92	34	29	0,85	2840	1860	0,65	78,2	79,9	<1	50		18
17-12-01	260	184	0,71	200	167	0,84	2760	1800	0,65	36	32	0,89	2667	1834	0,69	86,2	82,6				
24-12-01	78	68	0,87	636	400	0,63				37	28	0,76	3600	2320	0,64	52,6	58,8				
08-01-02	84	76	0,90	80	64	0,80	160	120	0,75	42	35	0,83	9800	6350	0,65	50,0	53,9	<1	430		44
14-01-02	116	108	0,93	1820	1736	0,95	340	240	0,71	48	33	0,69	5450	3650	0,67	58,6	69,4	4	220	12	40
21-01-02	124	104	0,84	84	60	0,71	350	230	0,66	52	40	0,77	4933	3100	0,63	58,1	61,5	5	160	14	32
28-01-02	3300	2460	0,75	1360	830	0,61	780	470	0,60	70	42	0,60	5350	3150	0,59	97,9	98,3	25	220	32	41
04-02-02	140	84	0,60	92	64	0,70	1370	830	0,61	54	35	0,65	7800	4340	0,56	61,4	58,3	74	300	54	38
11-02-02	6533	4233	0,65	1026	722	0,70	1130	810	0,72	37	28	0,76	8600	4660	0,54	99,4	99,3	28	310	25	36
18-02-02	1030	840	0,82	44	28	0,64	620	350	0,56	24	18	0,75	1267	900	0,71	97,7	97,9	17	350	27	276
25-02-02	172	104	0,60	47	30	0,64	1120	560	0,50	26	19	0,73	7380	4060	0,55	84,9	81,7	36	300	32	41
Média																72,6	73,6				
VLE.																					

60

Tabela A9 – pH na ETAR de Areias de Vilar.

Data	AB	ED	TA	ET	Dig
03-09-01	7,29	7,29	6,77	6,84	7,36
10-09-01	7,93	7,29	6,77	6,84	7,36
17-09-01	7,93	6,66	6,33	6,77	6,54
24-09-01	7,91	7,27	6,35	6,37	7,17
01-10-01	7,43	7,07	5,66	6,03	7,08
08-10-01	6,73	7,29	6,14	6,13	7,28
15-10-01	7,36	6,93	6,69	6,98	6,75
22-10-01	7,96	5,38	5,26	5,48	5,23
29-10-01	7,99	6,50	5,55	5,26	6,01
05-11-01	7,73	6,14	6,64	6,65	6,03
12-11-01	8,47	6,59	6,92	6,08	6,80
19-11-01	7,79	6,25	7,18	7,28	6,28
26-11-01	8,12	6,52	7,37	7,37	6,54
03-12-01	5,11	8,22	6,80	6,72	6,02
10-12-01	8,49	6,19	6,34	6,89	6,98
17-12-01	7,88	6,16	6,44	6,48	6,03
08-01-02	8,18	6,28	6,41	6,64	6,20
14-01-02	8,19	6,79	6,08	6,13	6,97
21-01-02	7,79	5,29	6,04	6,00	6,52
28-01-02	6,85	6,30	6,68	6,78	6,00
04-02-02	7,36	7,04	7,23	7,04	7,03
11-02-02	7,15	5,77	6,64	6,87	5,37
18-02-02	7,48	5,35	6,28	6,63	5,18
25-02-02	7,66	6,72	6,24	6,32	6,65



APÊNDICE D – ETAR da Várzea

Tabela A10 – CBO₅ e CQO na ETAR da Várzea.

DATA	CBO ₅ (mgO ₂ /l)			CQO (mgO ₂ /l)				CBO ₅ /CQO		
	AB	E T	remoção global (%)	AB	ED	ET	Eficácia de remoção (%)		AB	ET
							trat. biológico	global		
10-09-01	240	19	92,1	488	223	110	50,7	77,5	0,49	0,17
17-09-01	460	23	95,0	750	128	101	21,1	86,5	0,61	0,23
24-09-01	233	11	95,3	448	178	45	74,7	90,0	0,52	0,24
01-10-01	327	11	96,6	589	443	47	89,4	92,0	0,56	0,23
08-10-01	360	9	97,5	665	402	60	85,1	91,0	0,54	0,15
15-10-01	120	14	88,3	414	272	52	80,9	87,4	0,29	0,27
23-10-01	210	15	92,9	338	115	66	42,6	80,5	0,62	0,23
29-10-01	220	20	90,9	412	242	96	60,3	76,7	0,53	0,21
05-11-01	220	18	91,8	384	311	90	71,1	76,6	0,57	0,20
19-11-01	270	12	95,6	486	337	45	86,6	90,7	0,56	0,27
26-11-01	490	26	94,7	873	341	123	63,9	85,9	0,56	0,21
03-12-01	350	16	95,4	627	223	65	70,9	89,6	0,56	0,25
17-12-01	260	23	91,2	442		124		71,9	0,59	0,19
24-12-01	388	24	93,8	639	3064	113	96,3	82,3	0,61	0,21
31-12-01	390	29	92,6	610	328	142	56,7	76,7	0,64	0,20
08-01-02	1000	12	98,8	1547	1776	121	93,2	92,2	0,65	0,10
14-01-02	260	9	96,5	464	1092	79	92,8	83,0	0,56	0,11
21-01-02	1000	12	98,8	1087	858	107	87,5	90,2	0,92	0,11
28-01-02	400	33	91,8	600	225	149	33,8	75,2	0,67	0,22
04-02-02	320	16	95,0	550	236	78	66,9	85,8	0,58	0,21
11-02-02	580	25	95,7	905	526	124	76,4	86,3	0,64	0,20
18-02-02	90	19	78,9	187	132	86	34,8	54,0	0,48	0,22
25-02-02	380	38	90,0	643	215	161	25,1	75,0	0,59	0,24
Média	373	19	93,4	615	530	95	66,4	82,5	0,58	0,20

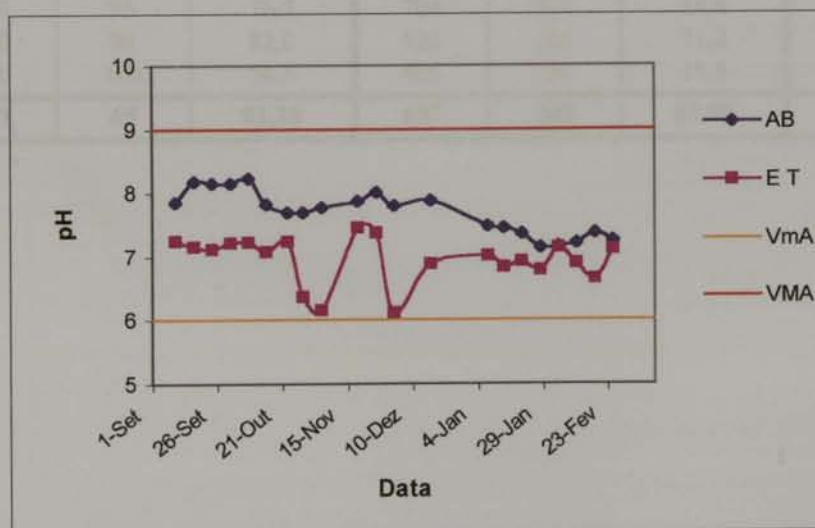
Tabela A11 – Sólidos na ETAR da Várzea.

DATA	AB			ED			TA			ET			Dig			Remoção Global (%)		S. Sedim.		IVL	
	SST	SSV	SSV/SST	SST	SSV	SSV/SST	SST	SSV	SSV/SST	SST	SSV	SSV/SST	SST	SSV	SSV/SST	SST	SSV	TA	Dig	TA	Dig
	(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)				(ml/l)	(ml/l)	(ml/g)	(ml/g)
10-09-01	160	128	0,80	24	8	0,33	8450	6600	0,78	35	31	0,89	6300	4700	0,75	78	76	700	500	83	79
17-09-01	412	304	0,74	84	32	0,38	5350	3800	0,71	21	14	0,67	13200	7900	0,60	95	95	400	800	75	61
24-09-01	156	134	0,86	136	132	0,97	10900	9600	0,88	23	22	0,96	18600	13400	0,72	85	84	700	425	64	23
01-10-01	268	244	0,91	96	92	0,96	2250	1520	0,68	13	1	0,08	1320	960	0,73	95	100				
08-10-01	240	224	0,93	268	196	0,73	5980	4100	0,69	18	16	0,89	4900	4100	0,84	93	93	490	200	82	41
15-10-01	184	180	0,98	128	124	0,97	5300	4533	0,86	30	29	0,97	1163	913	0,79	84	84	320	40	60	34
23-10-01	124	120	0,97	46	42	0,91	2250	1450	0,64	16	14	0,88	6800	4100	0,60	87	88	70	250	31	37
29-10-01	132	108	0,82	124	88	0,71	2533	1666	0,66	33	25	0,76	7200	4500	0,63	75	77	140	270	55	38
05-11-01	120	96	0,80	152	108	0,71	3540	2080	0,59	31	21	0,68	8000	5300	0,66	74	78	150	350	42	44
19-11-01	122	104	0,85	168	124	0,74	9250	6150	0,66	21	18	0,86	4800	3750	0,78	83	83	410	240	44	50
26-11-01	708	604	0,85	170	144	0,85	8857	6057	0,68	38	28	0,74	725	555	0,77	95	95	500	16	56	22
03-12-01	256	208	0,81	118	86	0,73	7620	4980	0,65	33	26	0,79	1610	1040	0,65	87	88	500	50	66	31
17-12-01	172	148	0,86	3700	2467	0,67	6267	4234	0,68	54	38	0,70	9233	6366	0,69	69	74	285	410	45	44
24-12-01	308	248	0,81	6950	4650	0,67	7433	5033	0,68	13	10	0,77	10200	6800	0,67	96	96				
31-12-01	188	132	0,70	2196	136	0,06	8850	5950	0,67	34	24	0,71	7950	5400	0,68	82	82	590	400	67	50
08-01-02	332	264	0,80	4060	2800	0,69	4180	3000	0,72	33	28	0,85	9400	6850	0,73	90	89	260	850	62	90
14-01-02	152	140	0,92	2760	2060	0,75	88	68	0,77	31	25	0,81	2700	2040	0,76	80	82	<1	180		67
21-01-02	1244	940	0,76	950	670	0,71	3067	3067	1,00	43	36	0,84	3733	2766	0,74	97	96	280	250	91	67
28-01-02	324	264	0,81	160	112	0,70	6700	6700	1,00	97	78	0,80	5600	4000	0,71	70	70	550	350	82	63
04-02-02	288	176	0,61	128	100	0,78	3260	2140	0,66	17	13	0,76	15200	11250	0,74	94	93	200		61	0
11-02-02	1020	690	0,68	760	580	0,76	6280	4160	0,66	31	23	0,74	8600	5750	0,67	97	97	500	600	80	70
18-02-02	48	30	0,63	111	72	0,65	6940	4480	0,65	40	28	0,70	9325	6175	0,66	17	7	610	900	88	97
25-02-02	272	184	0,68	200	120	0,60	6320	4120	0,65	66	47	0,71	3980	2620	0,66	76	74	500	215	79	54
Média																82	83				
VLE																					

60

Tabela A12 – pH na ETAR da Várzea.

DATA	AB	ED	TA	E T	Dig
10-09-01	7,85	7,38	7,32	7,25	6,42
17-09-01	8,18	7,31	5,95	7,16	6,00
24-09-01	8,15	7,10	5,86	7,12	6,03
01-10-01	8,15	7,38	6,07	7,22	6,16
08-10-01	8,23	7,36	6,56	7,23	6,63
15-10-01	7,82	7,18	6,42	7,08	6,68
23-10-01	7,69	7,09	7,25	7,24	6,80
29-10-01	7,69	7,25	6,32	6,36	6,95
05-11-01	7,77	7,30	6,14	6,15	7,00
19-11-01	7,87	7,51	7,17	7,46	7,28
26-11-01	8,01	7,38	7,37	7,38	7,22
03-12-01	7,80	7,38	6,03	6,11	7,15
17-12-01	7,88	6,88	6,88	6,89	6,77
08-01-02	7,49	7,11	6,93	7,02	6,96
14-01-02	7,46	6,85	5,67	6,84	6,83
21-01-02	7,37	7,14	7,00	6,93	6,75
28-01-02	7,15	7,10	6,71	6,79	6,89
04-02-02	7,17	7,27	7,04	7,15	6,86
11-02-02	7,22	7,02	6,99	6,90	6,85
18-02-02	7,38	7,30	6,69	6,65	6,89
25-02-02	7,26	7,11	6,96	7,12	6,85



APÊNDICE E – ETAR de S. Romão da Ucha

Tabela A13 – CBO₅ e CQO na ETAR de S. Romão da Ucha.

DATA	CBO ₅ (mgO ₂ /l)			CQO (mgO ₂ /l)			CBO ₅ /CQO	
	AB	ET	remoção global (%)	AB	ET	remoção global (%)	AB	ET
04-09-01	327	24	92,7	538	125	76,8	0,61	0,19
11-09-01	343	26	92,4	540	127	76,5	0,64	0,20
18-09-01	325	28	91,4	557	130	76,7	0,58	0,22
25-09-01	415	34	91,8	692	142	79,5	0,60	0,24
02-10-01	270	51	81,1	631	184	70,8	0,43	0,28
09-10-01	325	40	87,7	590	136	76,9	0,55	0,29
16-10-01	548	68	87,6	827	173	79,1	0,66	0,39
24-10-01	340	70	79,4	592	182	69,3	0,57	0,38
06-11-01	360	32	91,1	655	141	78,5	0,55	0,23
13-11-01	340	39	88,5	652	189	71,0	0,52	0,21
20-11-01	420	38	91,0	738	180	75,6	0,57	0,21
27-11-01	400	30	92,5	759	111	85,4	0,53	0,27
04-12-01	820	20	97,6	916	98	89,3	0,90	0,20
11-12-01	560	25	95,5	918	85	90,7	0,61	0,29
26-12-01	480	100	79,2	858	227	73,5	0,56	0,44
07-01-02	630	120	81,0	906	342	62,3	0,70	0,35
15-01-02	380	100	73,7	620	264	57,4	0,61	0,38
22-01-02	400	100	75,0	760	285	62,5	0,53	0,35
29-01-02	640	125	80,5	875	332	62,1	0,73	0,38
05-02-02	140	130	7,1	378	280	25,9	0,37	0,46
12-02-02	400	95	76,3	704	324	54,0	0,57	0,29
19-02-02	500	90	82,0	924	266	71,2	0,54	0,34
26-02-02	220	100	54,5	405	326	19,5	0,54	0,31
Média	417	65	81,28	697	202	68,89	0,59	0,30

Tabela A14 – Sólidos na ETAR de S. Romão da Ucha.

DATA	AB			TA			ET			Remoção Global		S.sed. TA	
	SST (mg/l)	SSV (mg/l)	SSV/SST	SST (mg/l)	SSV (mg/l)	SSV/SST	SST (mg/l)	SSV (mg/l)	SSV/SST	SST (%)	SSV (%)	SS (ml/l)	IVL (ml/g)
04-09-01	79			40			50			37		160	4000
11-09-01	9150	6500	0,71	680	420	0,62	59			99		14	21
18-09-01	118	58	0,49	460	160	0,35	80			32		220	478
25-09-01	124	100	0,81	1450	980	0,68	52	74	1,42	58	26	221	152
02-10-01	136	132	0,97	1770	1350	0,76	75	61	0,81	45	54	160	90
09-10-01	148	140	0,95	190	170	0,89	50	42	0,84	66	70	215	1132
16-10-01	468	360	0,77	280	170	0,61	58	30	0,52	88	92	220	786
24-10-01	132	84	0,64	156	80	0,51	63	54	0,86	52	36	221	1417
06-11-01	160	116	0,73	1220	800	0,66	64	45	0,70	60	61	96	79
13-11-01	140	80	0,57	1640	1160	0,71	67			52		150	91
20-11-01	208	152	0,73	520	360	0,69	36	27	0,75	83	82	46	88
27-11-01	252	204	0,81	2170	1340	0,62	59	53	0,90	77	74	430	198
04-12-01	810	420	0,52	4540	1520	0,33	33	27	0,82	96	94	240	53
11-12-01	584	284	0,49	1010	330	0,33	35	20	0,57	94	93	33	33
26-12-01	476	368	0,77	58	48	0,83	100	82	0,82	79	78		
07-01-02	448	296	0,66	930	560	0,60	144	128	0,89	68	57	6	11
15-01-02	260	192	0,74	530	320	0,60	106	86	0,81	59	55	30	16
22-01-02	340	272	0,80	1910	830	0,43	160	50	0,31	53	82	15	13
29-01-02	340	156	0,46	1140	560	0,49	132	98	0,74	61	37	28	15
05-02-02	200	60	0,30	1860	940	0,51	166	84	0,51	17	-40	35	14
12-02-02	172	164	0,95	2550	980	0,38	124	96	0,77	28	41	16	12
19-02-02	1020	400	0,39	1290	590	0,46	96	56	0,58	91	86	16	12
26-02-02	200	102	0,51	3940	1300	0,33	148	130	0,88	26	-27	60	15
Média										62	55		
VLE							60						

Tabela A15 – pH na ETAR de S. Romão da Ucha.

DATA	AB	TA	ET
04-09-01	7,22	7,12	7,03
11-09-01	7,36	7,23	7,16
18-09-01	7,66	7,46	7,37
25-09-01	7,86	6,98	7,01
02-10-01	7,22	7,12	7,03
09-10-01	7,36	7,23	7,16
16-10-01	7,66	7,46	7,37
24-10-01	7,86	6,98	7,01
06-11-01	8,28	7,01	7,16
13-11-01	7,97	7,18	6,52
20-11-01	8,52	7,26	7,26
27-11-01	8,52	6,88	6,96
04-12-01	8,13	7,06	7,06
11-12-01	8,36	7,32	7,31
26-12-01	8,55	7,67	7,37
07-01-02	8,23	7,3	7,18
15-01-02	8,39	7,59	7,38
22-01-02	8,51	7,21	7,20
29-01-02	8,34	7,52	7,43
05-02-02	6,54	6,99	7,15
12-02-02	8,47	7,39	7,40
19-02-02	8,30	7,72	7,56
26-02-02	7,73	7,20	7,28





FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000090132