



**Daniela Lopes Cotrim**  
Licenciatura em Engenharia do Ambiente

## **OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE AREJAMENTO DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DA ETAR DA ERICEIRA**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão da Água

Orientador: Leonor Miranda Monteiro do Amaral; Prof. Auxiliar,  
FCT/UNL  
Co-orientador: Susana Almeida, Eng<sup>a</sup>

Júri:  
Presidente: Prof. Doutor António Pedro de Nobre Carmona Rodrigues  
Arguente: Prof. Doutor António Pedro Macedo Coimbra Mano  
Vogais: Prof. Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral  
Eng.<sup>a</sup> Susana Isabel Duarte de Almeida



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Abril, 2013





**Daniela Lopes Cotrim**  
Licenciatura em Engenharia do Ambiente

## **OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE AREJAMENTO DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DA ETAR DA ERICEIRA**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão da Água

Orientador: Leonor Miranda Monteiro do Amaral; Prof. Auxiliar,  
FCT/UNL  
Co-orientador: Susana Almeida, Eng<sup>a</sup>

Júri:  
Presidente: Prof. Doutor António Pedro de Nobre Carmona Rodrigues  
Arguente: Prof. Doutor António Pedro Macedo Coimbra Mano  
Vogais: Prof. Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral  
Eng.<sup>a</sup> Susana Isabel Duarte de Almeida



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Abril, 2013



Otimização das condições de arejamento do Tratamento Biológico da ETAR da Ericeira

Copyright Daniela Lopes Cotrim, FCT/UNL, UNL

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



## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho representa o culminar de um esforço que não conseguiria ter concretizado sem o apoio de algumas pessoas.

Aos meus pais e à minha irmã, agora também por isto, somado já a tantas outras coisas... Pai, Mãe, Mana... Obrigada.

Ao Zé Manel, por tudo e agora também pelas horas perdidas nisto...Obrigada.

Ao Eng. Pedro Póvoa e ao Eng. Martim Franco, pelo que me ensinaram e pelo tempo que dispensaram só para me aturar...Obrigada.

Às minhas orientadoras Professora Engenheira Leonor Amaral e Engenheira Susana Almeida, pelo seu inquestionável valor profissional, pela paciência, pela ajuda e compreensão, e por tudo o que não ficará aqui registado... Obrigada.



## ÍNDICE GERAL

1. Introdução .....	1
2. Objetivos .....	3
3. Revisão Bibliográfica .....	5
4. Caso de Estudo – ETAR da Ericeira .....	15
4.1. Descrição .....	15
4.2 Sistema de Tratamento Biológico .....	20
4.3 Metodologia .....	21
4.3.1 Material .....	22
5. Resultados e Discussão .....	23
5.1 Cálculos .....	23
5.2 Análise dos dados de arejamento .....	23
5.3 Análise Comparativa .....	24
5.4 Análise dos fins de semana e semanas .....	27
5.5 Análise dos dias secos e húmidos .....	29
5.6 Modelação .....	32
5.7 Objetivos de qualidade .....	34
6. Conclusão .....	35
7. Recomendações .....	37
8. Bibliografia .....	39
9. Anexos .....	42
Anexo 1 – Dados de precipitação média diária (mm) do período analisado .....	41
Anexo 2 – Detalhe dos equipamentos inseridos no reator biológico .....	42
Anexo 3 – Dados das análises laboratoriais dos parâmetros de CBO5, CQO, e SST do período analisado .....	43
Anexo 4 – Gráficos dos dados semanais de OD nas Linhas 1 e 2.....	44
Anexo 5 – Dados de decantabilidade de SVI .....	59



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Esquema básico do processo de lamas ativadas .....	8
Figura 4.1 Ortofotomapa da região da ETAR da Ericeira .....	15
Figura 4.2 Diagrama de processo da ETAR da Ericeira, com todas as etapas correspondentes à parte líquida e à parte sólida e respetivo destino final .....	19
Figura 4.3.1.1 Corte em perfil do tanque de arejamento com indicação da localização da sonda de OD .....	22
Figura 4.3.1.2 Vista de cima das duas linhas de arejamento com localização das sondas de OD .....	22
Figura 5.2.1 Variação média diária dos dados de OD (mg/L) para a Linha 1 e Linha 2 .....	23
Figura 5.3.1 Dados médios diários de OD nas duas linhas e caudal registados no período experimental .....	25
Figura 5.3.2 Dados médios diários de precipitação e caudal registados no período experimental .....	25
Figura 5.3.3 OD (mg/L) da Linha 1 e desvio padrão dos valores médios diários do período experimental .....	26
Figura 5.3.4 OD (mg/L) da Linha 2 e desvio padrão dos valores médios diários do período experimental .....	26
Figura 5.3.5 OD (mg/L) da Linha 1 e desvio padrão dos valores médios de 2 em 2 minutos de uma amostra de 1 hora .....	27
Figura 5.3.6 OD (mg/L) da Linha 2 e desvio padrão dos valores médios de 2 em 2 minutos de uma amostra de 1 hora .....	27
Figura 5.4.1 Variação média diária do OD (mg/L) na Linha 1, comparando os dados de fim de semana (FDS) com os da Semana (S) .....	28
Figura 5.4.2 Variação média diária do OD (mg/L) na Linha 2, comparando os dados de fim de semana (FDS) com os da semana (S) .....	28
Figura 5.5.1 – Variação dos valores médios diários de OD e Q no dia 7 de Maio de 2012, com precipitação de 28mm .....	29
Figura 5.5.2 – Variação dos valores médios diários de OD e Q no dia 2 de Maio de 2012, com precipitação de 20mm .....	30
Figura 5.5.3 – Variação dos valores médios diários de OD e Q no dia 3 de Maio de 2012, com precipitação de 11mm .....	31
Figura 5.5.4 – Variação dos valores médios diários de OD e Q no dia 18 de Maio de 2012, com precipitação de 15mm.....	31
Figura 5.5.5 – Variação dos valores médios diários de OD e Q no dia 27 de Maio de 2012, com sem precipitação .....	32



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 Dimensões típicas de um tanque de arejamento para arejamento mecânico.....	13
Tabela 4.1 Dados de dimensionamento de projecto .....	16
Tabela 4.2 Objetivos de qualidade da descarga fixados na licença .....	17
Tabela 4.3.1.1 Caraterísticas das sondas utilizadas para medir o OD do tanque de arejamento ...	22
Tabela 5.6.1 Resumo dos resultados do modelo GPS-X .....	33



## RESUMO

Este trabalho foi realizado na ETAR da Ericeira, que tem um sistema de tratamento biológico de Lamas Ativadas, em regime de arejamento prolongado. Os principais objetivos deste estudo foram a análise das atuais condições de arejamento do tratamento biológico e a avaliação da possibilidade de redução dos períodos de arejamento com vista a reduzir os custos energéticos.

O sistema de arejamento do tratamento biológico foi acompanhado durante os meses de Abril e Maio de 2012 através da recolha contínua de dados de sondas integradas no tanque.

Foi possível verificar elevadas concentrações de oxigénio dissolvido em vários períodos do dia, concluindo-se que existe a possibilidade de se reduzir o tempo de arejamento e consequentemente os custos energéticos.

**Palavras – chave:** Tratamento de Águas Residuais, Lamas Ativadas, Arejamento Prolongado, Oxigénio Dissolvido, Custos Energéticos.



## ABSTRACT

This study was conducted at the Ericeira Waste Water Treatment Plant, which has a biological treatment system of Activated Sludge in extended aeration system. The main goals of this study were to analyze the current conditions of aeration biological treatment and evaluate of the possibility of reduction of periods of aeration to reduce energy costs.

The biological treatment system of aeration was monitored during the months of April and May 2012 by collecting continuous data incorporated in probes tank.

It was possible to verify higher dissolved oxygen concentrations at various times of the day, concluding that it is possible to reduce the time of aeration and hence energy costs.

**Keywords:** Wastewater Treatment, Activated Sludge, Extended Aeration, Dissolved Oxygen, Energy Costs.



## 1. INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial à vida e é um fator primordial e insubstituível no desenvolvimento das sociedades e das suas atividades económicas. É conhecida a importância histórica dos cursos de água na evolução de civilizações, que marcou a presença do Homem sobre a Terra (Leitão et al.,1996.).

A água é um bem escasso que necessita de ser preservado, gerido e reutilizado. Existem vários processos de tratamento tanto para a água para consumo humano como para as águas residuais. A construção de estações de tratamento de águas residuais é essencial para a manutenção da qualidade das águas.

Os crescentes requisitos legais e a necessidade de manter e melhorar o ambiente, exigem que os sistemas de tratamento das águas residuais consigam, com os menores custos possíveis, assegurar níveis, cada vez com maior eficiência, de forma a não comprometer e, no limite, até a melhorar a qualidade dos meios recetores.

O objeto de estudo desta dissertação foi apoiado num caso real - ETAR da Ericeira. Esta ETAR situa-se na Região de Lisboa, concelho de Mafra, freguesia da Ericeira e faz parte das infraestruturas exploradas pela empresa SimTejo, SA.. Esta ETAR apresenta tratamento secundário com um sistema de Lamas Ativadas, em regime de arejamento prolongado.

Este trabalho está inserido num esforço global para reduzir custos de operação e racionalizar consumos de energia. No caso particular da Simtejo, insere-se nos objetivos do Plano Geral de Intervenção de Eficiência Energética da Simtejo e é um teste pioneiro, que poderá servir de base para estudos semelhantes a realizar noutras instalações



## 2. OBJETIVOS

Os principais objetivos deste trabalho são:

- Avaliar a possibilidade de redução dos períodos de funcionamento dos arejadores, num sistema de lamas ativadas em arejamento prolongado de forma a reduzir custos energéticos.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem significativas variações das características dos afluentes a uma estação de tratamento de águas residuais nomeadamente na sua composição, o que torna os controlos operacionais muito importantes. No entanto, a implementação desse controlo torna-se difícil tendo em consideração as variações diárias do afluente (Sperling, 2007).

De acordo com Sperling, (2007) os principais objetivos da implementação de controlos operacionais numa estação de tratamento de águas residuais são:

- Produzir um efluente final com uma qualidade que esteja em concordância com os standards de descarga;
- Minimizar os efeitos devidos à variação da qualidade do afluente;
- Reduzir custos operacionais;
- Aumentar a capacidade de tratamento sem expansão física do sistema;
- Implementar uma operação com eficiência variável de forma a adaptar-se às variações sazonais;
- Reduzir a necessidade de trabalho e de recursos humanos.

Em termos de controlos operacionais automatizados, existem dificuldades adicionais que reduzem a sua aplicação de uma forma mais ampla, como sejam (Sperling, 2007):

- As características do afluente são dinâmicas, com variações desconhecidas;
- O efeito das ações de controlo varia com as diferentes variáveis no processo, em termos de desfasamento de tempo e capacidade de resposta;
- Nem todas as variáveis do processo podem ser medidas diretamente;
- As ações de controlo são normalmente limitadas pelas restrições físicas do sistema;.

No entanto, muitos destes problemas foram recentemente reduzidos pelo desenvolvimento de sondas com maior capacidade, mais baratas e com

tecnologia de informação mais acessível, modelos matemáticos mais precisos e novos parâmetros de controlo (Sperling, 2007).

De acordo com Metcalf & Eddy (2003), uma água residual pode ser definida como sendo uma junção de águas, incluindo a água de abastecimento após ser utilizada, a água subterrânea e, também, a água pluvial, que transportam subprodutos provenientes de residências e estabelecimentos comerciais e industriais.

Quando a água residual urbana não tratada se torna séptica, a decomposição de matéria orgânica que nela está presente irá potenciar a produção de gases odoríficos (Metcalf & Eddy, 2003).

Em consequência da degradação microbiológica da matéria orgânica, a deposição da mesma nos meios recetores tem como principal efeito a redução da concentração de oxigénio dissolvido (Gray, 2004). No entanto, as águas residuais urbanas também contêm igualmente nutrientes que podem potenciar o crescimento de plantas aquáticas, podendo igualmente conter compostos tóxicos. Dependendo da sua composição, as águas residuais são constituídas por matéria orgânica e mineral, assim como por uma elevada quantidade de microrganismos, como bactérias e vírus, metais pesados, pesticidas e eventualmente compostos radioativos (Henze, 1995). Vários outros produtos são descarregados indesejadamente nas redes de águas residuais, tais como produtos de higiene, produtos tóxicos, detergentes, entre outros, assim como resíduos sólidos, tais como preservativos ou cotonetes (AEA, 1998).

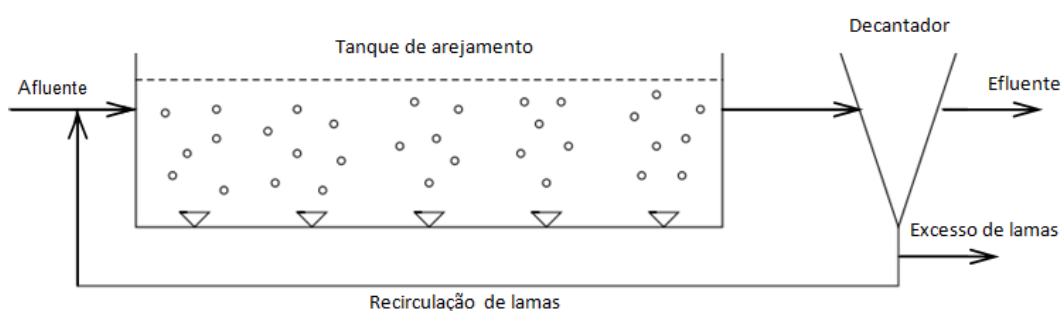
O principal objetivo do tratamento de águas residuais é proteger a saúde e o bem-estar das comunidades. O trabalho desenvolvido para alcançar este objetivo é regido pela legislação que é variável consoante as diferentes entidades reguladoras. Sem a devida recolha, tratamento, redução de sólidos e reutilização de produtos gerados pelo processo de tratamento, não será possível o cumprimento do objetivo e existirão utilizadores a jusante que estarão em risco (Guarino, et al., 1976).

De acordo com os dados do Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Águas e Águas Residuais do Instituto de Água (2008), em Portugal, apenas 70% da população portuguesa é abrangida por sistemas

públicos de tratamento de águas residuais. No que diz respeito aos níveis de atendimento em termos de saneamento no concelho de Mafra podemos verificar, comparativamente com os dados nacionais, uma diminuição dos valores, de 70% para 54%, da população abrangida por sistemas públicos de tratamento de águas residuais. No entanto, no Plano Estratégico de Abastecimento de Águas e Saneamento de Águas Residuais para o período de 2007 – 2013, prevê-se um atendimento de cerca de 90% da população total do país com sistemas públicos de saneamento de águas residuais urbanas, sendo que em cada sistema integrado o nível de atendimento deverá ser de, pelo menos, 70% da população abrangida. Assim, é importante continuar a investir na recolha e tratamento de Águas Residuais Urbanas.

No processo de tratamento, após a água residual ser sujeita ao pré-tratamento onde são retirados os sólidos de maiores dimensões, a água residual poderá ser sujeita ao tratamento primário, onde a matéria suspensa sedimentável (orgânica e não orgânica) é em parte separada da fração líquida através da operação de sedimentação. Este processo físico pode ser ajudado pela adição de substâncias químicas que levam à floculação/coagulação, permitindo uma decantação/sedimentação mais eficiente. A matéria poluente ainda presente é de dimensões reduzidas, sendo possível a sua remoção por via biológica – tratamento secundário (Metcalf & Eddy, 2003). Uma grande quantidade da matéria orgânica ocorre na forma dissolvida e tem de ser transformada para que possa ser removível. Os microrganismos, entre os quais bactérias, são as mais importantes para realizar esta tarefa. Para o crescimento e a propagação das bactérias são necessários energia e nutrientes. A maioria das bactérias usam matéria orgânica para o seu crescimento mas, noutros casos, algumas bactérias utilizam também outras fontes para o seu crescimento. As bactérias recém-criadas unem-se em flocos suficientemente pesados para serem removidos em tanques de sedimentação. Deste modo, os microrganismos transformam e concentram o material orgânico dissolvido. Todas as bactérias provenientes do afluente formam uma cultura mista composta por diversos tipos de bactérias que variam, uma vez que a origem do efluente nunca é a mesma. Verifica-se a existência de processos biológicos no tratamento biológico dos cursos de água naturais, mas é nas estações de tratamento de águas residuais que esses

processos se tornam mais eficazes. A elevada concentração de microrganismos e as boas condições de substrato tornam as condições existentes nos reatores biológicos das ETAR mais favoráveis, do ponto de vista da degradação biológica. Existem muitos e diferentes sistemas para o tratamento biológico de efluentes. Um dos mais comuns é o processo de Lamas Ativadas (Figura 3.1) que será descrito seguidamente (Rehnström, 2000).



**Figura 3.1- Esquema básico do processo de Lamas Ativadas**

O processo de lamas ativadas é usado habitualmente para o tratamento biológico de águas residuais domésticas e industriais. Os antecedentes do processo remontam aos anos de 1880 com o trabalho do Dr. Angus Smith, que investigou a relação entre o arejamento das águas residuais em tanques e a oxidação da matéria orgânica presente nas mesmas. O arejamento da água residual foi estudado subsequentemente por vários investigadores e, em 1910, Black and Phelps reportaram um aumento considerável na decomposição como resultado da injeção de ar na água residual (Metcalf & Eddy, 2003; Dapena, Ronzano, 2002).

O processo de lamas ativadas é um processo de tratamento biológico de água residual em que a água residual e os microrganismos, que constituem as lamas biológicas são agitados e arejados. Os sólidos biológicos são subsequentemente separados da água residual tratada e voltam ao processo de arejamento, consoante as necessidades. O nome do processo de lamas ativadas deriva do complexo biológico que se forma quando há continuamente injeção de ar na água residual. Neste processo, os microrganismos são sujeitos a condições

que estimulam o seu crescimento através da utilização de compostos orgânicos. Ao crescerem os microrganismos são misturados através da agitação e formam um aglomerado ativo de microrganismos ao qual se chama floco biológico (Gray, 1999).

Na prática, a água residual flui continuamente no tanque de arejamento onde o ar é injetado para garantir condições de mistura para todo o conteúdo do reator e para fornecer o oxigênio necessário aos microrganismos. À mistura de lamas ativadas e da água residual no tanque de arejamento chama-se licor misto. O licor misto passa do tanque de arejamento para o decantador secundário onde a lama ativada é retirada por sedimentação. Uma parte das lamas volta ao tanque de arejamento por forma a manter a maior quantidade de população de microrganismos no tanque de arejamento (Gray, 1999).

Por definição, o processo de tratamento por lamas ativadas contém três componentes básicos (Metcalf & Eddy, 2003):

- um tanque de arejamento, onde os microrganismos se encontram em suspensão e em condições de arejamento, que conduzem a condições aeróbias;
- tanques de sedimentação onde se promove a separação sólido-líquido;
- sistema de recirculação ao tanque de arejamento dos sólidos retidos no fundo do decantador.

Os tanques usados para garantir as reações físicas, químicas e bioquímicas são chamados de reatores. Os reatores são basicamente classificados pelas suas características de escoamento e pelas suas condições de mistura. Os reatores de fluxo contínuo de mistura completa caracterizam-se por uma entrada e saída contínua de efluente; por condições homogêneas em todo o volume do tanque e por apresentarem composição do efluente igual à composição do tanque (Mackenzie & Davis, 1998).

Estatisticamente a maior parte das instalações com processo de lamas ativadas têm uma etapa de sedimentação primária. A sedimentação primária é a mais eficiente a remover sólidos sedimentáveis, sendo o processo físico essencial para remover partículas (suspensas) de substâncias orgânicas (Metcalf & Eddy, 2003).

Para estações que tratam água residual de comunidades pouco populosas, a decantação primária não é muitas vezes usada optando-se por métodos com

menores custos de operação. O tratamento primário é frequentemente evitado em áreas do mundo que têm climas quentes onde os problemas de odor, derivado dos decantadores primários e da presença e processamento de lamas primárias, podem ser significativos. Para essas estações são utilizadas várias modificações ao processo básico de lamas ativadas, incluindo SBR (sequencial batch reactor), valas de oxidação, lagoas arejadas ou lagoas de estabilização (Metcalf & Eddy, 2003).

Segundo Metcalf & Eddy (2003) o sistema de arejamento aplicado ao processo de lamas ativadas tem de ser adequado a:

- Satisfazer a CQO biodegradável;
- Satisfazer a respiração endógena da biomassa;
- Satisfazer os níveis de oxigênio se houver nitrificação;
- Garantir que o conteúdo está agitado;
- Manter a concentração mínima de OD dentro do tanque de arejamento.

De acordo com Metcalf & Eddy (2003), o equipamento de arejamento deve ser dimensionado para um mínimo de oxigênio dissolvido residual no tanque de arejamento de 2mg/L. O equipamento de arejamento deve ser concebido para ter grande facilidade em:

- identificar o mínimo e máximo de exigência em oxigênio;
- prevenir o arejamento excessivo e poupar energia.

Existem vários tipos de sistemas de arejamento utilizados no tratamento de águas residuais. O sistema usado depende da função para que é desenvolvido, do tipo e geometria do reator, dos custos de instalação e da operação do sistema.

Os principais tipos de sistemas de arejamento são:

- sistemas por ar difuso;
- sistemas por arejamento mecânico.

Os arejadores mecânicos são divididos em dois grupos, com base no design do equipamento e características da operação:

- arejadores com eixo vertical;
- arejadores com eixo horizontal.

Os dois grupos subdividem-se em arejadores de superfície ou submersos. No caso dos arejadores submersos, o oxigénio provém da atmosfera e, em alguns casos, de ar ou oxigénio puro introduzido no fundo do tanque. Em alguns casos, a bombagem ou agitação dos arejadores ajuda a manter a mistura do conteúdo do tanque de arejamento.

Os mecanismos de arejamento à superfície com eixo vertical são concebidos para induzir corrente ascendente ou descendente através de uma ação de bombagem. Os arejadores de superfície consistem em impulsores total ou parcialmente submersos, acoplados a motores montados sobre flutuadores ou estruturas fixas (Metcalf & Eddy, 2003).

O arejamento tem uma dupla função, fornecer oxigénio aos microrganismos aeróbios do reator para a sua respiração e manter os flocos microbiológicos num estado contínuo de suspensão agitada, que assegura um máximo contacto entre a superfície do floco e a água residual. A contínua ação de mistura é importante não só para assegurar alimento adequado, mas também um gradiente de concentração de oxigénio máximo para promover transferência de massa e ajudar a dispersar produtos finais do metabolismo do interior do floco (Gray, 1999).

O processo de arejamento prolongado utiliza longos períodos de tempo de retenção (18 a 24h) e baixos fatores de carga, o que resulta numa produção mínima de lamas, mas com altas necessidades em oxigénio por quilo de remoção de CBO. O processo pode ser operado em qualquer tipo de tanque (Eckenfelder & Grau, 1992).

Devido às variações diurnas de CBO e cargas de amónia, a necessidade de oxigénio varia com o tempo seguindo um certo padrão diurno e incorpora uma série de componentes imprevisíveis. Se o oxigénio for oferecido a um ritmo constante, igual à média da necessidade de oxigénio, tanto haverá períodos em que existirá falta de arejamento, como períodos em que existirá arejamento em excesso, durante o dia. Para evitar esta situação, a taxa de transferência de oxigénio deve ser correspondente à necessidade de pico, levando naturalmente a períodos de arejamento em excesso durante o dia (Sperling, 2007).

Devido às reações bioquímicas que usam o aumento de oxigénio com o aumento da temperatura, os níveis de oxigénio dissolvido tendem a ser mais

críticos nos meses de verão. O problema agrava-se nos meses de verão porque o caudal é baixo e a quantidade total de oxigénio disponível também é baixa (Metcalf & Eddy, 2003).

A presença de oxigénio dissolvido na água residual é desejável porque previne a formação de odores tóxicos (Metcalf & Eddy, 2003).

O limitar de valores de oxigénio dissolvido pode originar problemas de bulking. Assim os valores de oxigénio dissolvido podem ser facilmente controlados pelos equipamentos de operação e pelo arejamento adequado, impedindo a carência de oxigénio (Metcalf & Eddy, 2003)

A maior parte do oxigénio que deve ser transferido para dentro do tanque deve suprir as necessidades dos microrganismos das lamas ativadas para oxidarem a matéria orgânica. Na prática, como as reações de transformação do oxigénio de gás para líquido são relativamente lentas, só uma pequena parte é consumida pelos microrganismos e os organismos filamentosos podem predominar, havendo diminuição da capacidade de sedimentação e da qualidade da lama. No geral, a concentração de oxigénio dissolvido no tanque deve ser mantida entre os 1,5 e os 2mg/L, se não houver nitrificação e 3mg/L com nitrificação. Valores acima dos 4mg/L não interferem significativamente na operação, mas aumentam consideravelmente os custos de energia (Metcalf & Eddy, 2003; Dapena, Ronzano, 2002).

### **Necessidades de Energia**

O tamanho e a forma do tanque de arejamento são muito importantes para que haja uma boa mistura. O tanque pode ser quadrado ou retangular e pode ter arejamento fornecido por arejadores mecânicos com um ou mais arejadores, ou por sistemas de ar difuso. A potência do arejador depende da altura e largura do tanque. Os valores padrão são dados pela tabela 3.1:

**Tabela 3.1 - Dimensões típicas de um tanque de arejamento para arejamento mecânico (fonte: Metcalf & Eddy, 2003)**

Potência do arejador	Dimensões do tanque	
	Unidades SI (m)	
kW	Altura	Largura
7,5	3 – 3,5	9 – 12
15	3,5 – 4	10 – 15
22,5	4 – 4,5	12 – 18
30	3,5 – 5	14 – 20
37,5	4,5 – 5,5	14 – 23
55	4,5 – 6	15 – 26
75	4,5 – 6	18 – 27

Tipicamente as exigências energéticas para manter o regime de mistura completa nos arejadores mecânicos varia entre 20 e 40 kW/10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>, dependendo do tipo e forma do arejador, da natureza e concentração dos sólidos suspensos, da temperatura e da geometria do tanque (Metcalf & Eddy, 2003).



## 4. CASO DE ESTUDO – ETAR DA ERICEIRA

Para cumprimento dos objetivos da dissertação optou-se pela realização de um caso de estudo. A apresentação de factos e dados reais permite, para além de efetuar possíveis reflexões teóricas, passar a um nível de concretização que robustece o contributo que se pretende dar com esta dissertação. Em termos metodológicos foi necessário começar por fazer o diagnóstico da situação na ETAR selecionada como caso de estudo. Foi selecionado o caso de estudo da ETAR da Ericeira devido à necessidade de reduzir custos energéticos nesta ETAR, com intuito de constituir uma base para otimizar consumos em todo o universo Simtejo.

### 4.1 DESCRIÇÃO

A ETAR da Ericeira situa-se na Região de Lisboa, concelho de Mafra, freguesia da Ericeira (coordenadas: Latitude 38.991514°; Longitude -9.414334°) e faz parte das infraestruturas exploradas pela empresa SimTejo, SA. ( Figura 4.1).

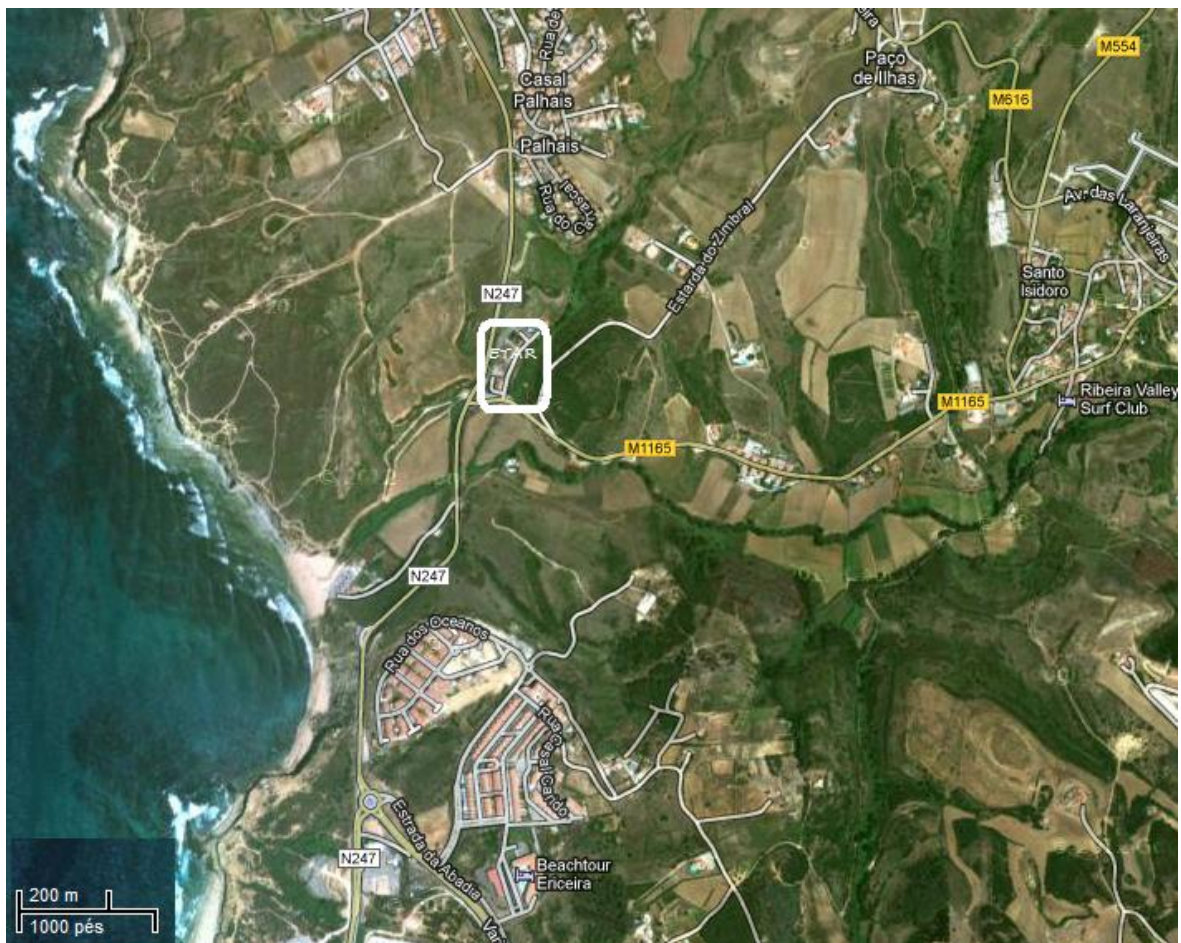


Figura 4.1 - Ortofotomapa da região da ETAR da Ericeira (fonte: GoogleEarth)

Esta ETAR apresenta um sistema de tratamento biológico do tipo: lamas ativadas, em regime de arejamento prolongado.

As infraestruturas que compõem a ETAR foram dimensionadas para os dados de projeto apresentados na Tabela 4.1 considerando que existem muitas variações de caudal e cargas afluentes, nomeadamente entre a época alta e a época baixa, dias úteis e o fim-de-semana, e naturalmente entre os valores na altura de dimensionamento e o horizonte de projeto.

**Tabela 4.1 - Dados de dimensionamento do projeto**

<b>Parâmetro (unidades)</b>	<b>Época</b>	<b>Ano zero</b>	<b>Ano de Horizonte de Projeto (2 linhas)</b>
Q médio diário (m <sup>3</sup> /d)	Baixa	714	2543
	Alta	2853	5887
Q ponta (l/s)	Baixa	18	55
	Alta	62,5	119
CBO <sub>5</sub> (kg/L)	Baixa	420	650
	Alta	1436	1470
SST (kg/d)	Baixa	595	1052
	Alta	2374	2420
P <sub>total</sub> (kg/d)	Baixa	16	32
	Alta	71	107
N <sub>total</sub> (kg/d)	Baixa	70	137
	Alta	304	320

Os objetivos de qualidade da ETAR da Ericeira estão de acordo com a licença de descarga para águas residuais n.º387/CM/DSAI/07 que regula a descarga dos efluentes depois de tratados na ETAR produzidos para 40.000 P.E. (Decreto-lei n.º226-A/2007 de 31 de Maio e Decreto-lei n.º236/98 de 1 de Junho) (Tabela 4.2):

**Tabela 4.2 - Objetivos de qualidade da descarga fixados na licença**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Concentração de CBO <sub>5</sub>	<25	mg/L
Concentração de CQO	<125	mg/L
Concentração de SST	<35	mg/L

O projeto de execução foi dimensionado considerando apenas 2/3 das cargas totais previstas no horizonte de projeto, reservando-se espaço para uma terceira linha..

Foram construídas 2 linhas que funcionam em paralelo.

O processo de tratamento da ETAR da Ericeira (Figura 4.2) compreende para a fase líquida, o tratamento secundário por lamas ativadas e o tratamento terciário com remoção de nitratos e desinfecção final; e para a fase sólida, a digestão aquecida das lamas seguida de desidratação mecânica.

A fase líquida é composta por:

- gradagem mecânica grossa seguida de gradagem fina;
- desarenação e redução de gorduras, em 2 linhas, em canais com insuflação submersa de ar e com remoção de gorduras por flotação;
- tratamento físico-químico, concebido para ser utilizado nos períodos de cargas mais elevadas com melhores taxas de remoção de CBO<sub>5</sub>, SST e P<sub>total</sub>, por doseamento de cloreto férrico como coagulante, mas que até à data não houve necessidade de colocar em funcionamento;
- decantação primária com módulos de lamelas, e com remoção mecânica das lamas, em 2 linhas, na época baixa apenas se encontra 1 em funcionamento;
- anoxia/arejamento, em 2 linhas em paralelo, equipadas com os dois arejadores mecânicos de superfície em cada linha, com capacidade para transferir 1468Kg O<sub>2</sub>/d (por unidade com capacidade de 30,6KgO<sub>2</sub>/h), no processo de lamas ativadas em mistura total, dimensionadas para nitrificação/desnitrificação, com recirculação dos nitratos. Em época baixa é desativada uma das linhas.

- decantação secundária, em 2 linhas, cada uma com 2 tanques retangulares convencionais com remoção mecânica das lamas e de escumas superficiais, dos 4 decantadores apenas 3 se encontram em utilização na época baixa;

- microtamisagem com malha de 23 micra, como pré-tratamento para a desinfecção;

- desinfecção final por cloro, em tanque de contacto, seguida de descloragem com anidrido sulfuroso.

A fase sólida é composta por:

- espessamento gravítico das lamas mistas (primárias e secundárias);

- digestão primária aquecida, com recirculação de lamas através do permutador de calor e com homogeneização da biomassa por via de insuflação de biogás em circuito fechado;

- digestores secundários, em série com os digestores primários, para espessamento das lamas e com cúpula flutuante para armazenamento de biogás;

- desidratação das lamas em filtro banda e centrífuga, com prévia floculação por adição de polímero. O principal equipamento utilizado no processo de desidratação é o filtro banda. A centrífuga é utilizada para suprir necessidades em alturas de ponta ou em caso de avaria do filtro banda.

- central de aquecimento das lamas incluindo:

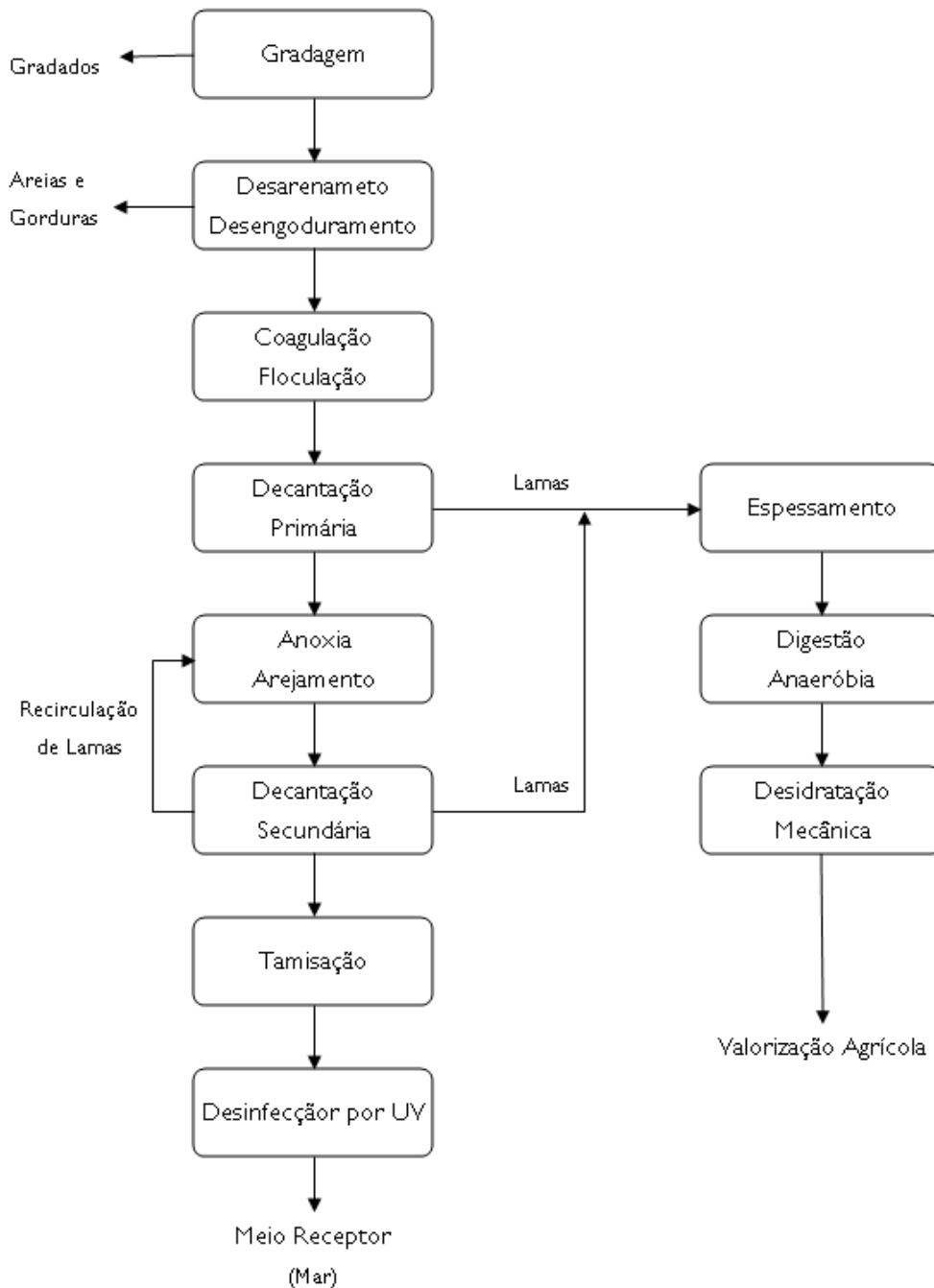
- caldeiras de água quente, tendo como combustível o biogás ou propano, para arranque do processo;

- permutadores de calor em linha, tipo serpentina;

- tocha de queima de biogás em excesso e não utilizado, constituindo seguranças ao sistema de armazenamento.

(Fonte: Memória Descritiva do Projecto de Execução – ETAR da Ericeira)

## ETAR da ERICEIRA



**Figura 4.2- Diagrama de processo da ETAR da Ericeira, com todas as etapas correspondentes à parte líquida e à parte sólida e respetivo destino final.**

No entanto, como o sistema de tratamento biológico foi o processo acompanhado, descreve-se a seguir o seu funcionamento mais em pormenor.

## 4.2 SISTEMA DE TRATAMENTO BIOLÓGICO

O processo de tratamento secundário existente na ETAR da Ericeira é um sistema biológico de lamas ativadas em regime de arejamento prolongado. A ETAR é constituída por dois tanques de arejamento, um para cada linha em paralelo. Cada tanque apresenta duas câmaras, uma primeira anóxica seguida de uma arejada. As válvulas de entrada do efluente bruto são do tipo telescópicas manuais e possibilitam o enchimento contínuo. O arejamento é feito de forma sequenciada com 800 segundos de arejamento e 500 segundos de paragem.

Após o tratamento primário, o efluente entra no reator biológico (ver detalhe dos equipamentos no Anexo 2) onde se distinguem duas zonas:

- Zona anóxica, que tem como objetivo promover condições para a desnitrificação dos nitratos e funcionar como seletor para evitar o crescimento de bactérias filamentosas. Nesta zona afluem as águas provenientes da decantação primária, as lamas de recirculação dos decantadores secundários e os nitratos provenientes da zona de arejamento.

- Zona aeróbia, onde se processa a oxidação da matéria carbonácea e dos nitritos para nitratos. Nesta zona estão instalados arejadores mecânicos de superfície com as funções de transferir oxigénio para o licor misto e promover a homogeneização.

Após a depuração no reator biológico, o licor misto segue para a decantação secundária cuja função é separar as fases líquida e sólida e reter as lamas para as recircular à zona anóxica ou extrair para a digestão primária. As lamas sedimentadas saem pelo fundo dos decantadores através de válvulas telescópicas reguláveis para o poço de bombagem de onde são recirculadas ou extraídas.

A água tratada transborda nos descarregadores finais e segue para a próxima etapa do tratamento.

Os sobrenadantes dos decantadores são removidos através das pontes raspadoras “vai e vem” que além de raspar as lamas de fundo, também empurram as escumas para uma caleira que as encaminha para o poço de bombagem de lamas mistas.

### 4.3 METODOLOGIA

Os tanques de arejamento dispõem de duas sondas (ver capítulo 4.3.1) localizadas na parede lateral esquerda da câmara arejada, considerando o sentido do escoamento, sensivelmente ao meio, a uma altura de 50cm da superfície (ver capítulo 4.3.1).

As sondas estavam programadas para medições de 10 em 10 segundos, do parâmetro de OD. O período de arejamento analisado tinha a duração de 800 segundos de funcionamento, seguidos de 500 segundos de paragem, em ciclos contínuos ao longo de 24h.

Os valores de caudal usados para a realização deste estudo são valores medidos no início do processo. Tendo em conta o percurso do efluente, resolveu-se efetuar uma média dos valores de cada linha medidos no início do processo, considerando-se o caudal igual tanto para a linha 1 como para a linha 2.

Após recolhidos os dados dos meses de Abril e Maio de 2012, foi realizada uma média dos valores por minuto, ou seja, em cada minuto foi realizada a média dos 6 valores disponíveis para cada uma das linhas e foram realizados gráficos semanais para melhor visualização das oscilações (Anexo 4).

As variações diárias foram analisadas (mínimos, máximos, médias) e comparadas com os dados de precipitação (Anexo 1).

Seguidamente ao cálculo dos valores médios diários, agruparam-se os dados em séries de fim de semana e semana e de dias secos e húmidos. Foram ainda feitas médias ponderadas dos dados diários (período de 24 horas) para melhor correlação dos valores.

Os resultados foram submetidos a um modelo GPS-X pela Simtejo.

Após medições e comparações, foi realizado o diagnóstico das atuais condições de arejamento do tratamento biológico, sendo retiradas as conclusões da possibilidade ou impossibilidade de redução do arejamento no tanque e em que períodos do dia.

### 4.3.1 Material

Para a realização deste trabalho foi imprescindível a utilização de duas sondas, semelhantes, instaladas no tanque de arejamento, no local assinalado com um círculo cruzado nas Figuras 4.3.1.1. e 4.3.1.2

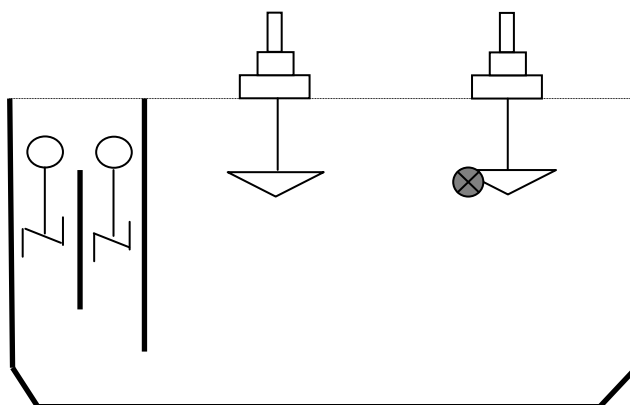


Figura 4.3.1.1 – Corte em perfil do Tanque de Arejamento com indicação da localização da sonda de OD

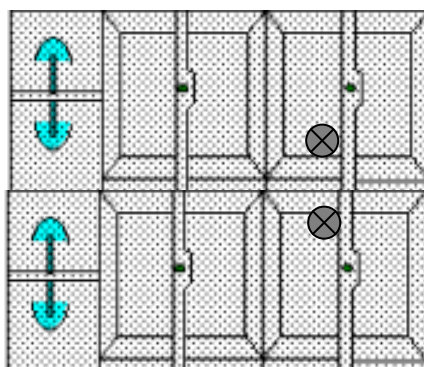


Figura 4.3.1.2 Vista de cima das duas linhas de arejamento com localização das sondas de OD

As características da sonda são as presentes na Tabela 4.3.1.1

Tabela 4.3.1.1 - Características das sondas utilizadas para medir o OD do tanque de arejamento (Fonte: Manual do utilizador da sonda)

<b>Marca</b>	Hach
<b>Modelo</b>	LDO 101
<b>Faixa de OD</b>	0,1 – 20,0 mg/L (ppm)
<b>Precisão de OD</b>	± 0,1 mg/L para 0 – 8mg/L ± 0,2 mg/L se acima de 8mg/L

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CÁLCULOS

Foi necessária a verificação da distribuição completa do arejamento pelos tanques, dispondo estes de 4 arejadores (um em cada célula, 2 por linha) com motor trifásico de 22KW, tendo cada linha do tanque um volume de 930m<sup>3</sup>.

Assim, são fornecidos 44000W de potência por 930 m<sup>3</sup>, totalizando 47 w/m<sup>3</sup>.

Foi ainda verificada a capacidade das lamas de sedimentar e compactar (ver Anexo 5), através dos testes de decantação de lamas no reator, durante o período experimental. Apresentando valores médios de decantabilidade de 800mL/L e de matéria em suspensão de 4,5 g/L obtemos um índice de sedimentabilidade de lamas entre os 100 e 200 mL/g, representativo de um efluente com boa qualidade, com lamas com boa capacidade de sedimentação e compactação.

### 5.2 ANÁLISE DOS DADOS DE AREJAMENTO

Na Figura 5.2.1 apresentam-se os valores relativos à variação média diária dos valores de OD comparando a Linha 1 com a Linha 2.

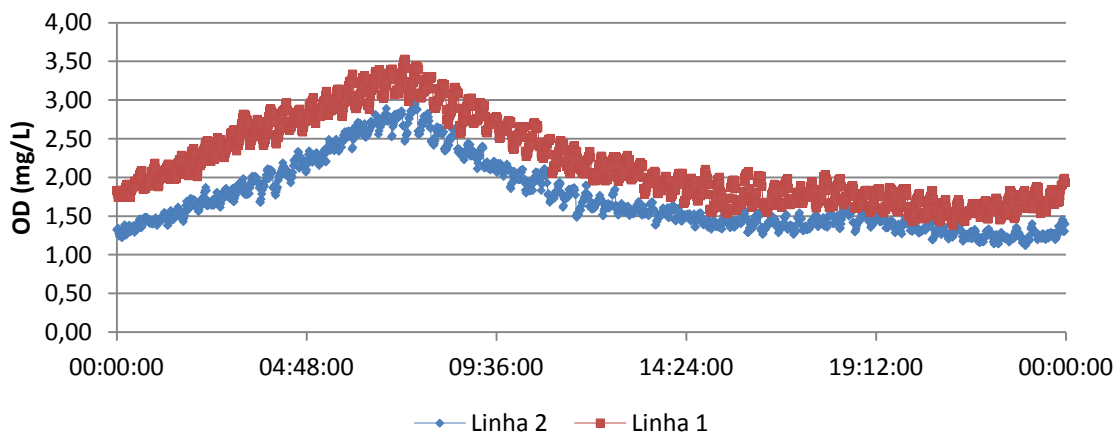


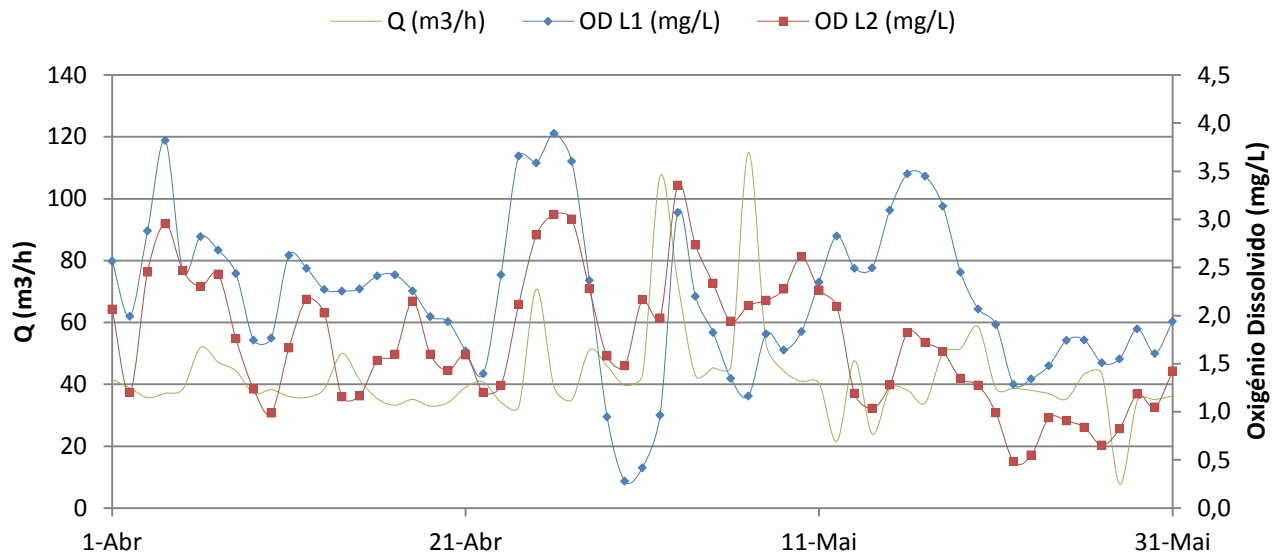
Figura 5.2.1 - Variação média diária dos dados de OD (mg/L) para a Linha 1 e Linha 2

Após análise estatística foram comparados os dados de OD das duas linhas e observou-se uma variação diária média semelhante com aumentos acima dos 2mg/L entre as 01:00:00 e as 07:00:00 e valor sempre acima dos 0,5mg/L ao longo de todo o dia, tanto para a Linha 1 como para a Linha 2, acentuando-se valores superiores na Linha 1. A discrepância de valores entre a Linha 1 e a Linha 2 poderá dever-se ao facto de o arranque do quarto decantador primário ter sido feito a meio do mês de Março (após desativação em época baixa), ainda não estando o sistema em equilíbrio. No entanto, das informações disponibilizadas pelos responsáveis da ETAR, ao nível de concentrações e necessidades de oxigénio, as duas linhas sempre apresentaram ligeiras diferenças, podendo ao nível estrutural haver diferenças que não proporcionem uma repartição totalmente equitativa dos caudais.

No entanto ao verificarmos todos os valores diários (ver gráficos semanais Anexo 5), podemos observar que na sua maioria os valores de OD atingem valores superiores a 4mg/L no período entre as 05:00:00 e as 09:00:00, ficando acima dos 2mg/L no restante período de tempo, exceto em períodos de precipitação intensa e grandes aumentos de caudal.

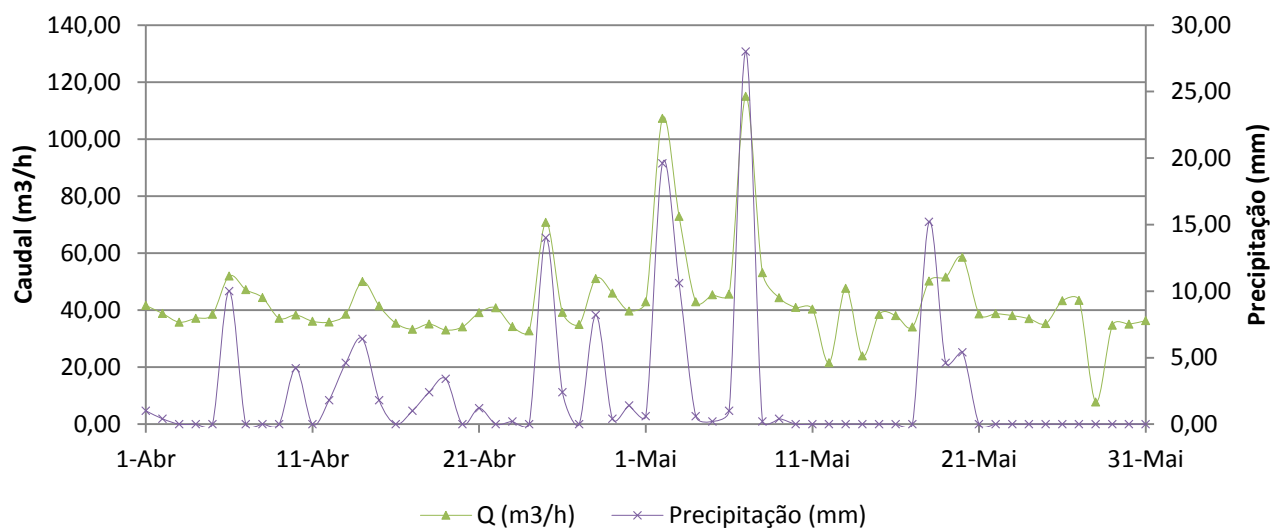
### **5.3 ANÁLISE COMPARATIVA**

Após organização de todos os dados diários disponíveis, foi realizada uma análise comparativa dos valores de caudal, oxigénio e precipitação para cada linha.



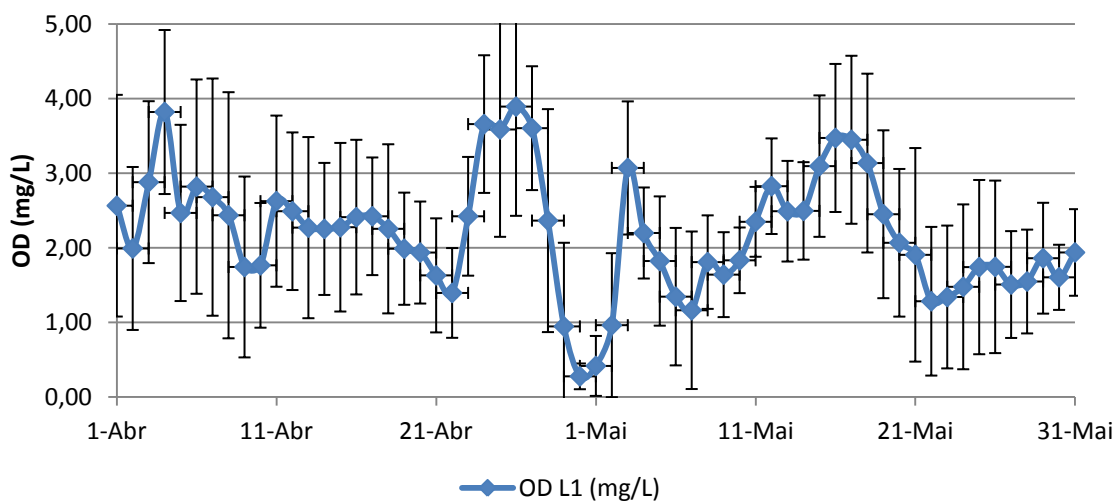
**Figura 5.3.1 - Dados médios diários de OD nas duas linhas e caudal registados no período experimental**

Através da análise da Figura 5.3.1 de uma forma geral podemos verificar uma diminuição do oxigénio dissolvido com o aumento de caudal.

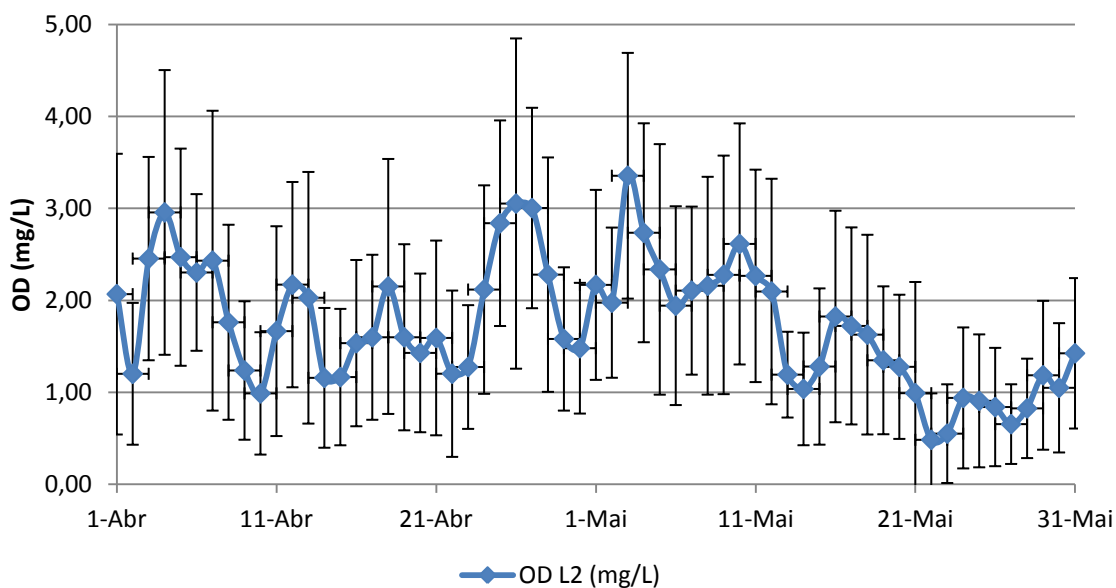


**Figura 5.3.2 - Dados médios diários de precipitação e caudal registados no período experimental**

Através da análise da Figura 5.3.2 podemos verificar um aumento do caudal com o aumento de precipitação. O caudal regista um mínimo, em média, para cada linha, de  $12 \text{ m}^3/\text{h}$  e um máximo de  $115 \text{ m}^3/\text{h}$ . Já a precipitação chega a atingir valores diários de 28 mm.



**Figura 5.3.3 - OD (mg/L) da Linha 1 e desvio padrão dos valores médios diários do período experimental**



**Figura 5.3.4 - OD (mg/L) da Linha 2 desvio padrão dos valores médios diários do período experimental**

Através da análise da Figura 5.3.3 de OD da linha 1 a níveis médios diários, podemos verificar um mínimo de 0,3mg/L e um máximo de 4mg/L. Na linha 2 (Figura 5.3.4) o mínimo médio diário é de 0,5mg/L e o máximo é de 3,3mg/L. Tendo em conta que se trata de uma média diária, naturalmente os valores do desvio padrão são muito elevados havendo muitas variações de acordo com os períodos de arejamento e de paragem. Desta forma recolheu-se

apenas uma amostra de uma hora, com médias de 2 minutos (ver Figura 5.3.5 e 5.3.6) onde se verificam valores de desvio padrão muito inferiores, para as duas linhas.

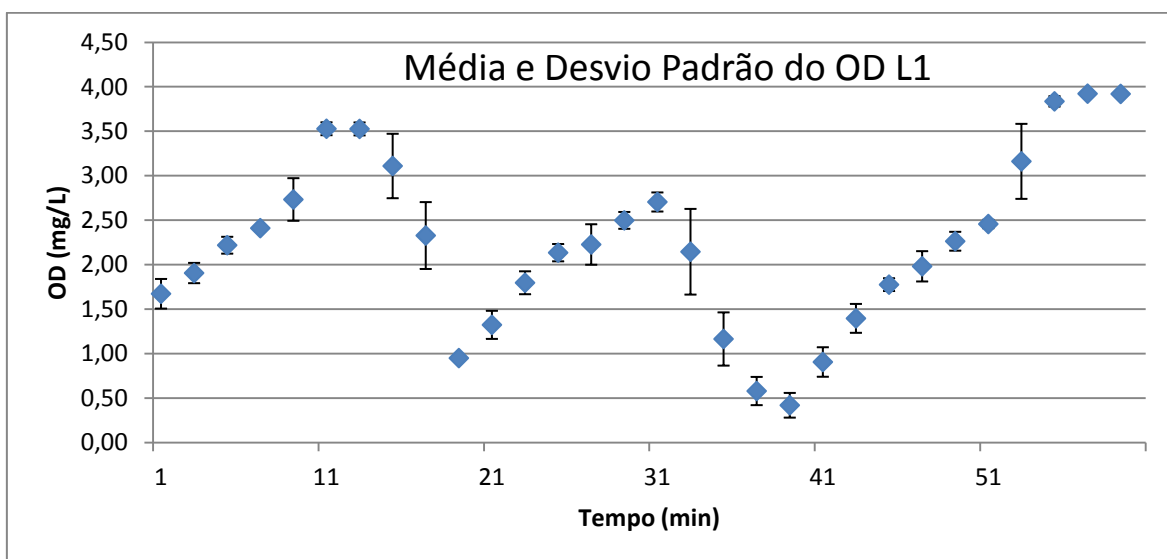


Figura 5.3.5 - OD (mg/L) da Linha 1 e desvio padrão dos valores médios de 2 em 2 minutos de uma amostra de 1 hora

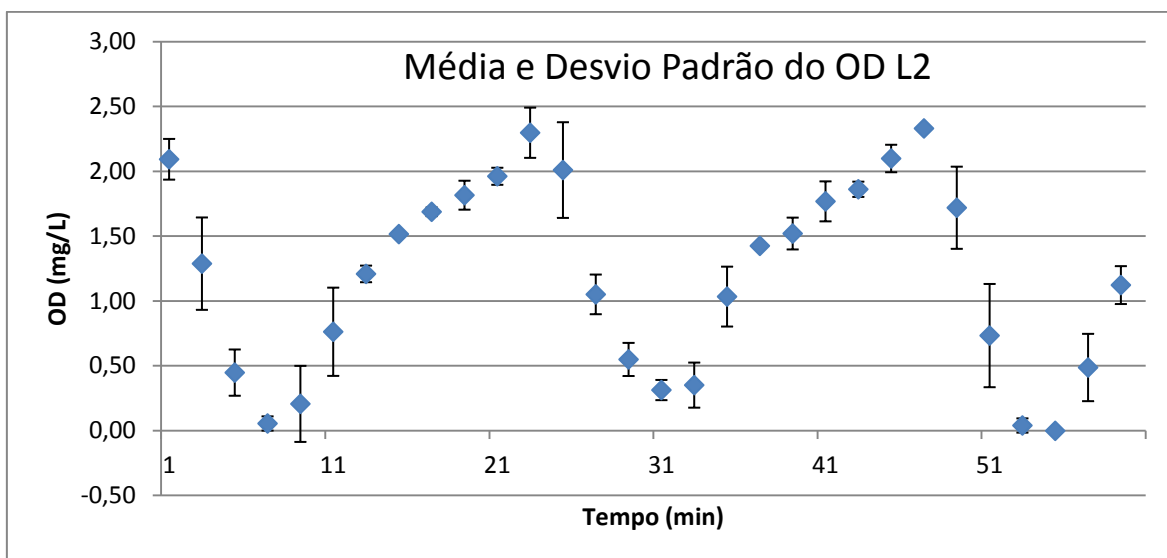
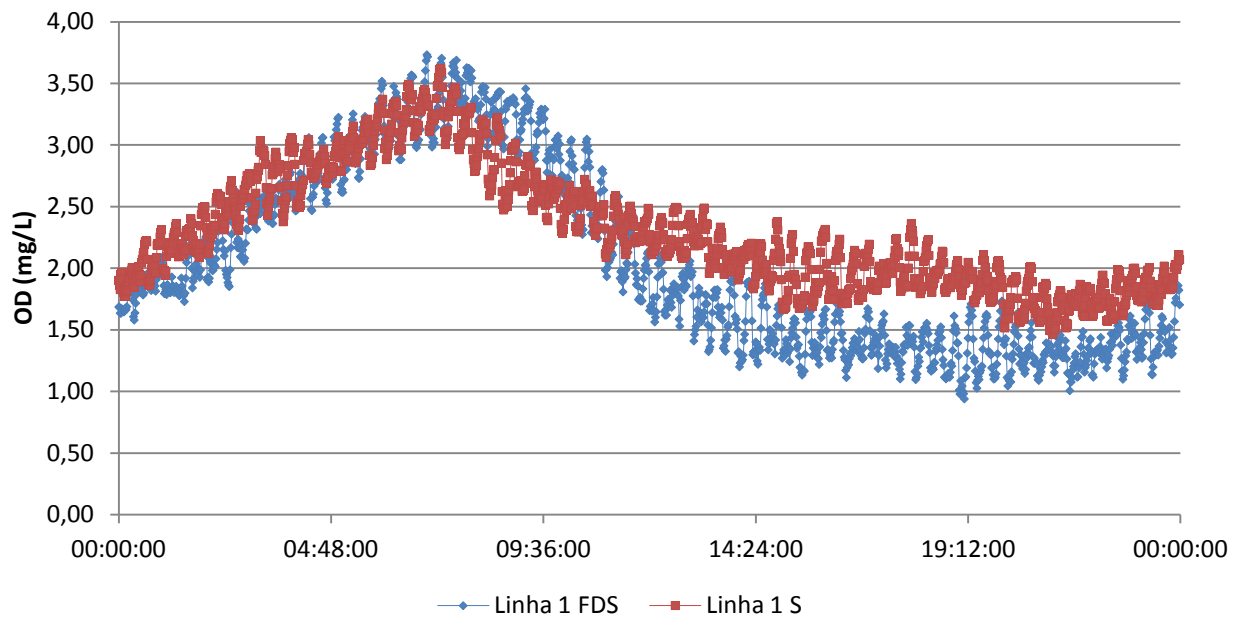


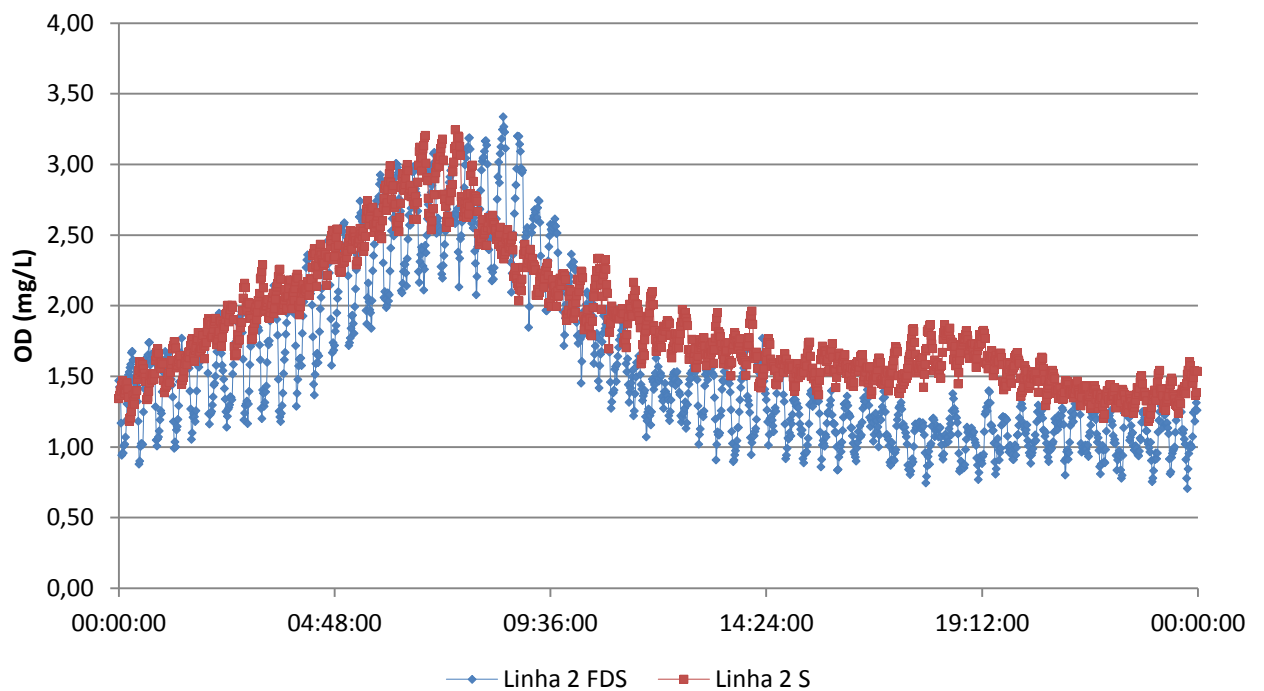
Figura 5.3.6 - OD (mg/L) da Linha 2 e desvio padrão dos valores médios de 2 em 2 minutos de uma amostra de 1 hora

#### 5.4 ANÁLISE FIM DE SEMANA E SEMANA

Nas Figuras 5.4.1 e 5.4.2 apresentam-se os valores relativos à variação média diária dos valores de OD para a Linha 1 e para a Linha 2, respetivamente, comparando os valores de fim de semana e de semana.



**Figura 5.4.1 - Variação média diária do OD (mg/L) na Linha 1, comparando os dados do fim de semana (FDS) com os da semana (S)**



**Figura 5.4.2 - Variação média diária do OD (mg/L) na Linha 2, comparando os dados do fim de semana (FDS) com os da semana (S)**

Após análise de todos os valores e realizada uma média diária dos mesmos, pode-se verificar uma diminuição considerável nos valores máximos de OD durante o fim de semana, durante o período das 10:00:00 e as 02:00:00. Entre as 02:00:00 e as 07:00:00 existe um aumento muito acentuado dos valores de OD, em cerca de 3mg/L, que decresce acentuadamente até às 14:00:00, mantendo-se mais ou menos constante com valores mais baixos na ordem dos 1,5mg/L durante o resto do dia.

### 5.5. ANÁLISE DOS DIAS SECOS E DIAS HÚMIDOS

Após análise de todos os valores correspondentes aos dias húmidos e secos, verificaram-se dois resultados distintos ver Figuras 5.5.1 e 5.5.2.

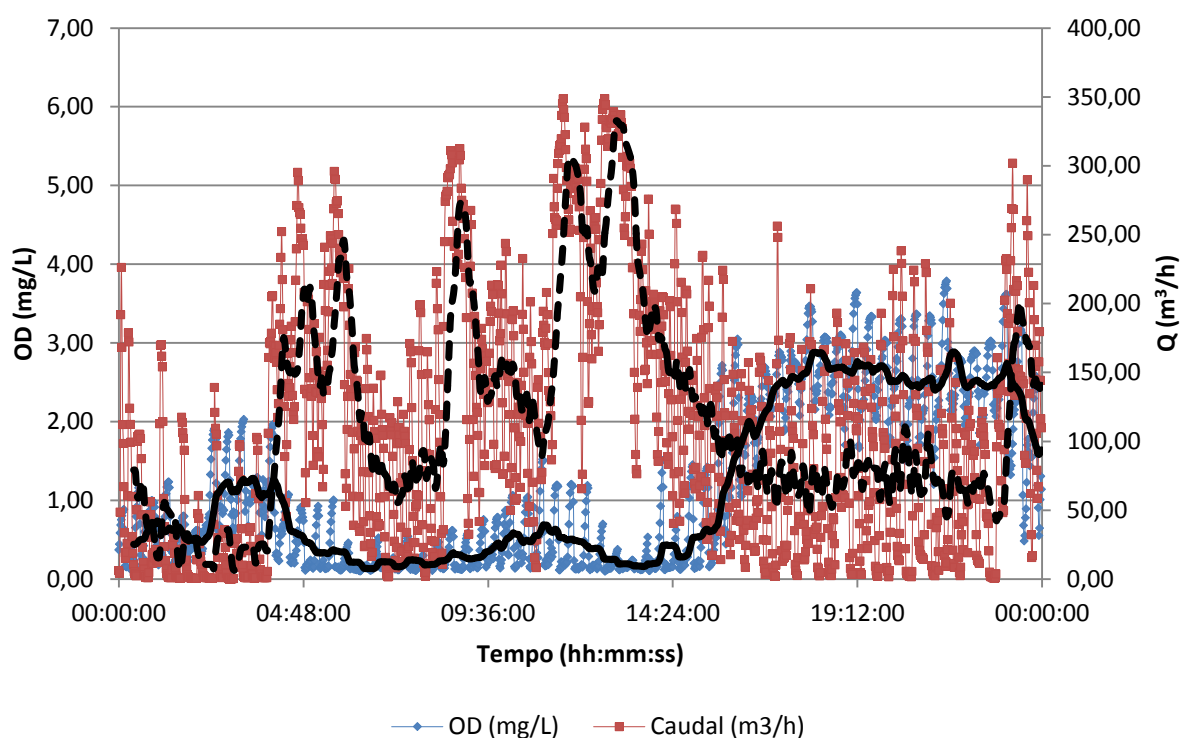
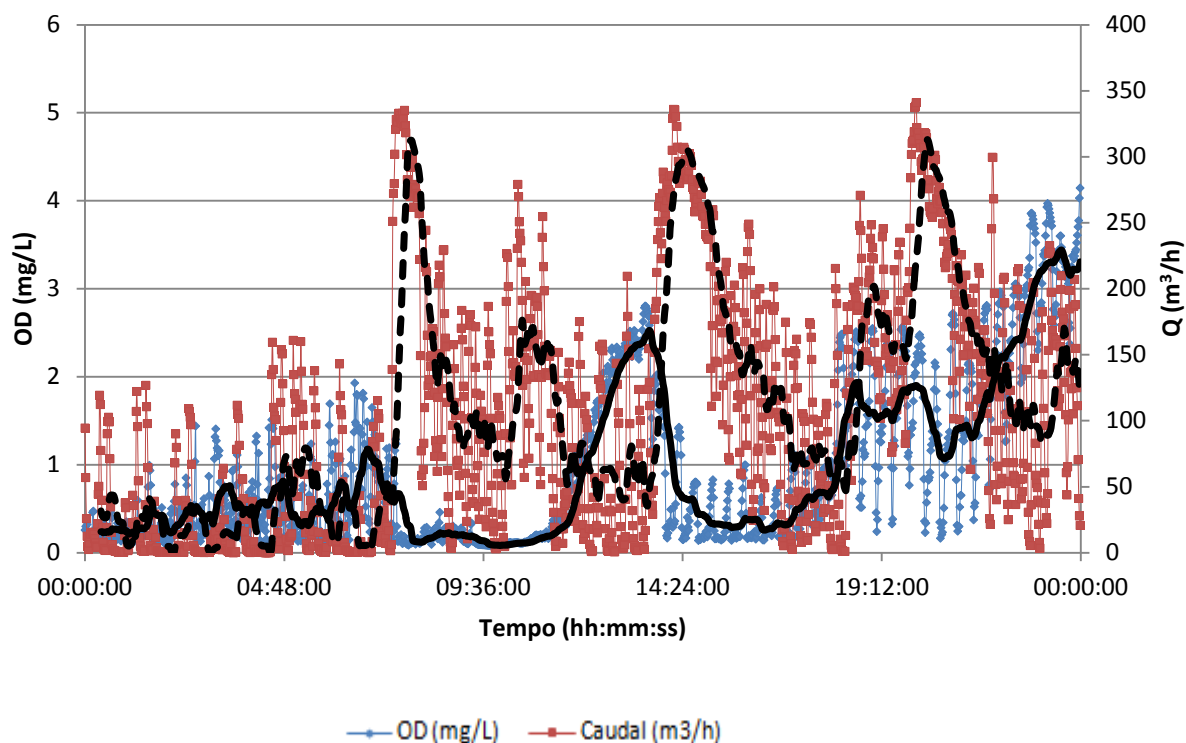


Figura 5.5.1 - Variação dos valores médios diários de Oxigénio Dissolvido e Caudal no dia 07 de Maio de 2012, com precipitação de 28mm



**Figura 5.5.2 - Variação dos valores de Oxigênio Dissolvido e Caudal no dia 02 de Maio de 2012, com precipitação de 20mm**

Em dias húmidos com precipitação superior a 20mm, não se verifica a variação de OD inversamente proporcional como nas aflúências padrão, como é o caso do dia 2 de Maio e 7 de Maio (20 e 28mm de precipitação), ver Figura 5.5.1 e 5.5.2. Pode ser explicado com o facto do efluente chegar à ETAR maioritariamente por bombagem, não havendo correlação dos valores com as aflúências padrão. Desta forma e devido também ao facto da precipitação diluir a composição do afluente não há correlação do efluente com os valores de caudal, nem variações que justifiquem a existência de arejamento. Estes dias têm valores de precipitação muito elevados, após dias secos, poderá ter ocorrido a aflúência de uma carga elevada e conseqüentemente com grandes descidas de OD.

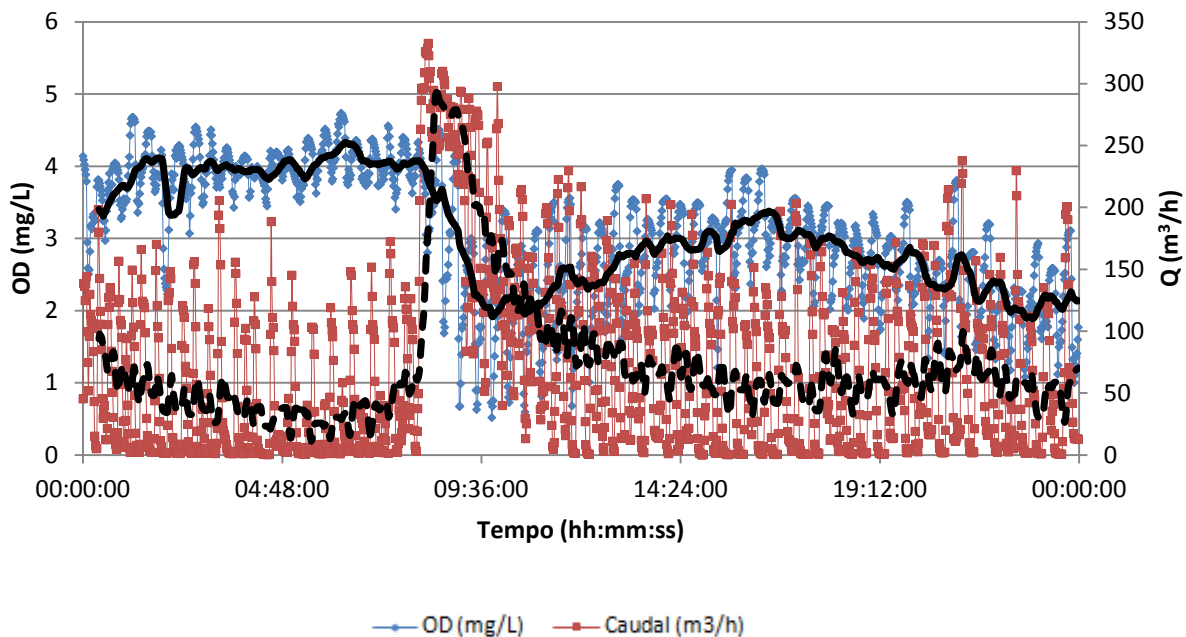


Figura 5.5.3 - Variação dos valores de Oxigênio Dissolvido e Caudal no dia 03 de Maio de 2012, com precipitação de 11mm

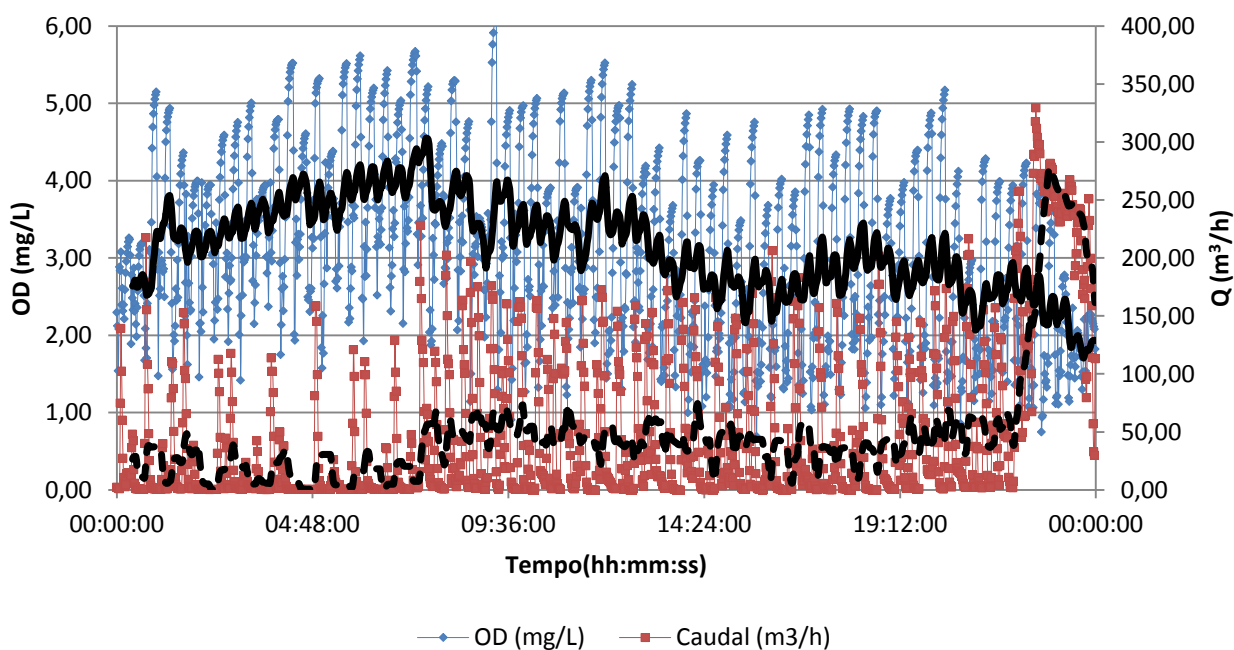


Figura 5.5.4 - Variação dos valores de Oxigênio Dissolvido e Caudal no dia 18 de Maio de 2012, com precipitação de 15mm

Nos dias em que a precipitação é inferior a 20mm os níveis de OD mantêm-se muito elevados durante todo o dia, variando o OD e Q no mesmo sentido, como é o caso dos dias 03 de Maio (precipitação = 11mm) e 18 de Maio

(precipitação=15mm), ver Figuras 5.5.3 e 5.5.4., sendo então possível a redução do arejamento. Nestes casos há registos de precipitação contínua (mesmo nos dias anteriores) o que poderá levar à lavagem de sólidos disparando os valores de OD, uma vez que não há biomassa para consumir.

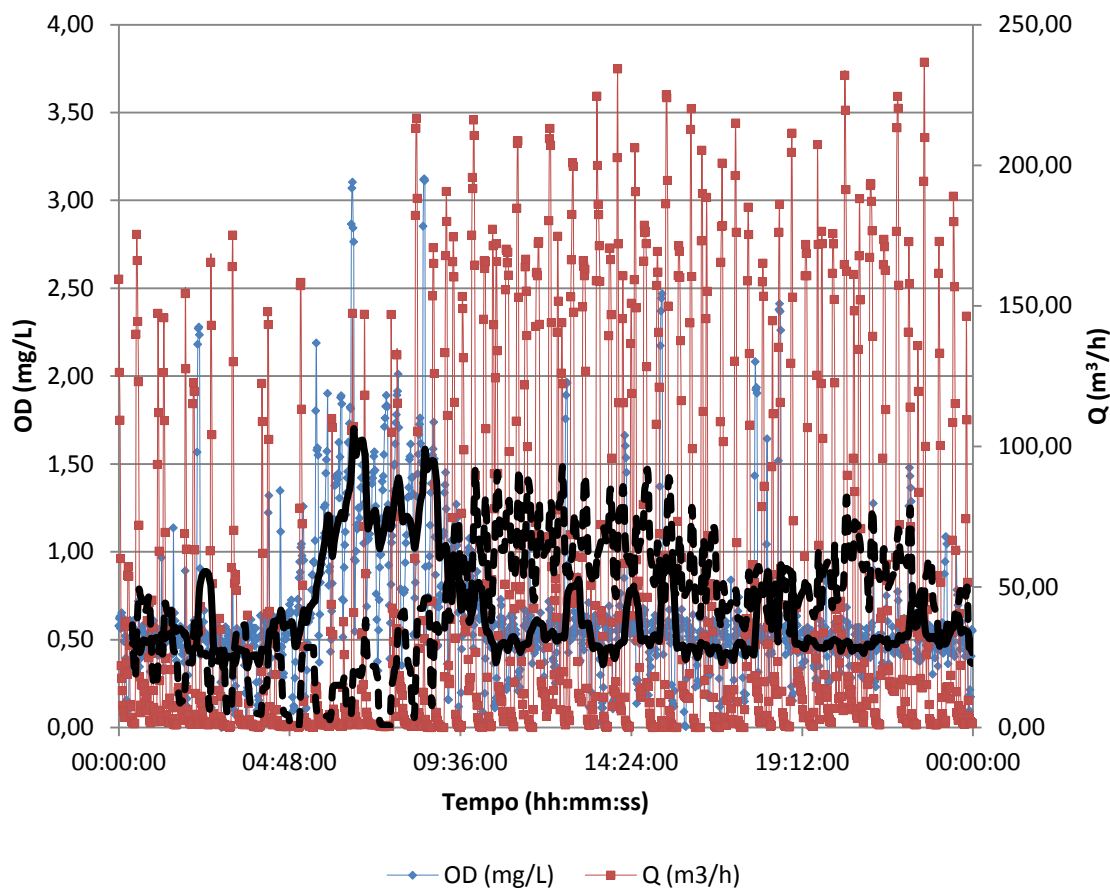


Figura 5.5.5 - Variação dos valores de Oxigénio Dissolvido e Caudal no dia 27 de Maio de 2012, sem precipitação

Em dias sem precipitação (ver Figura 5.5.5) verificam-se valores inferiores de OD comparativamente aos dias húmidos, havendo apenas um período entre as 04:00:00 e as 08:00:00 onde o OD é mais elevado, variando entre o 1mg/L e os 2mg/L, intervalo esse onde se pode reduzir o arejamento. Havendo menor afluência de caudal neste período, há aumento da concentração de OD.

## 5.6 MODELAÇÃO

Os dados disponíveis foram sujeitos ao modelo GPS-X, com simulação de 1465 dias. Este processo de modelação foi totalmente realizado pelo Engenheiro

Pedro Póvoa, especialmente para complementar esta análise, e foram-me fornecidos os resultados para poder comparar com os meus resultados. Será desta forma que serão incluídos nesta dissertação.

Foram considerados 3 cenários, todos eles realizados no período de 1 de Abril de 2012 a 31 de Maio de 2012:

Cenário 0: Atual, período de arejamento 800s, seguido de 500s de paragem.

Cenário 1: redução do arejamento para metade, período de arejamento 400s, seguido de 900s de paragem.

Cenário 2: redução do arejamento para 600s, período de arejamento 600s, seguido de 700s de paragem.

Na tabela seguinte foi efetuada uma estimativa da poupança diária e anual resultante da adoção dos cenários 1 e 2, comparativamente ao cenário 0 (atual).

**Tabela 5.6.1 - Resumo dos resultados do modelo GPS-X**

	Cenário 0	Cenário 1	Cenário 2	unidades
tempo arejamento	800	400	600	s
tempo paragem	500	900	700	s
duração de 1 ciclo	1300	1300	1300	s
Nº segundos por hora	3600	3600	3600	s/h
N.º segundos/dia	86400	86400	86400	s/dia
N.º ciclos/dia	66	66	66	ciclos /dia
tempo arejamento/dia	53169	26585	39877	s
tempo arejamento/dia	14,8	7,4	11,1	h
Potência arejamento	88	88	88	kW
Custo kWh	0,09	0,09	0,09	kWh
Custos arejamento	117	58	88	€/dia
Poupança diária		58	29	€/dia
N.º dias com precipitação	15	15	0	dia
N.º dias de época alta	60	60	60	dia
N.º dias/ano poupança	365	290	305	dia
Custos arejamento	42.694,89 €	25.733,91 €	33.775,75 €	€/ano
Poupança anual para Cenário 0	-	16.960,98 €	8.919,14 €	€/ano

Os resultados do modelo foram os seguintes:

“O cenário 1, caso seja implementado, é o mais arrojado, e à partida garante os requisitos de qualidade da ETAR nas condições de tempo seco, fora dos períodos das férias de Verão. Para trabalho futuro, o modelo terá de ser calibrado para o período de Verão.

O cenário 2 caso seja implementado, mais conservador, à partida garante os requisitos de qualidade da ETAR nas condições de tempo seco e para alguns eventos de precipitação. Poderá ainda ser adaptado ao período de Verão, mas o modelo terá de ser calibrado para o período de Verão.

Como o modelo não pode reduzir o arejamento apenas no período noturno (entre as 2:00 e as 7:00) e dado que, ao longo do período analisado, valores de 6 mg/L são bastante frequentes, optou-se por modelar cenários diários, onde é notória a possibilidade de se reduzir o tempo de arejamento ao longo do dia.

É necessário iniciar a redução gradual do tempo de arejamento no período noturno, mas dado que estamos no período de verão, a Simtejo só irá arriscar a implementação resultante da análise teórica mais arrojada e do período da noite a partir do mês de setembro.” (Pedro Póvoa, 2012)

## **5.7 OBJETIVOS DE QUALIDADE**

Comparando os valores do efluente tratado (Anexo 3) e os objetivos de qualidade de acordo com a licença de descarga das águas residuais urbanas, podemos verificar que todos os parâmetros analisados se encontram dentro dos limites estipulados: CBO<sub>5</sub> <25 mg/L; CQO <125mg/L; SST <35mg/L;

## 6. CONCLUSÃO

Em conclusão podemos verificar que o tanque de arejamento realiza o regime de mistura completa, com lamas com boa capacidade de sedimentar e compactar e, em diversas alturas, o nível de oxigénio nos tanques foi superior ao estritamente necessário.

Podemos ainda concluir que, em períodos noturnos dos meses de época baixa, particularmente entre as 02:00h e as 07:00h, a concentração de OD está sempre muito acima dos limites (chegando a atingir valores acima dos 4mg/L), sendo o período que poderá ter uma redução mais drástica do arejamento. Com possibilidade de redução do período de arejamento para os 400 segundos com 900 segundos de paragem.

Já em períodos diurnos e aos fins de semana dos meses de época baixa verifica-se também a possibilidade de redução no arejamento no geral, no entanto, nestes casos, os resultados demonstram valores acima dos 2mg/L, podendo experimentar-se uma redução do período de arejamento para 600 segundos com 700 segundos de paragem.

Relativamente ao período dos meses de Verão (época alta), tendo em conta as grandes afluições esperadas nesta altura e uma vez que não foram analisadas sugere-se que se mantenha o arejamento atual.

Quanto à precipitação, em dias húmidos com precipitação até 20mm conclui-se a possibilidade de experimentar uma redução do período de arejamento para 600 segundos com 700 de paragem, tendo em conta que os valores de OD se encontram acima dos 2mg/L. Com precipitação superior a 20mm verifica-se a possibilidade de redução do arejamento atual, mantendo-o apenas de forma a assegurar a mistura no reator.

Deste modo podemos concluir a possibilidade de redução do período de arejamento atual, dos 800 segundos até 400 segundos, com reduções consideráveis ao nível dos custos energéticos.

Poder-se-ia sugerir um sistema de arejamento com set-point definido, com arranque aos 0,5mg/L de OD e paragem aos 4mg/L, no entanto o sistema não está preparado para definir intervalos mínimos de paragem e intervalos máximos de funcionamento dos arejadores. Mecanicamente seria prejudicial para o

equipamento, uma vez que estaria sujeito a um enorme desgaste com os contínuos arranques e paragens, sem períodos para refrigeração do motor (necessariamente com paragens superiores a 3/5 minutos entre períodos de funcionamento).

## 7. RECOMENDAÇÕES

A ETAR da Ericeira é uma estação que apresenta grandes variações ao longo do ano, nomeadamente com o aumento significativo das cargas e caudais nos meses de Verão e fins-de-semana. Assim recomenda-se que as reduções de arejamento sejam efetuadas inicialmente em períodos de menor risco (período noturno dos meses de época baixa) de modo progressivo até às alturas de maior risco (período diurno da época alta) e acompanhadas com análises laboratoriais regulares, de forma a garantir sempre os objetivos de qualidade, de acordo com a licença de descarga.

Assim, após análise cuidada dos resultados e respetivas conclusões, recomenda-se que se:

- mantenha o período atual de arejamento com 800 segundos de arejamento e 500 de paragem para os meses de Verão (época alta);
- reduza o período de arejamento para 600 segundos com 700 segundos de paragem para os períodos noturnos (23h-08h) dos meses de Verão e os períodos diurnos e fins de semana nos restantes meses do ano (época baixa);
- reduza o período de arejamento para 400 segundos e 900 de paragem, para o período noturno das 02h às 07h nos meses de época baixa;
- paragem do funcionamento dos arejadores em dias de precipitação elevada (superior a 20mm)



## 8. BIBLIOGRAFIA

- Agência Europeia de Ambiente (AEA), *Sistemas de Águas Residuais Urbanas - Um Guia Para Não especialistas*, 1998
- DAPENA, J.; RONZANO, E.; *Tratamiento Biológico de las aguas residuales*; Pridesa, 2002
- Decreto-Lei 348/98 -  
[http://www.inag.pt/inag2004/port/r\\_externas/ue/ag\\_res\\_urb/DL348\\_98.pdf](http://www.inag.pt/inag2004/port/r_externas/ue/ag_res_urb/DL348_98.pdf)
- ECKENFELDER, W., GRAU, P.; *Activated Sludge Process Design and Control Theory and Practice*, Water Quality Management Library Volume 1, 1992
- GRAY, N.F.; *Water Technology An Introduction for Scientists and Engineering*; Trinity College, Arnold; 1999
- GRAY, N. F. (2004). *Biology of wastewater treatment*. Londres: Imperial College Press.
- GUARINO, C., et al.; *Operation of Wastewater Treatment Plants*, Manual of Practice No.1; Water Pollution Control Federation; 1976
- HENZE, M.; HARREMOES, P.; JANSEN, J.; ARVIN, E.; *Wastewater Treatment, Biological and Chemical Processes*; Springer – Verlag Berlin, 1995
- Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais:  
<http://insaar.inag.pt/index.php?id=32>
- Instituto Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais, 2007:  
[http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_boui=50102225&PUBLICACOESstema=Qualquer&PUBLICACOESmodo=2](http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=50102225&PUBLICACOESstema=Qualquer&PUBLICACOESmodo=2)
- MACKENZIE, L., DAVIS, D.; *Introduction to Environmental Engineering - Third Edition*; Internacional Editions; 1998
- Manual do utilizador da Sonda de OD, Hach.
- Memória Descritiva do Projecto de Execução da Estação de Tratamento de Águas Residuais – Sistema de Transporte e Tratamento Final das Águas Residuais da Ericeira – Câmara Municipal de Mafra

- Metcalf e Eddy; *Wastewater Engineering, Treatment and Reuses International Edition*; NY, 2003

- Leitão, A. E.; Rodrigues, A. C.; Henriques, A. G. - *Uma Nova Visão para o Planeamento e Gestão dos Recursos Hídricos Portugueses no Início do Século XXI*, 3º Congresso da Água, APRH, Lisboa, Março, 1996

- Póvoa, Pedro, 2012, comunicação pessoal.

- Plano Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento de Água Residuais para 2007 – 2013: Despacho N.º 2339/2007

- REHNSTRÖM, A.; *Automatic Control of an Activated Sludge Process in a Wastewater Treatment Plant - a Benchmark Study*; Engineering Physics Programme, Uppsala University School of Engineering, 2000

- SPERLING, M.; *Biological Wastewater Treatment Series, Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactores*; IWA Publishing, London, 2007

## 9. ANEXOS

ANEXO 1 – Dados da Precipitação diária (mm) no período analisado

Data	Precipitação diária (mm)	Data	Precipitação diária (mm)
01-04-2012	1	01-05-2012	0,6
02-04-2012	0,4	02-05-2012	19,6
03-04-2012	0	03-05-2012	10,6
04-04-2012	0	04-05-2012	0,6
05-04-2012	0	05-05-2012	0,2
06-04-2012	10	06-05-2012	1
07-04-2012	0	07-05-2012	28
08-04-2012	0	08-05-2012	0,2
09-04-2012	0	09-05-2012	0,4
10-04-2012	4,2	10-05-2012	0
11-04-2012	0	11-05-2012	0
12-04-2012	1,8	12-05-2012	0
13-04-2012	4,6	13-05-2012	0
14-04-2012	6,4	14-05-2012	0
15-04-2012	1,8	15-05-2012	0
16-04-2012	0	16-05-2012	0
17-04-2012	1	17-05-2012	0
18-04-2012	2,4	18-05-2012	15,2
19-04-2012	3,4	19-05-2012	4,6
20-04-2012	0	20-05-2012	5,4
21-04-2012	1,2	21-05-2012	0
22-04-2012	0	22-05-2012	0
23-04-2012	0,2	23-05-2012	0
24-04-2012	0	24-05-2012	0
25-04-2012	14	25-05-2012	0
26-04-2012	2,4	26-05-2012	0
27-04-2012	0	27-05-2012	0
28-04-2012	8,2	28-05-2012	0
29-04-2012	0,4	29-05-2012	0
30-04-2012	1,4	30-05-2012	0
		31-05-2012	0
<b>Nº dias de chuva</b>	18	<b>Nº dias de chuva</b>	12
<b>Precipitação total</b>	64,8	<b>Precipitação total</b>	86,4
<b>Precipitação máxima mensal</b>	14	<b>Precipitação máxima mensal</b>	28
<b>Precipitação média diária</b>	2,2	<b>Precipitação média diária</b>	2,8

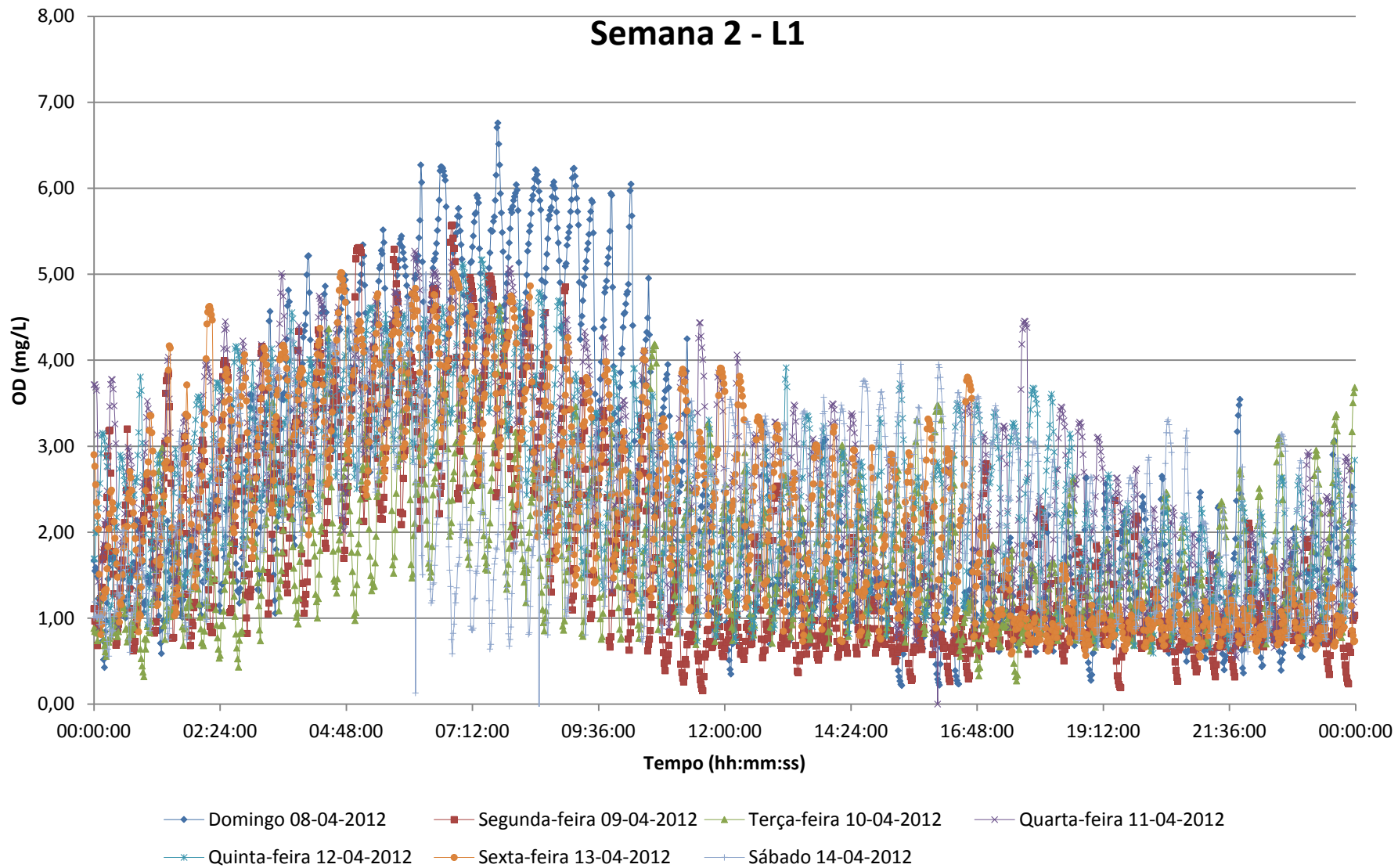
ANEXO 2 – Detalhe dos equipamentos inseridos no reator biológico

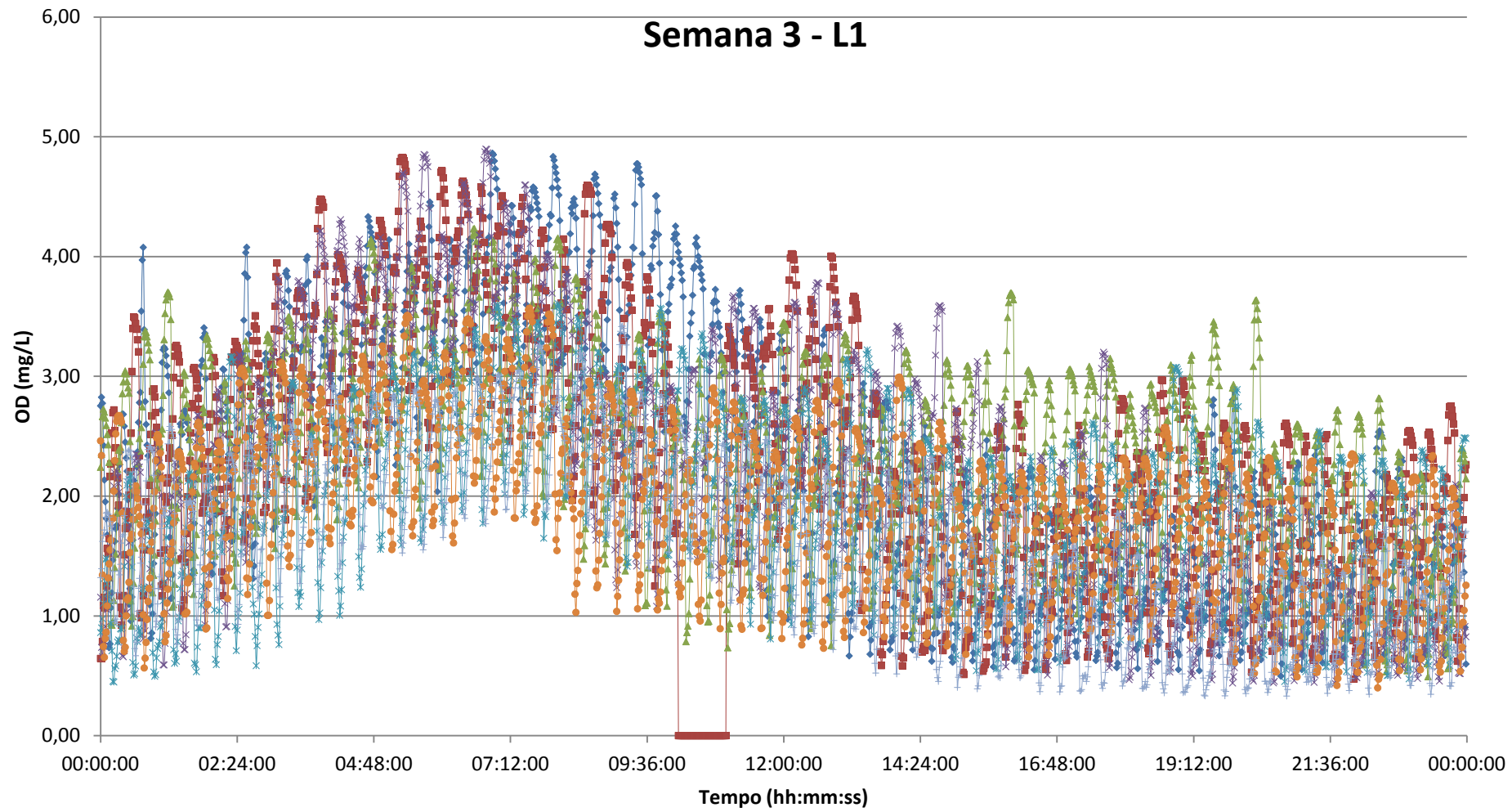
	Electroagitadores	Arejadores Mecânicos	Medidores de Oxigênio Dissolvido	Bombas de Recirculação de Nitratos	Pontes Raspadoras	Bombas de Recirculação de lamas	Válvulas Telescópicas
N.º unidades	4 (2 por linha)	4 (2 por linha)	2 (1 por linha)	2	4	2	2
Marca	ABS	TDA	Hach Lang	ABS	Cosme	ABS	
Tipo	RW4021 A30/8	SAL 2030	LDO	AFP 1541.3 M40/4-21	PVV6	AFP 1041.2 M30/4-21	
Diâmetro da hélice	400 mm	2030 mm					
DN							160
Altura Total				3 mca		4 mca	
Largura					6 m		
Caudal				57,7 l/s		130,5 m <sup>3</sup> /h	
Velocidade	725 rpm	53 rpm			1,2 m/min		
Rendimento				36%		58,1%	
Motor trifásico	1,5 kW	22 kW		4 kW	0,75 kW	3 kW	
Varição da altura							400mm
Junta de vedação							PVC
Capacidade de oxigenação		31 kgO <sub>2</sub> /h					

**ANEXO 3 -Dados das análises laboratoriais dos parâmetros de CBO, CQO e SST do período analisado**

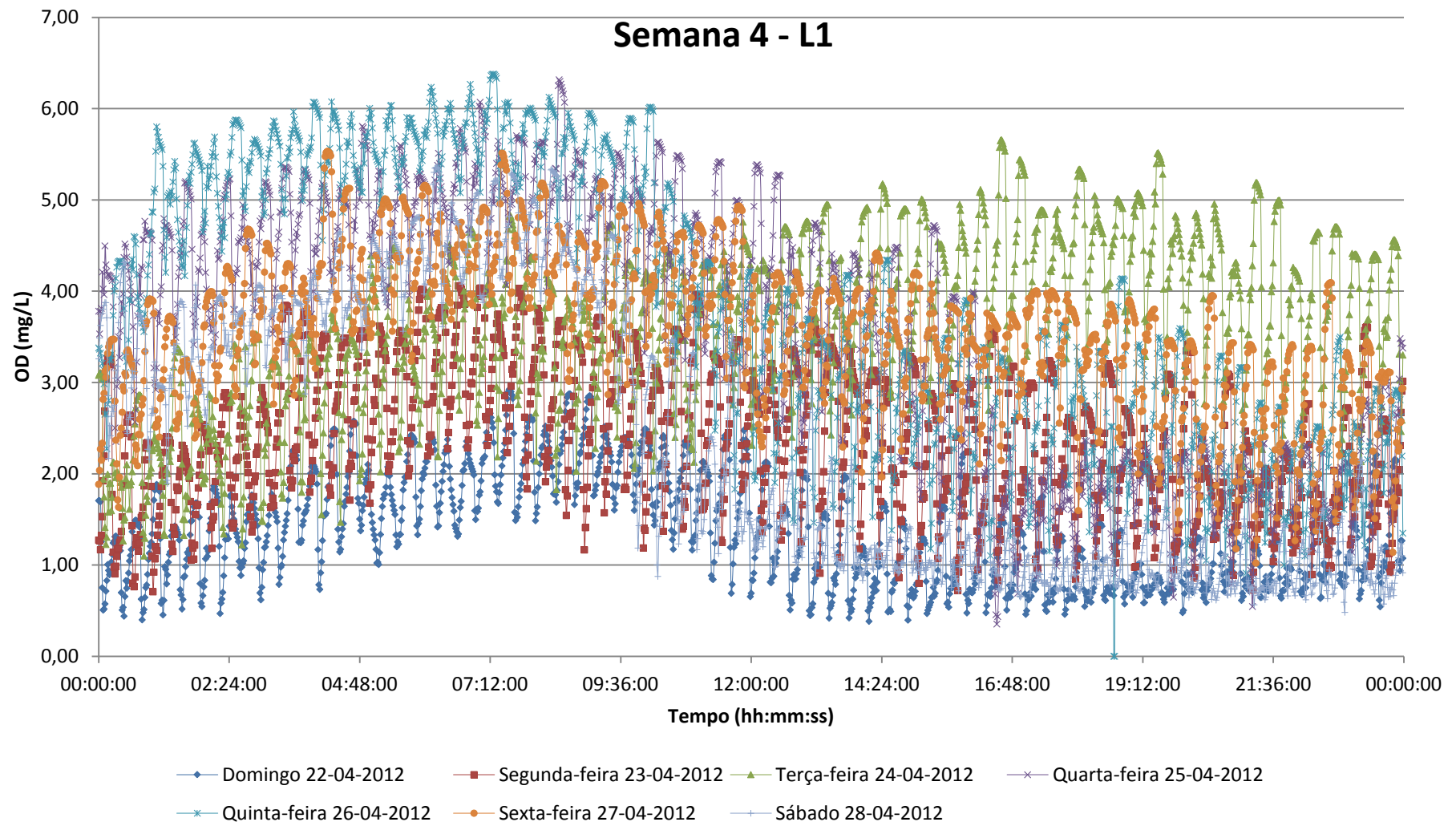
Dia-Mês	Parâmetros (mg/L)					
	CBO		CQO		SST	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
03-Abr	310	< 6	600	<30	260	28
11-Abr	230	< 6	580	52	160	25
18-Abr	190	< 6	430	47	95	15
25-Abr	120	< 6	250	38	51	14
08-Mai	120	< 6	240	<30	59	6
15-Mai	150	< 6	360	110	88	8
23-Mai	230	< 6	660	62	310	9
30-Mai			370	44	93	10

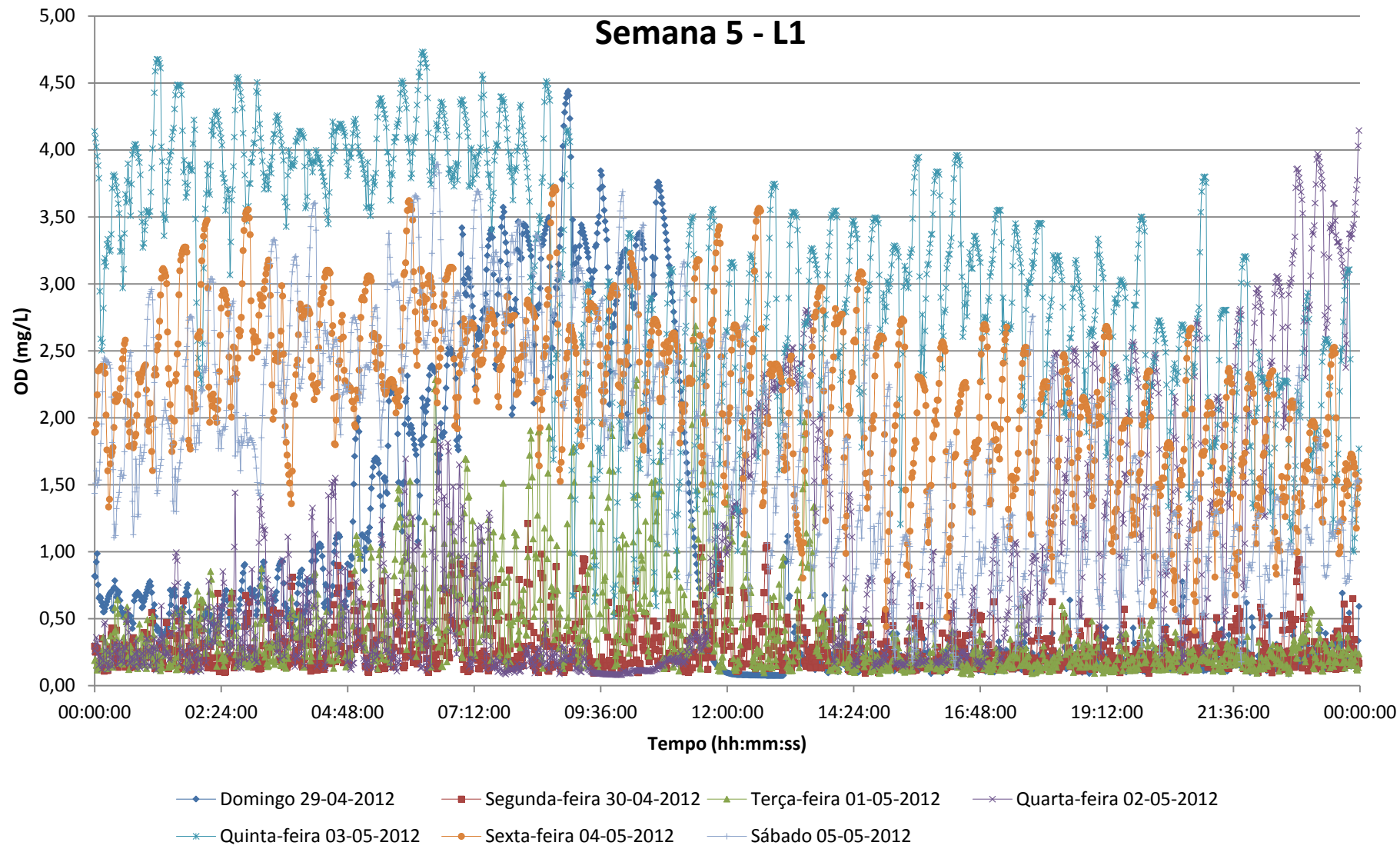
Anexo 4 – Gráficos dos dados semanais de OD das Linhas q e 2

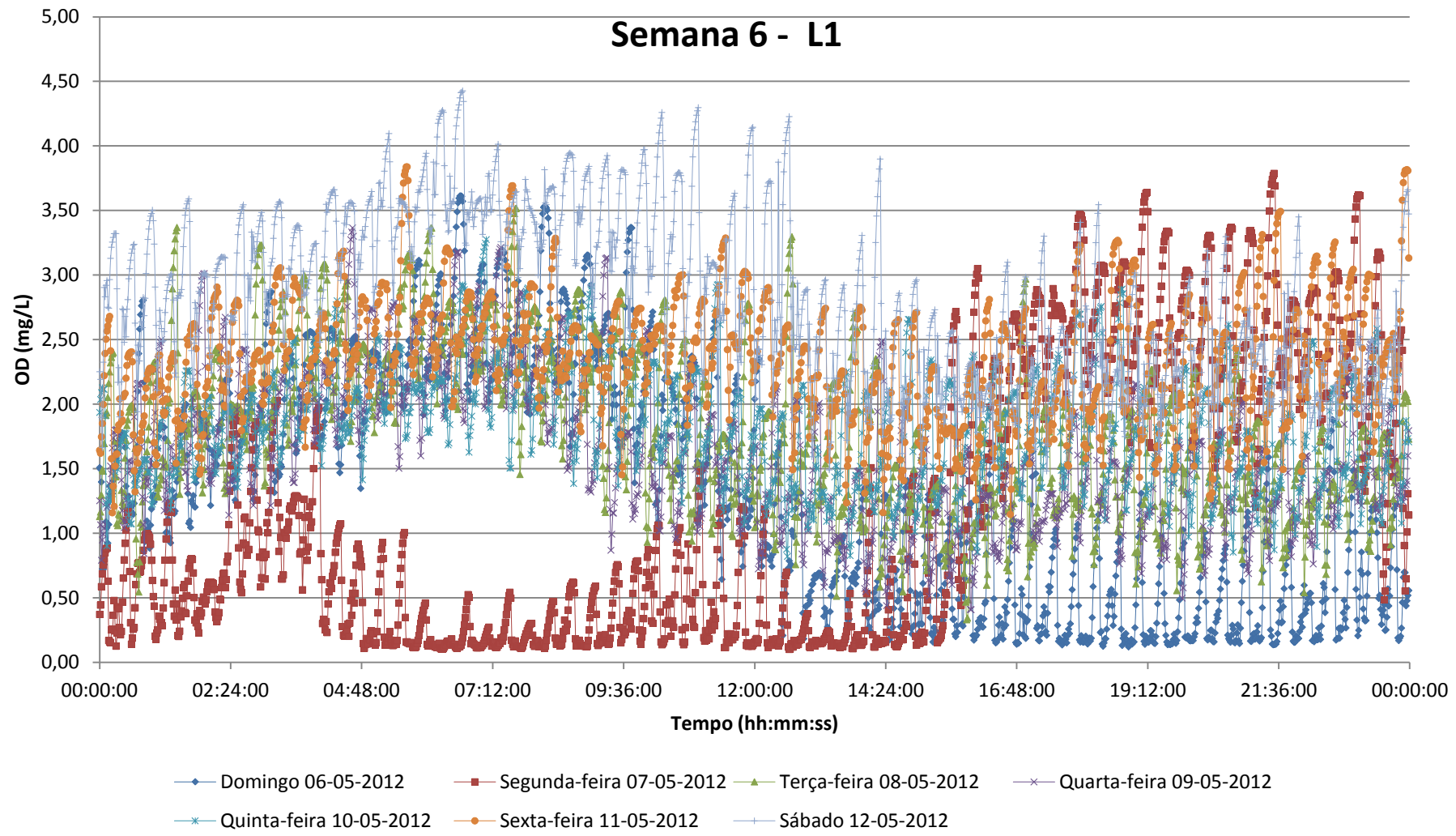


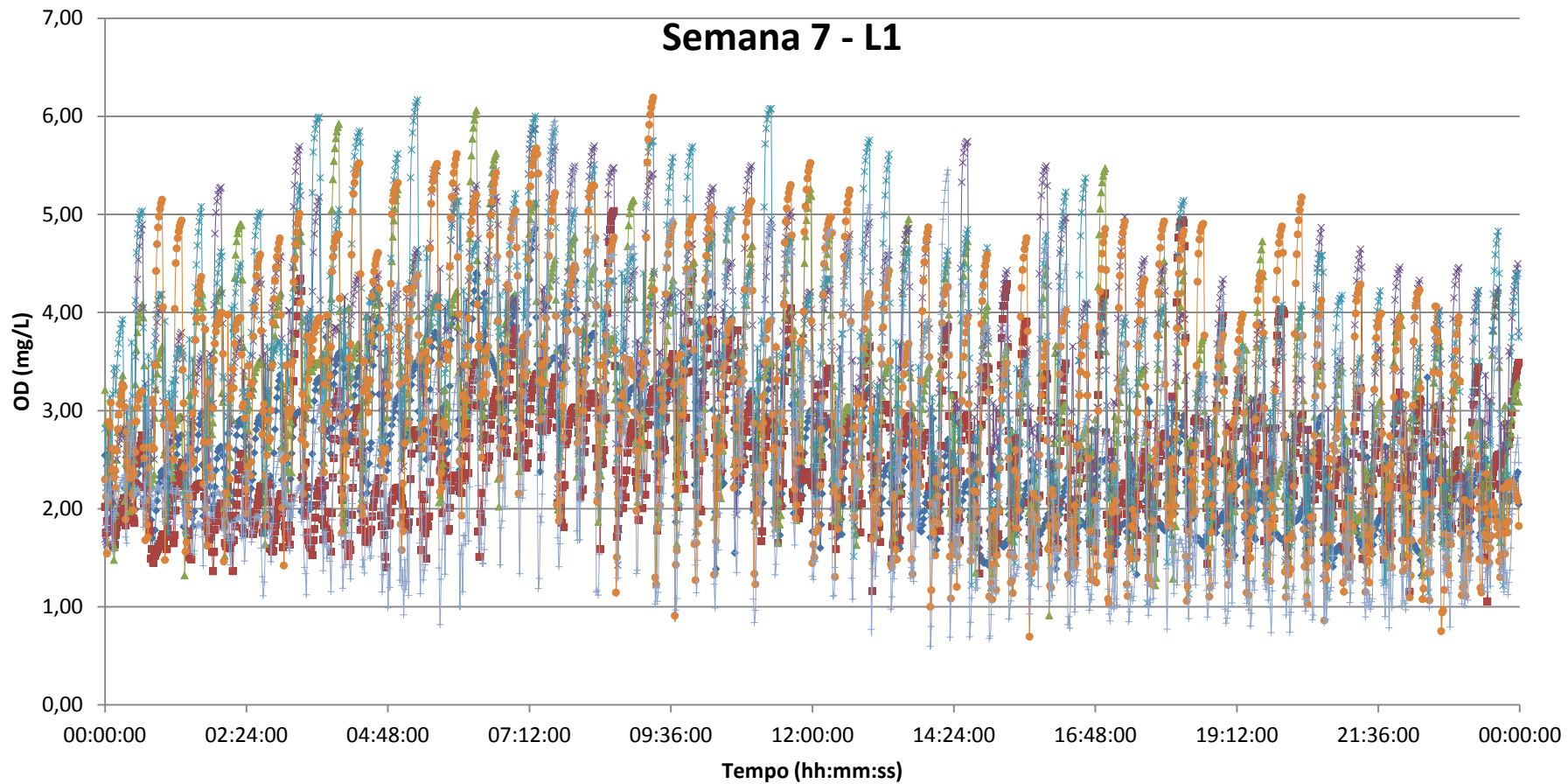


- ◆ Domingo 15-04-2012
- Segunda-feira 16-04-2012
- ▲ Terça-feira 17-04-2012
- × Quarta-feira 18-04-2012
- \* Quinta-feira 19-04-2012
- Sexta-feira 20-04-2012
- + Sábado 21-04-2012

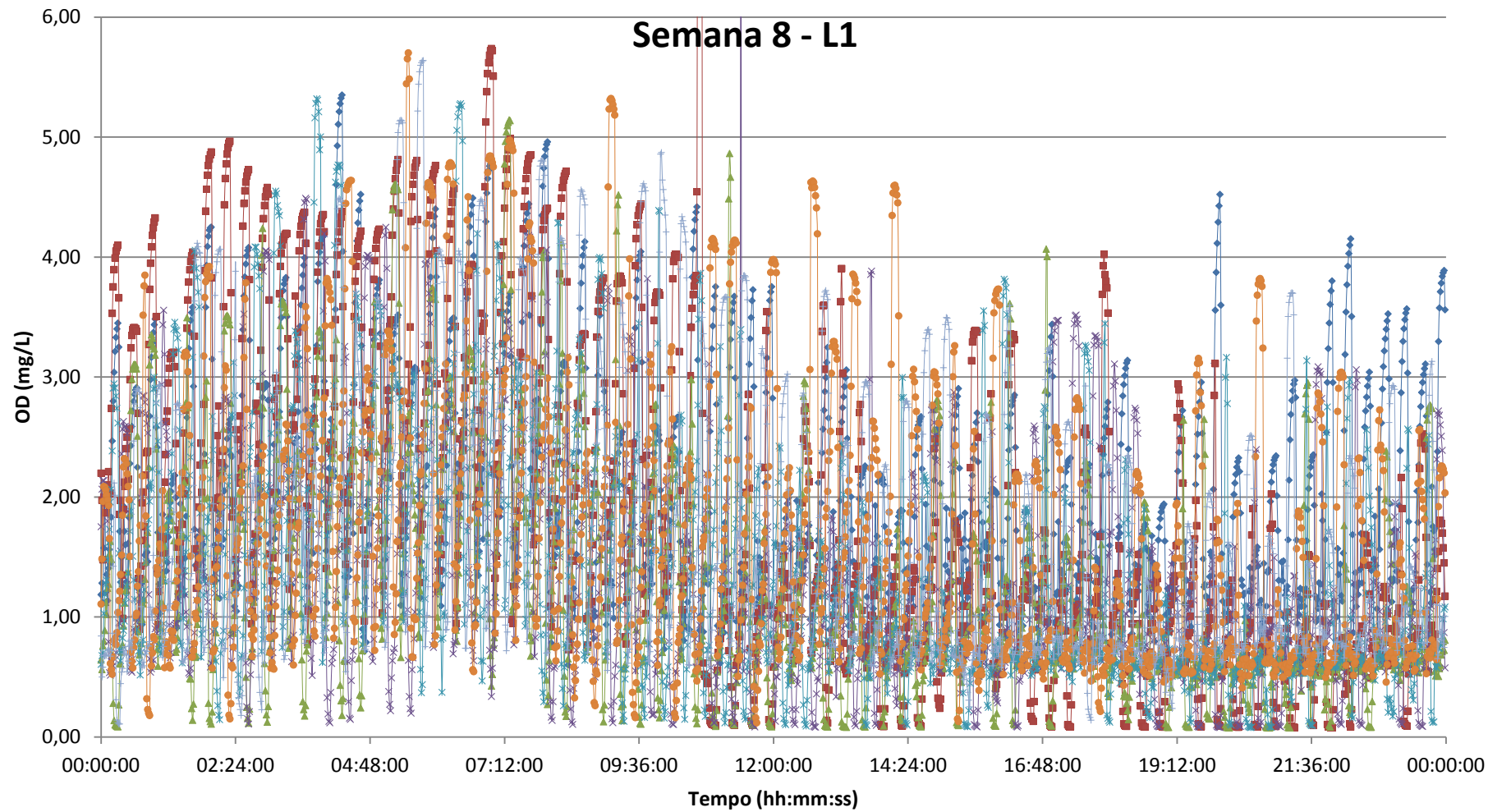






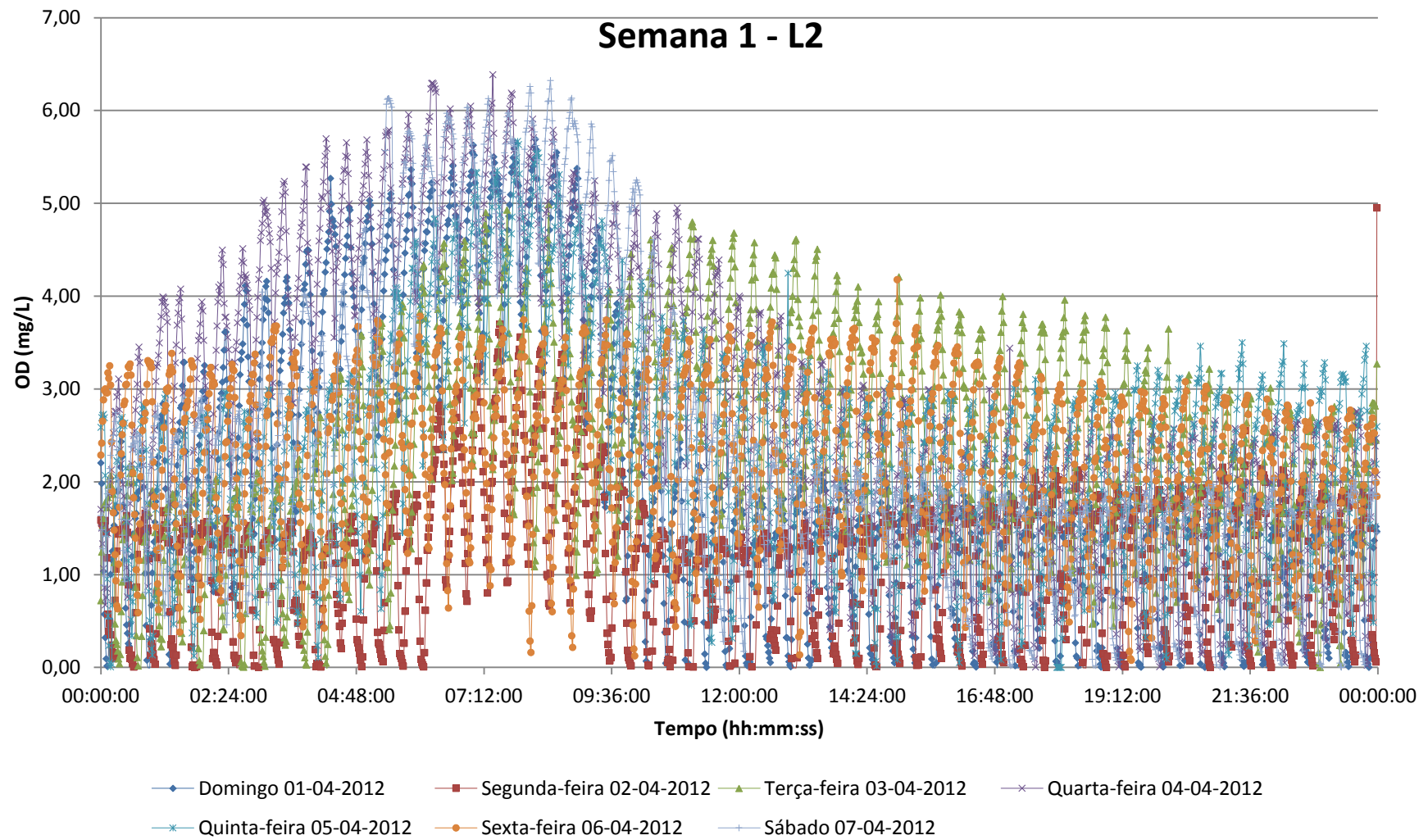


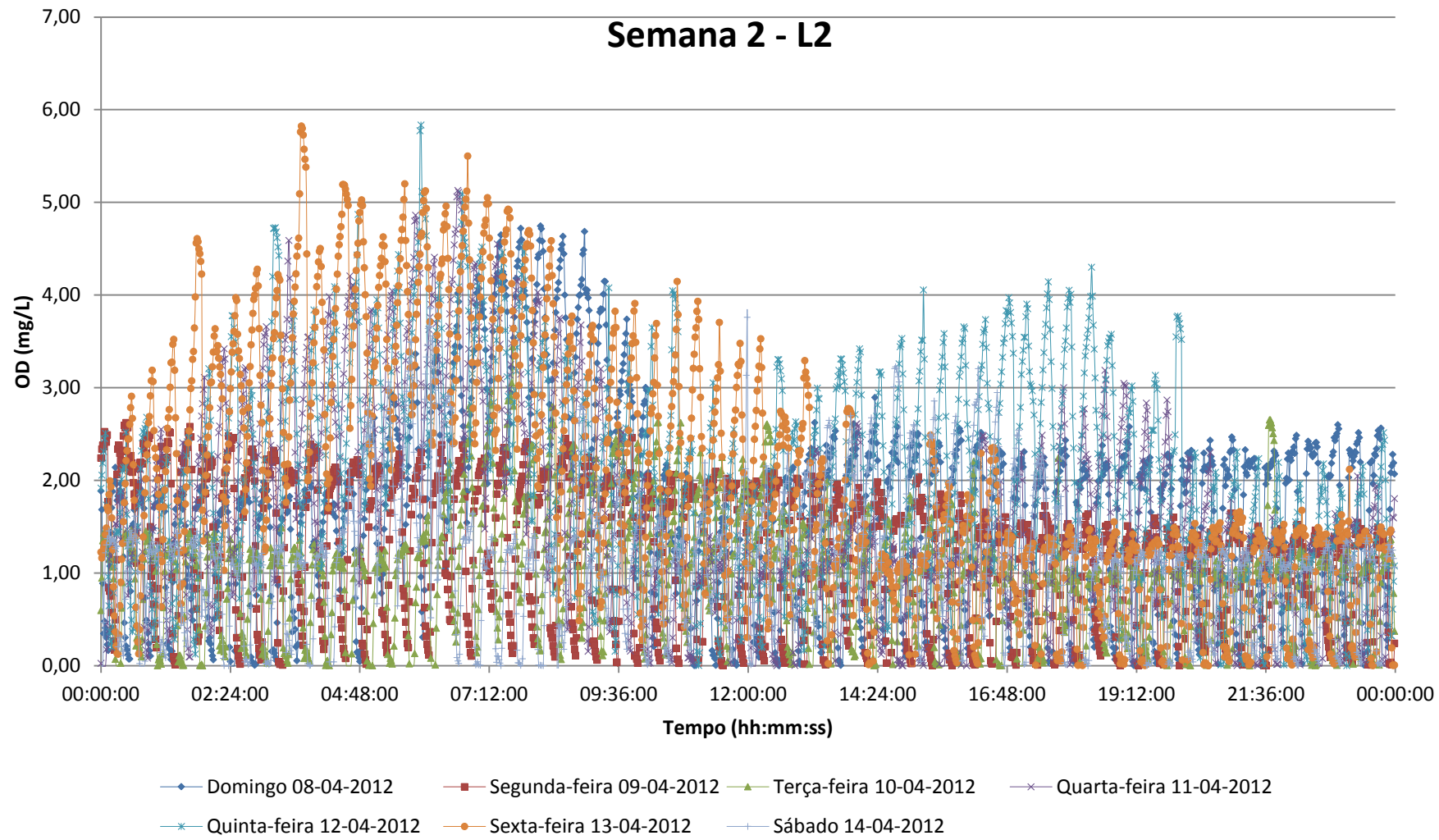
◆ Domingo 13-05-2012    ■ Segunda-feira 14-05-2012    ▲ Terça-feira 15-05-2012    × Quarta-feira 16-05-2012  
\* Quinta-feira 17-05-2012    ● Sexta-feira 18-05-2012    + Sábado 19-05-2012

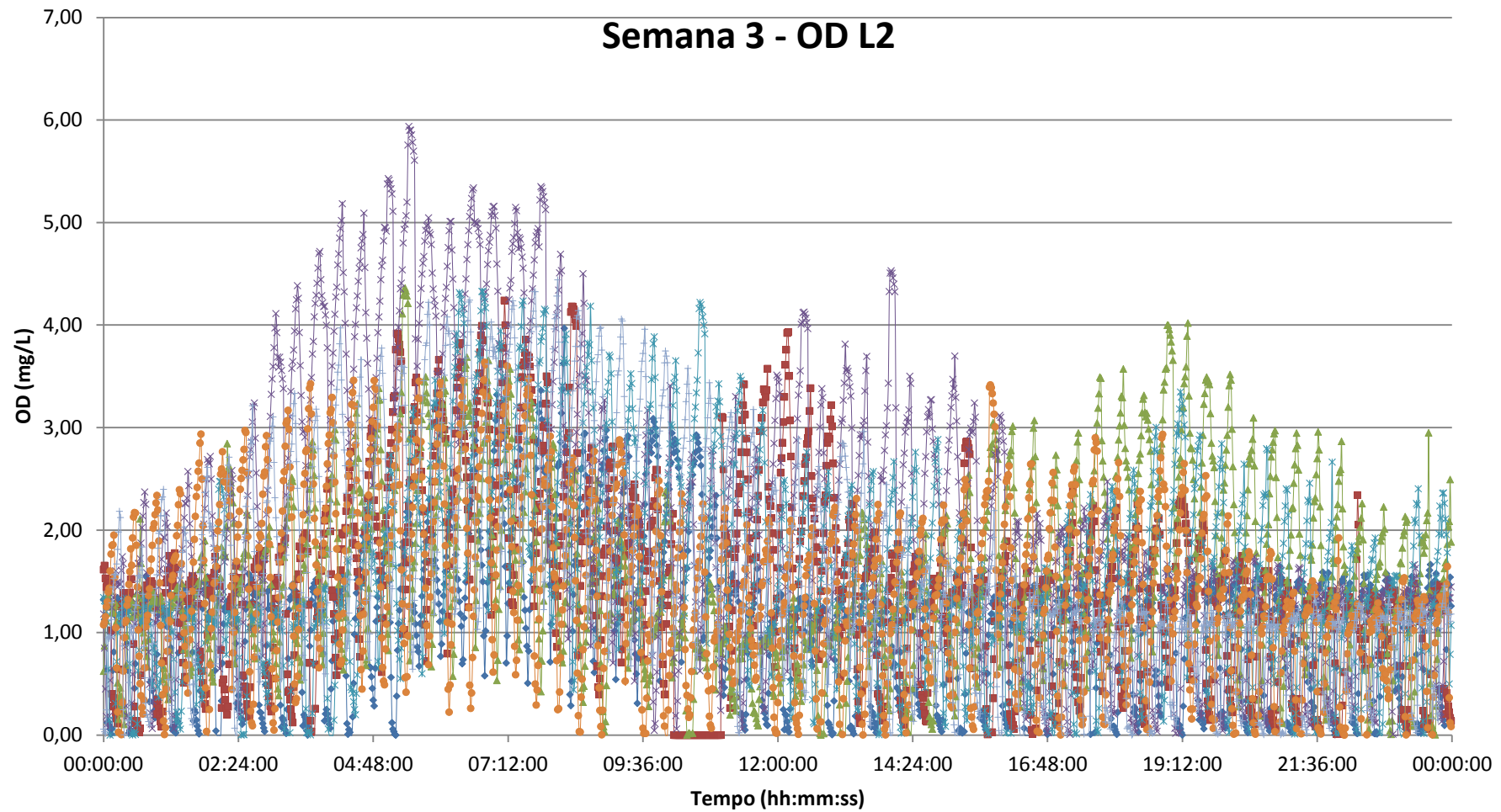


- ◆ Domingo 20-05-2012
- Segunda-feira 21-05-2012
- ▲ Terça-feira 22-05-2012
- × Quarta-feira 23-05-2012
- × Quinta-feira 24-05-2012
- Sexta-feira 25-05-2012
- ◆ Sábado 26-05-2012

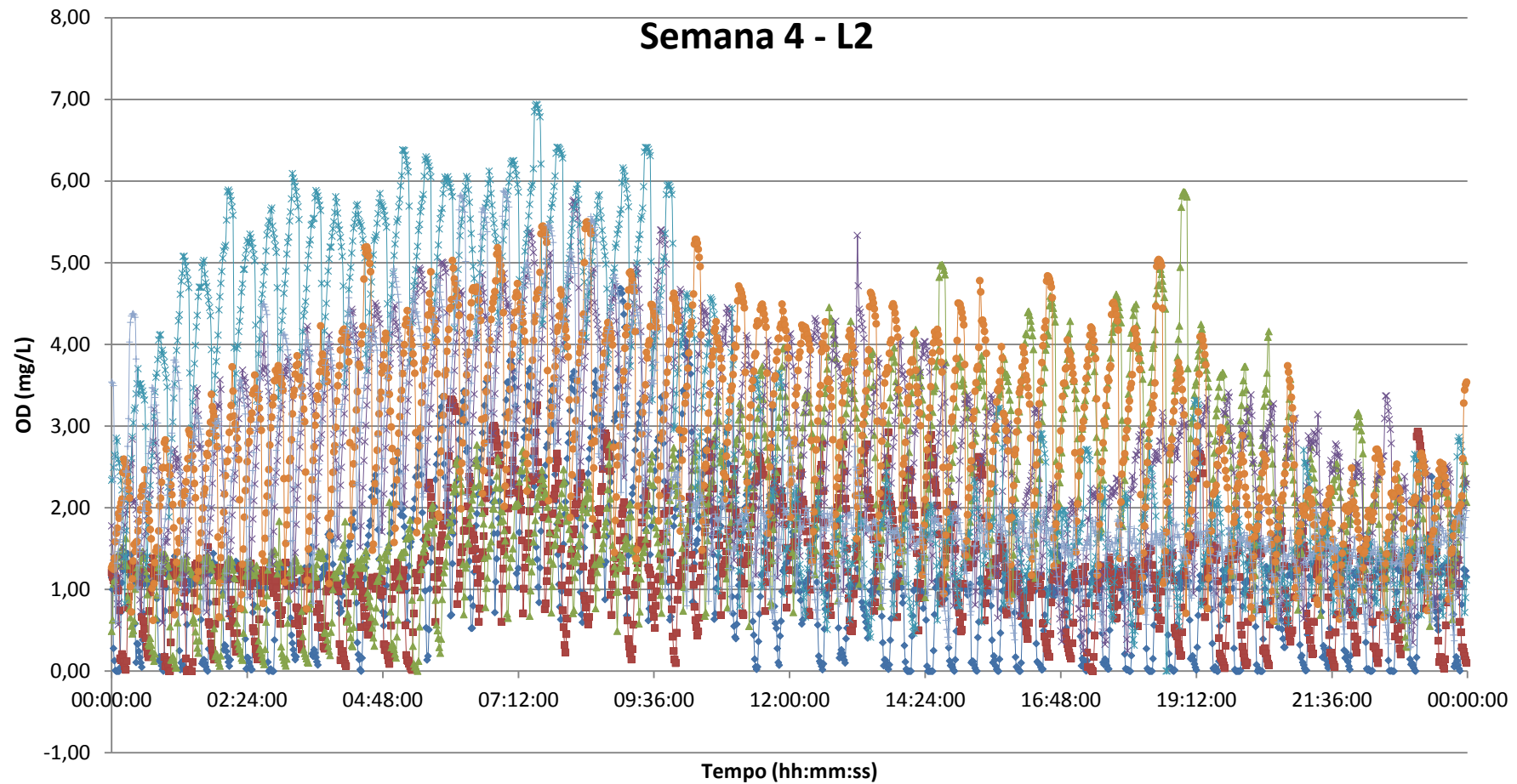
# Gráficos semanais de OD da Linha 2



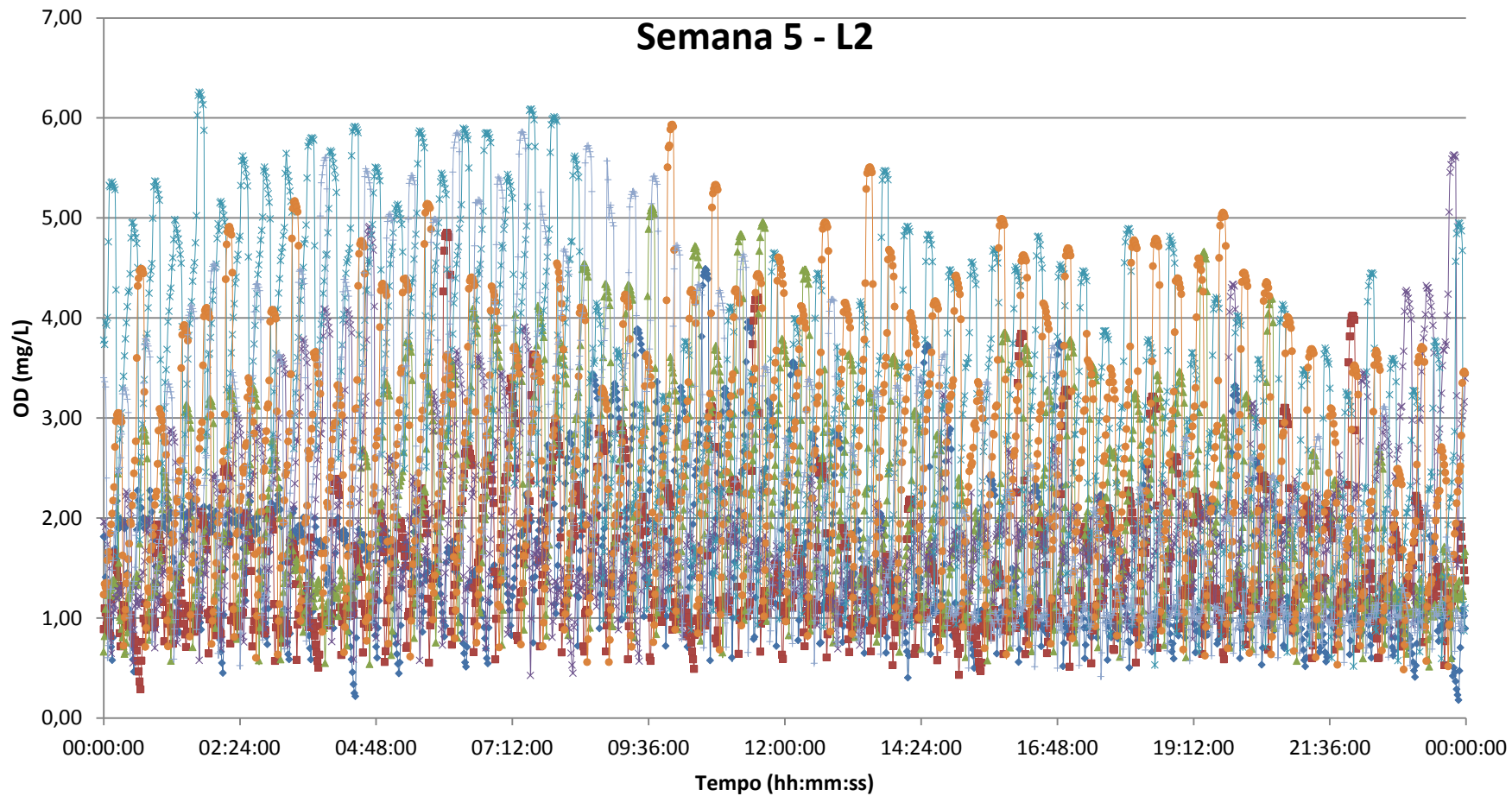




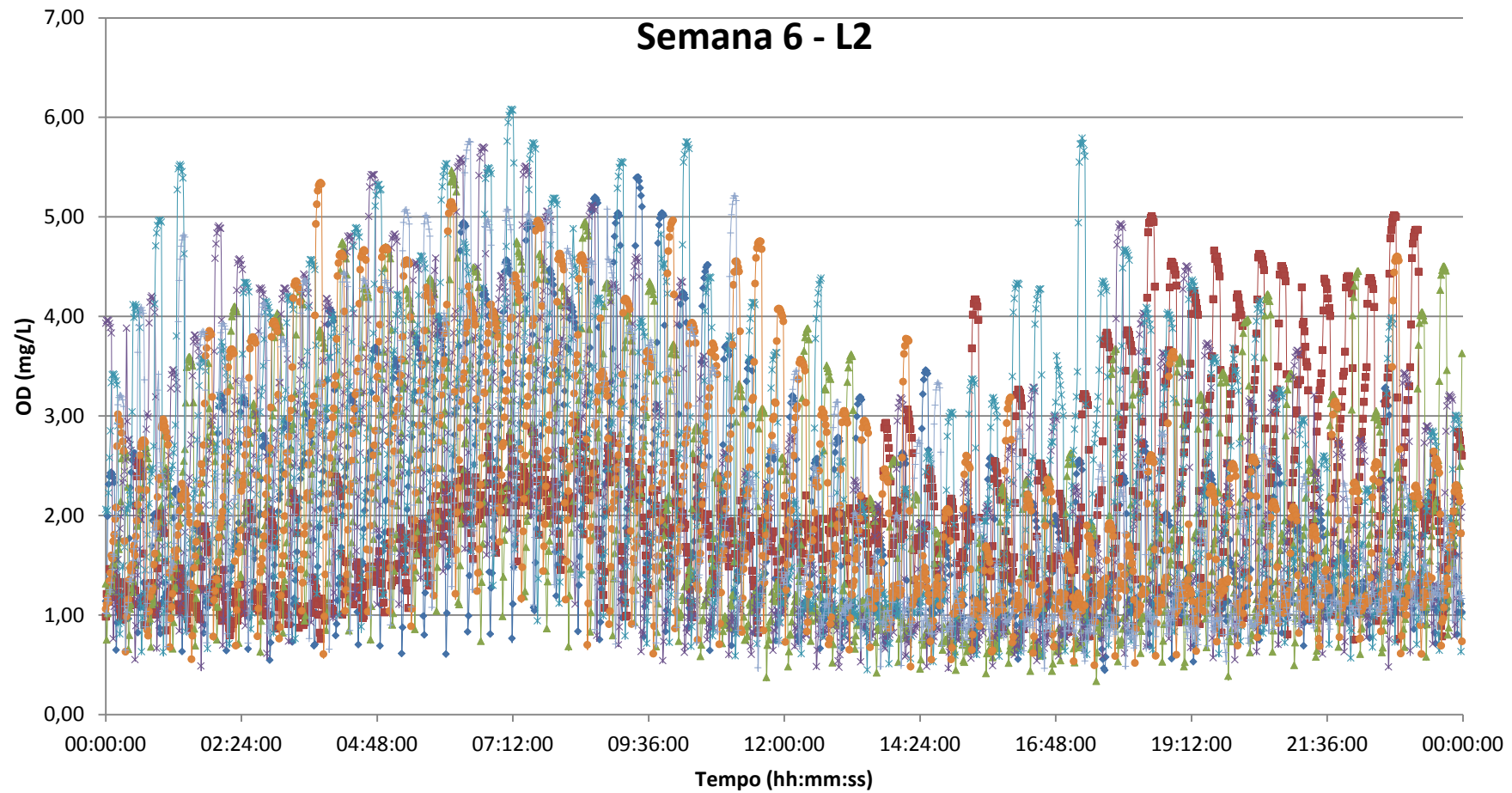
- ◆ Domingo 15-04-2012
- Segunda-feira 16-04-2012
- ▲ Terça-feira 17-04-2012
- × Quarta-feira 18-04-2012
- \* Quinta-feira 19-04-2012
- Sexta-feira 20-04-2012
- + Sábado 21-04-2012



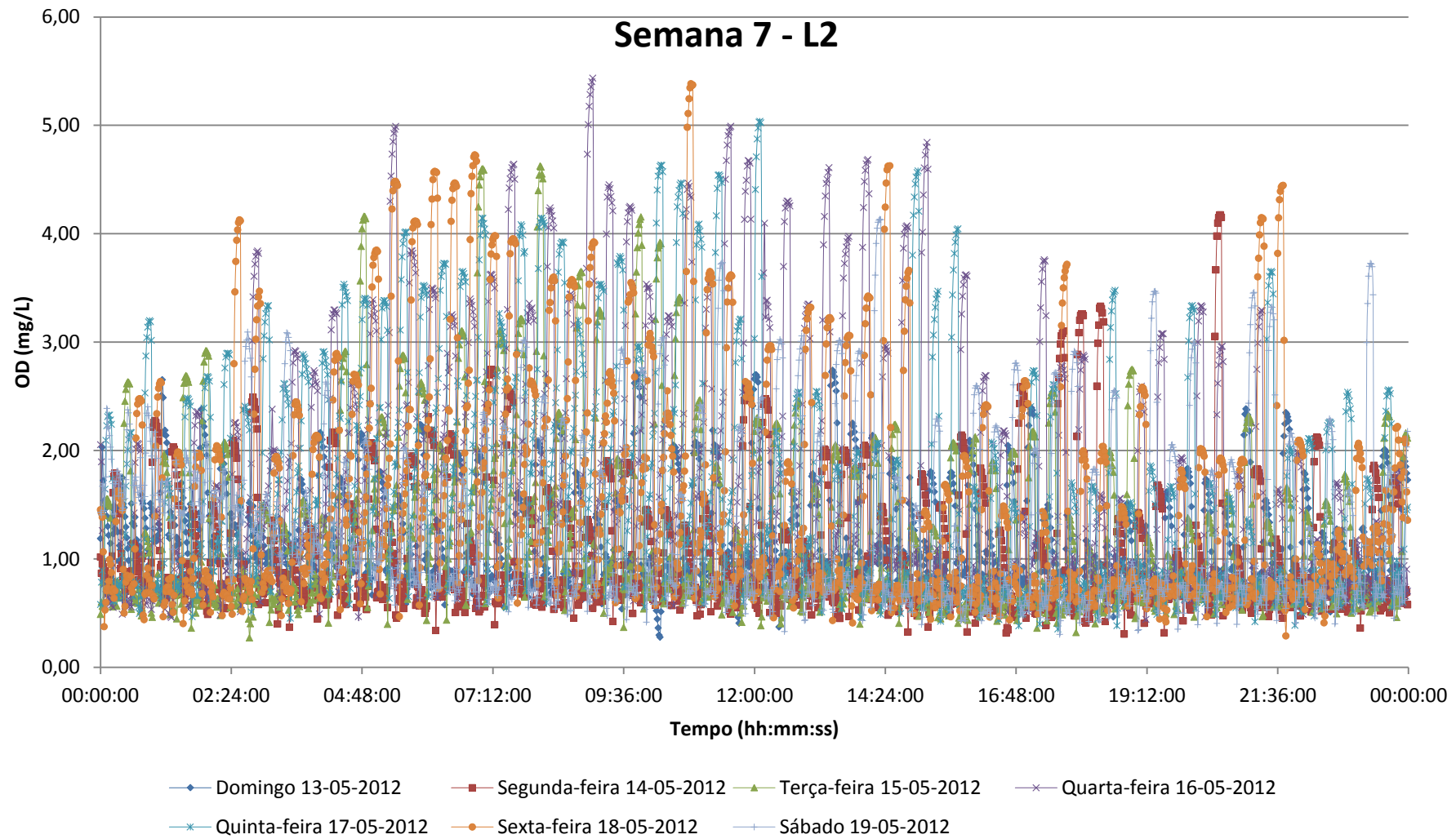
- ◆ Domingo 22-04-2012
- Segunda-feira 23-04-2012
- ▲ Terça-feira 24-04-2012
- × Quarta-feira 25-04-2012
- ✱ Quinta-feira 26-04-2012
- Sexta-feira 27-04-2012
- + Sábado 28-04-2012

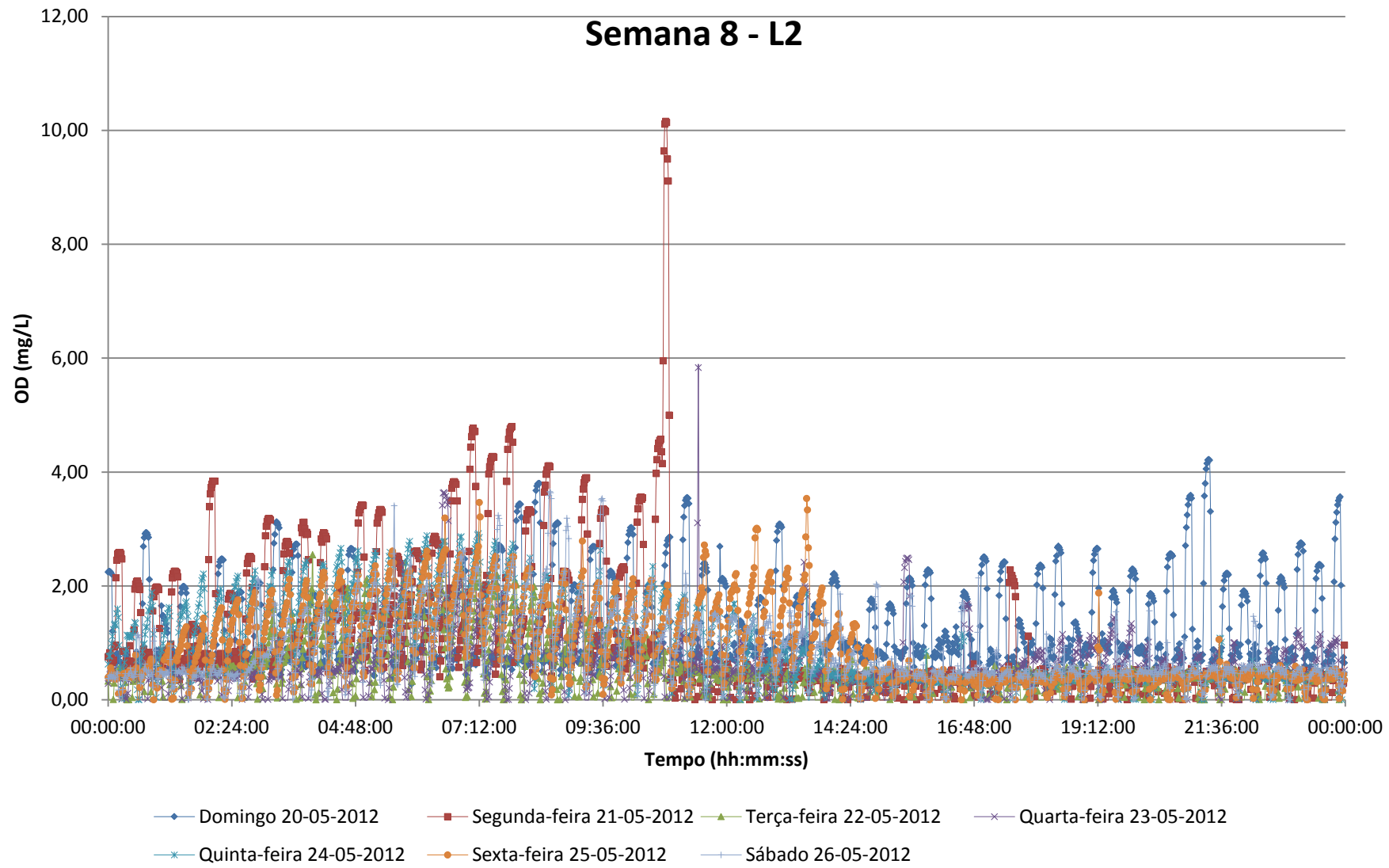


◆ Domingo 29-04-2012    
 ■ Segunda-feira 30-04-2012    
 ▲ Terça-feira 01-05-2012    
 × Quarta-feira 02-05-2012  
✱ Quinta-feira 03-05-2012    
 ● Sexta-feira 04-05-2012    
 + Sábado 05-05-2012



◆ Domingo 06-05-2012    
 ■ Segunda-feira 07-05-2012    
 ▲ Terça-feira 08-05-2012    
 × Quarta-feira 09-05-2012  
✱ Quinta-feira 10-05-2012    
 ● Sexta-feira 11-05-2012    
+ Sábado 12-05-2012





Anexo 5 – Dados de decantabilidade (mL/L) e SVI (mL/g)

Data	Reator 1		Reator 2	
	Decantabilidade (mL/L)	SVI (mL/g)	Decantabilidade (mL/L)	SVI(mL/g)
1-Abr	750	167	750	167
2-Abr	750	167	800	178
3-Abr	750	167	800	178
4-Abr	800	178	800	178
5-Abr	900	200	750	167
6-Abr	900	200	700	156
7-Abr	900	200	750	167
8-Abr	850	189	800	178
9-Abr	800	178	600	133
10-Abr	800	178	800	178
11-Abr	800	178	800	178
12-Abr	750	167	800	178
13-Abr	850	189	850	189
14-Abr	800	178	800	178
15-Abr	800	178	800	178
16-Abr	650	144	650	144
17-Abr	850	189	800	178
18-Abr	800	178	800	178
19-Abr	800	178	850	189
20-Abr	850	189	850	189
21-Abr	850	189	800	178
22-Abr	850	189	850	189
23-Abr	850	189	850	189
24-Abr	800	178	800	178
25-Abr	800	178	850	189
26-Abr	800	178	850	189
27-Abr	750	167	750	167
28-Abr	750	167	800	178
29-Abr	700	156	750	167
30-Abr	700	156	700	156
1-Mai	650	144	650	144
2-Mai	600	133	650	144
3-Mai	550	122	550	122
4-Mai	700	156	750	167
5-Mai	700	156	700	156
6-Mai	750	167	750	167
7-Mai	650	144	700	156
8-Mai	650	144	750	167
9-Mai	650	144	700	156
10-Mai	750	167	750	167
11-Mai	750	167	700	156
12-Mai	750	167	750	167
13-Mai	800	178	800	178
14-Mai	750	167	800	178
15-Mai	600	133	700	156
16-Mai	700	156	750	167
17-Mai	750	167	800	178
18-Mai	800	178	850	189
19-Mai	850	189	850	189
20-Mai	800	178	850	189
21-Mai	850	189	800	178
22-Mai	850	189	850	189
23-Mai	850	189	850	189

24-Mai	750	167	800	178
25-Mai	800	178	800	178
26-Mai	800	178	800	178
27-Mai	750	167	800	178
28-Mai	750	167	800	178
29-Mai	750	167	750	167
30-Mai	850	189	900	200
31-Mai	850	189	850	189
Mínimo	550	122	550	122
Médio	771	171	776	172
Máximo	900	200	900	200