



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

**CICLO ZOOPLANCTÓNICO EM TANQUES DE  
TERRA USADOS PARA AQUACULTURA DE  
PEIXES MARINHOS EM SISTEMA  
MULTITRÓFICO INTEGRADO (IMTA)**

Tânia Margarida Lourenço De Abreu

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Aquacultura e Pescas

Mestrado em Aquacultura e Pescas

(Especialização em Aquacultura)

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professora Doutora Margarida Castro, Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências  
e Tecnologia

Doutora Maria Emília Cunha, Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA), Estação  
Piloto de Piscicultura de Olhão (EPPO)

2014

**CICLO ZOOPLANCTÓNICO EM TANQUES DE  
TERRA USADOS PARA AQUACULTURA DE  
PEIXES MARINHOS EM SISTEMA  
MULTITRÓFICO INTEGRADO (IMTA)**

Tânia Margarida Lourenço De Abreu

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Aquacultura e Pescas

Mestrado em Aquacultura e Pescas

(Especialização em Aquacultura)

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professora Doutora Margarida Castro, Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências  
e Tecnologia

Doutora Maria Emília Cunha, Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA), Estação  
Piloto de Piscicultura de Olhão (EPPO)

2014

## Agradecimentos

Ao Instituto Português do Mar e da Atmosfera – IPMA, por ter disponibilizado as instalações e equipamentos da Estação Piloto de Piscicultura de Olhão (EPPO) que permitiram a realização deste trabalho e, em particular, ao Doutor Pedro Pousão.

À Professora Doutora Maria Emília Cunha, do Instituto Nacional de Recursos Biológicos, INRB I.P. – IPMA, pela amizade, paciência e disponibilidade com que aceitou co-orientar este trabalho facultando sempre os seus conhecimentos nesta e em outras áreas subjacentes, e principalmente pela forma como me ensinou a ver e não simplesmente a olhar *“Se deres um peixe a um homem faminto, vais alimentá-lo por um dia. Se o ensinares a pescar, vais alimentá-lo toda a vida.”*.

À Professora Doutora Margarida Castro, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve, por ter prontamente aceite e orientado este trabalho.

Ao Professor Karim Erzini que sempre se mostrou disponível para ajudar ao longo de todo o meu percurso na Universidade do Algarve, independentemente do assunto.

A todos os colegas da EPPO, com um especial obrigado à Catarina Miranda, à Lurdes Palma, à Margarida Gamboa e ao Hugo Ferreira, pelos conhecimentos partilhados, apoio e amizade.

À minha irmã Telma, sem a qual a minha vida não faria sentido nenhum.

À minha mãe pela garra com que acorda todos os dias, principalmente naqueles em que só apetece deixar tudo de lado, mas ainda assim não baixa os braços na tentativa de tornar o meu mundo melhor; pela força e princípios que me deixou herdar dela de forma a desconhecer a palavra “desistir”.

Aos meus avós Lurdes e Abílio por tudo, quando “tudo” é muito pouco para descrever o privilégio e orgulho de ser vossa neta.

Aos meus colegas e Amigos, pela cumplicidade ao longo destes últimos anos e os que nos faltam (*MissRoGo*, Márcia, Dani, Maurício, Calisto e Negrão).

À minha família, em especial, Titá, Padrinho Neu, Nai, Leo, Ian, Adrien, Pai, Mi João, Luís, Sandro, Verinha, Madrinha Moni e Tia Maria que no fundo são as partes fundamentais do todo que me constitui.

E a Ti, por existires na minha vida desta forma tão simples, e ao mesmo tempo tão pura e bela.

## Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de um estudo comparativo para avaliar a Produtividade Primária desenvolvida e a abundância de zooplâncton presente em tanques de terra para cultivo de dourada e sargo em sistema de monocultivo e sistema multitrófico integrado (IMTA) com ostra-do-pacífico. Foram aplicados dois tratamentos em triplicado nos tanques, os quais diferiram apenas na densidade de organismos estabelecidos, sendo o tanque de controle isento de peixes e ostras.

Os valores médios de Produção Primária obtidos no tanque de controle ( $0.094 \pm 0.104 \text{ mgC l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) demonstraram-se inferiores aos obtidos nos tanques dos sistemas non-IMTA ( $0.170 \pm 0.050 \text{ mgC l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) e IMTA ( $0.136 \pm 0.084 \text{ mgC l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). No entanto, quando comparados, os dois sistemas não apresentam diferenças estatísticas significativas ( $P > 0.05$ ).

A abundância de zooplâncton foi bastante mais elevada no tanque de controle ( $1378 \pm 511 \text{ ind.m}^{-3}$ ) quando comparada com os sistemas IMTA ( $338 \pm 114 \text{ ind.m}^{-3}$ ) e non-IMTA ( $266 \pm 44 \text{ ind.m}^{-3}$ ). Por sua vez, estes dois sistemas (IMTA e non-IMTA) não se demonstraram significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

De entre os *taxa* identificados, os Copépodes, Outros Crustáceos, Larvas de Crustáceos Decápodes, Larvas de Peixe, Larvas de Tunicado e Insectos foram os grupos com os valores médios mais elevados de abundância. Em ambos os sistemas, os Copépodes foram o grupo mais abundante em oposição às Larvas de Tunicado, tendo estas últimas apresentado os valores mais baixos. No entanto, apenas as Larvas de Crustáceos Decápodes, apresentaram diferenças significativas ( $P < 0.05$ ). Os seus valores foram mais elevados no sistema IMTA ( $46 \pm 37 \text{ ind.m}^{-3}$ ) do que no sistema non-IMTA ( $35 \pm 32 \text{ ind.m}^{-3}$ ).

**Palavras-chave:** IMTA, Monocultivo, Tanques de terra, Qualidade da água, Produtividade primária, Ciclo Zooplanctónico.

# ZOOPLANKTONIC CYCLE ON EARTH PONDS FOR MARINE FISHES ON-GROWING IN INTEGRATED MULTITROPHIC AQUACULTURE SYSTEMS (IMTA)

## Abstract

This work present the results of a comparative study to evaluate the Primary Production and zooplankton abundance developed in earthen ponds used for aquaculture of gilthead seabream and white seabream in monoculture and in integration with oysters in a multitrophic system (IMTA). Two treatments were applied in triplicate in earth ponds, which differed only in density of organisms inserted therein and a blank with no fish and oyster.

The average Primary Production obtained in the tank with no fish and oysters ( $0.094 \pm 0.104 \text{ mgC l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) was smaller than the obtained in non-IMTA ( $0.170 \pm 0.050 \text{ mgC l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) and IMTA ( $0.136 \pm 0.084 \text{ mgC l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) tanks. However, when compared, the two systems were not statistically different ( $P > 0.05$ ).

The zooplankton abundance was significantly higher in the blank ( $1378 \pm 511 \text{ ind.m}^{-3}$ ) when compared with IMTA ( $338 \pm 114 \text{ ind.m}^{-3}$ ) and non-IMTA ( $266 \pm 44 \text{ ind.m}^{-3}$ ) that were not significantly different ( $P > 0.05$ ).

From the identified *taxa*, Copepods, Other Crustaceans, Decapod Crustacean Larvae, Fish Larvae, Tunicate Larvae and Insects were the organisms with the highest mean abundance. In both systems, Copepods were the most abundant group and Tunicate Larvae the lowest. However, significant differences were only identified in Decapod Crustacean Larvae group ( $P < 0.05$ ), being higher in IMTA ( $46 \pm 37 \text{ ind.m}^{-3}$ ) than in non - IMTA ( $35 \pm 32 \text{ ind.m}^{-3}$ ).

**Keywords:** IMTA, Monoculture, Earth ponds, Water Quality, Primary Production, Zooplanktonic Cycle.

# Índice geral

Título	
Declaração de <i>Copyright</i>	i
Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice geral	v
Índice de figuras	vi
Índice de tabelas	vii
Lista de abreviaturas e siglas	ix
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Breve Contextualização da aquacultura	1
1.2 Aquacultura semi-intensiva em tanques de terra	3
1.2.1 Aquacultura Trófica Simples (Monocultivo/ non-IMTA)	3
1.2.2 Aquacultura Multitrófica Integrada (IMTA)	4
1.2.3 Qualidade da água	5
1.3 Objetivo	7
<b>2 Material e Métodos</b>	<b>8</b>
2.1 Desenho experimental	8
2.1.1 Amostragem	9
2.1.2 Análise estatística	10
<b>3 Resultados</b>	<b>11</b>
3.1 Ciclo fitoplanctónico - Produtividade Primária	11
3.2 Ciclo zooplanctónico	12
<b>4 Discussão</b>	<b>21</b>
<b>5 Considerações finais</b>	<b>27</b>
<b>6 Referências</b>	<b>28</b>
<b>Apêndices</b>	

# Índice de figuras

<b>Figura 2.1.1.</b> - Estação Piloto de Piscicultura de Olhão, tanques de terra utilizados no desenvolvimento da experiência (salientes a vermelho e respetiva nomenclatura atribuída)	8
<b>Figura 2.1.2.</b> – a. Baldes (20L), b. Tanque cónico (200L) utilizado para apanha da mistura de água e respetivos pontos de recolha no tanque (c.).	9
<b>Figura 3.1.1.</b> - Produtividade Primária média mensal, determinada em Carbono, nos dois sistemas de produção (IMTA e non-IMTA) e no tanque de controlo.	11
<b>Figura 3.2.1.</b> - Valores médios mensais de abundância [ $\text{Log} (\text{N}^\circ \text{ m}^{-3})$ ] de organismos zooplânctónicos nos dois sistemas de produção (IMTA e non-IMTA) e no tanque de controlo.	12
<b>Figura 3.2.2.</b> - Densidade média ( $\text{m}^3$ ) dos <i>taxa</i> presentes nos diferentes tanques dos sistemas ao longo dos meses de amostragem.	13
<b>Figura 3.2.3.</b> - Abundância média ( $\text{N}^\circ \text{ m}^{-3}$ ) dos diferentes Taxa de zooplâncton identificados nas amostras ao longo do estudo.	14
<b>Figura 3.2.4.</b> - Abundância média ( $\text{N}^\circ \text{ m}^{-3}$ ) de Copépodes nos tanques de cultivo ao longo dos meses de amostragem.	15
<b>Figura 3.2.5.</b> - Abundância [ $\text{Log} (\text{N}^\circ \text{ m}^{-3})$ ] dos organismos que contribuíram para os valores obtidos nos Copépodes ( <i>Acartia copepodito</i> e náuplios de <i>Acartia</i> ), ao longo dos meses de amostragem.	15
<b>Figura 3.2.6.</b> - Abundância média ( $\text{N}^\circ \text{ m}^{-3}$ ) de Outros Crustáceos nos tanques de cultivo ao longo dos meses de amostragem.	16
<b>Figura 3.2.7.</b> – Abundância [ $\text{Log} (\text{N}^\circ \text{ m}^{-3})$ ] dos organismos constituintes do grupo dos Outros Crustáceos ( <i>Amphipoda</i> , <i>Isopoda</i> e <i>Mysida</i> ), durante o período de amostragem.	17

<b>Figura 3.2.8.</b> – a. Larvas de Peixe, b. Tunicado e c. Crustáceo Decápode, obtidas nas amostras recolhidas ao longo do tempo.	17
<b>Figura 3.2.9.</b> - Abundância média ( $N^{\circ} m^{-3}$ ) de Larvas de Crustáceos Decápodes, Peixes e Tunicados nos tanques de cultivo, ao longo do período de amostragem.	18
<b>Figura 3.2.10.</b> – Insetos obtidos nas amostras, recolhidas ao longo do tempo.	19
<b>Figura 3.2.11.</b> - Abundância média ( $N^{\circ} m^{-3}$ ) de Insetos nos tanques de cultivo, ao longo do período de amostragem.	20

## Índice de tabelas

<b>Tabela 3.1.1.</b> - Produtividade primária média ( $\text{mgC l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) ao longo do período de estudo por tanque e por tratamento experimental.	12
<b>Tabela 3.2.1.</b> - Abundância média de zooplâncton ( $\text{ind. m}^{-3}$ ) ao longo do período de estudo por tratamento experimental	13
<b>Tabela 3.2.2.</b> - Abundância média de zooplâncton ( $\text{ind. m}^{-3}$ ) ao longo do período de estudo por taxa e tratamento experimental.	20

## **Lista de abreviaturas e siglas**

IMTA	Sistema Multitrófico Integrado
Non-IMTA	Monocultivo
INE	Instituto Nacional de Estatística
DGPA	Direcção Geral das Pescas e Aquicultura

# 1. Introdução

## 1.1 Breve contextualização da aquacultura

Com o declínio da pesca e aumento da procura de produtos do mar, surge a necessidade de criar novas formas de produzir proteína animal de qualidade, com o intuito de suprimir as exigências do crescimento da população humana mundial nessa matéria. Assim sendo, a aquacultura desempenha, cada vez mais, um papel socioeconómico preponderante, na medida em que aposta em respostas económicas e ecologicamente viáveis à resolução desta problemática (Mestre, 2008).

Nos últimos anos tem-se verificado um forte desenvolvimento da atividade da Aquacultura, com um aumento global médio anual na produção de 5.4% em termos de quantidade e 8.3% em termos de valor (FAO, 2009), sendo um dos sectores de produção de alimentos com maior índice de crescimento (FAO, 2012). Bridger (2004) classifica a Aquacultura com base em dois parâmetros – o tipo de Sistema de Produção e o Local onde esta se desenvolve. Quanto aos Sistemas de Produção podemos ter um sistema extensivo, semi-intensivo e/ou intensivo. Já em relação ao Local de operação podemos classificar a aquacultura como aquacultura em terra (*inshore*), aquacultura costeira (*onshore*) e aquacultura em mar aberto (*offshore*). A aquacultura *inshore* diz respeito a estruturas em terra próximas das zonas costeiras ou de outros locais de abastecimento de água. Recorre principalmente ao uso de tanques, sendo o grau de exposição a fatores ambientais considerado reduzido. A aquacultura *onshore* respeita à produção em jaulas em zonas costeiras abrigadas, em oposição à aquacultura *offshore* que se localiza a distâncias consideráveis da costa, que estão por isso expostas a todas as condições ambientais do local onde se encontram (Bridger, 2004 e Lekang, 2007).

Portugal apresenta um potencial único para a atividade aquícola e ainda para o desenvolvimento da cultura de novas espécies com interesse comercial. Possui uma linha de costa com cerca de 2.830 km e uma Zona Económica Exclusiva de 1.656km<sup>2</sup>. A sua zona costeira é influenciada, tanto pelo Mar Mediterrâneo, como pelo Oceano Atlântico (Diniz, 1998 e Cassamo, 2012), o que permite num futuro a expansão da atividade aquícola em mar aberto (Plano Operacional das Pescas 2007-2013). Atualmente a sua produção aquícola faz-se maioritariamente *onshore* e usa tanques de terra, sendo o robalo e a dourada as espécies

preferenciais. Os produtores utilizam diferentes níveis de intensificação e dimensão dos tanques e a sustentabilidade económica destes sistemas depende da diferenciação dos produtos e otimização da produção (SeaCase Project, <http://www.seacase.org/>, consultado em Setembro de 2012).

Acredita-se que tenham sido os Romanos, ainda que com recurso a técnicas simples, a introduzir a piscicultura na Península Ibérica, associada à ostreicultura (FAO, 2008), e à produção de sal (Birmingham, 2010 *in* Cassamo, 2012). Sendo esta uma prática antiga e tradicional, que no nosso país constituía uma atividade familiar, a aquacultura nunca assumiu a dimensão da atividade pesqueira industrial. Até meados dos anos 80 esta consistia na produção de bivalves e na produção dulçaquícola de truta arco-íris. Apenas em 1986, após a entrada do país na atual União Europeia, foi incentivado o desenvolvimento da aquacultura (Dinis, 2010 *in* Cassamo, 2012). A partir de então foi notória a evolução da atividade e o que seriam salinas de outrora deram lugar a construções específicas para cultivos, utilizando mão-de-obra com formação (Aquaculture Europe, 2010 *in* Cassamo, 2012). Verificou-se então um decréscimo (60%) nas pescas, fruto do interesse de vários investidores pela aquacultura (INE/DGPA, Estatísticas da Pesca, 1998), mas apesar do crescente interesse, no início dos anos 90 a produção em água doce começa a perder importância ocorrendo um decréscimo de 32% para apenas 12% em 2008, justificável pela necessidade de responder a um mercado mais dirigido para os produtos com origem marinha (Aquaculture Europe, 2010 *in* Cassamo, 2012).

A produção aquícola, em águas salgadas e salobras, de moluscos bivalves (amêijoia e ostra), dourada e robalo representa cerca de 88% da produção total nacional, ainda que se tenha verificado que existem outras espécies que, ou têm potencialidade para um melhor aproveitamento do recurso, ou têm igualmente potencial para serem cultivadas e assim diversificar a produção (DGPA, 2008). Porém, com a entrada de elevadas quantidades de peixe provenientes de países como a Grécia e Turquia, a partir do ano 2000, o valor comercial do produto nacional sofreu um grande decréscimo o que levou uma crise no sector. Deste modo, os custos de produção superavam os do mercado externo, impossibilitando a competição do produto nacional com o destes sistemas mais intensivos, o que consequentemente estabilizou o crescimento da atividade entre os anos de 2000 e 2008 (Aquaculture Europe, 2010 *in* Cassamo, 2012).

Nos dias que correm, o panorama não é o mais desejável e, ainda que estejam reunidas as condições naturais favoráveis ao desenvolvimento da atividade aquícola, esta não satisfaz na totalidade as necessidades do consumo nacional (DGPA, 2008). Portugal é

um país com grande tradição de pescada, ocupando a 3ª posição a nível mundial em termos de consumo de produtos da pesca. O consumo de pescada em Portugal é muito superior à média europeia. *Per capita*, os portugueses consomem cerca de 57 kg/ano, valor inferior ao que é atualmente capturado pela frota pesqueira (23 Kg/ano). Nem mesmo o somatório dos valores produzidos em aquacultura e das capturas é suficiente para suportar as necessidades reais – 650000 Ton necessárias contra 218205 Ton produzidas/capturadas por ano (DGPA, 2008).

Pode afirmar-se que a aquacultura visa não só reforçar o abastecimento nacional e oferecer produtos alternativos aos da pesca, mas também auxiliar na estabilização do valor comercial de determinadas espécies, tornando-as acessíveis tanto em quantidade como em qualidade para todos (DGPA, 2008).

Ainda que em relação à produção comunitária, a produção aquícola portuguesa apresente valores muito reduzidos, esta tem vindo a acompanhar de forma positiva a evolução que se faz sentir na Europa.

No Algarve, o sistema lagunar da Ria Formosa cobre uma área total de 163Km<sup>2</sup> ocupados por salinas e tanques de cultivo (CCRA, 1984 *in* Gamito, 1997). À semelhança dos restantes países do sul da Europa, a piscicultura marinha nacional é tradicional, sendo praticada em tanques especialmente construídos para o efeito ou em antigas salinas (regime extensivo/semi-intensivo) e baseia-se na produção quase exclusiva de dourada e robalo (Gamito, 1997 e Branco, 2003). Nestes sistemas a produção é de cerca de 150 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Clement e Rigaud, 1986) porém, em sistemas bem aproveitados e com boa renovação, pode mesmo chegar aos 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Dinis *et al.*, 1989).

Em Portugal, o Algarve contribui com cerca de 50% da produção anual total (DGPA, 2007).

## **1.2 Aquacultura semi-intensiva em tanques de terra**

### **1.2.1 Aquacultura Trófica Simples (Monocultivo / non-IMTA)**

As estatísticas da produção conjunta de dourada e robalo para o ano de 2000, apontam para uma produção na ordem das 62 000 e 47 000 toneladas, respetivamente, que correspondem aos seguintes valores de mercado: 343 e 294 milhões de dólares (FAO, 2005).

Estas espécies são tipicamente cultivadas no mesmo local, com uma organização de espécie e classes mínima (Magill *et al.*, 2006).

Este tipo de aquacultura trófica simples, em que uma ou várias espécies, pertencentes ao mesmo nível trófico, são cultivadas (policultivo simples), tem alguns benefícios sinérgicos, mas o risco de provocar alterações consideráveis nos ecossistemas é elevado. O impacto ambiental é considerado negativo devido à libertação de grandes quantidades de matéria orgânica particulada sob a forma de detritos em suspensão (Karakassis *et al.*, 2000; Mazzola e Sarà, 2001), provenientes do alimento não consumido e dos produtos da excreção dos peixes cultivados (Holby e Hall, 1991; Hall *et al.*, 1992 e Cheshuk *et al.*, 2003). Muitos destes detritos acumulam-se no fundo do oceano, adjacente às unidades de cultivo, causando modificações severas nas características físicas e químicas do ambiente bentónico envolvente (Gowen e Badbury, 1987; Weston, 1990; Holmer e Kristensen, 1992; Findlay *et al.*, 1995; Wu, 1995; Karakassis *et al.*, 2000; Diaz, 2001; Rosenberg *et al.*, 2001; Sanz-Lázaro e Marín, 2008).

Assim sendo, um dos desafios de maior importância para o desenvolvimento sustentável da Aquacultura é a minimização dos seus impactos ambientais. A rápida expansão da aquacultura, documentada pela FAO, tem contribuído para o aumento da quantidade de nutrientes libertados nos ecossistemas aquáticos. O alimento excedente, bem como as fezes dos animais, podem integrar o sedimento do fundo e assim aumentar a concentração dos nutrientes inorgânicos dissolvidos, pela remineralização do material orgânico particulado. Destes advêm vários impactos negativos locais como é o caso da poluição das águas costeiras, eutrofização, depleção de oxigénio e consequentes mudanças na biodiversidade dos ecossistemas costeiros (Holmstrom *et al.*, 2003, Troell *et al.*, 2003; Antunes e Gil, 2004, Boxall, 2004, Hites *et al.*, 2004, Hamilton *et al.*, 2005, Holmer *et al.*, 2005, Islam, 2005, Tomassetti e Porrello, 2005, Cabello, 2006, Calvi *et al.*, 2006, Kalantzi e Karakassis, 2006, Mantzavarakos *et al.*, 2007, Pusceddu *et al.*, 2007, Sapkota *et al.*, 2008, Vezzulli *et al.*, 2008, Lai e Lin, 2009).

### **1.2.2 Aquacultura Multitrófica Integrada (IMTA)**

Os sistemas de policultivo integrado – também conhecidos como “Aquacultura Multitrófica Integrada – IMTA” não são um conceito novo, sendo praticado há vários séculos na China e em outros países da Ásia. A ideia de policultura de peixes integrada é

baseada no conceito de utilização total de diferentes nichos tróficos e espaciais de um tanque, de modo a obter o máximo de produção de peixes por m<sup>3</sup>. Assim sendo, a combinação de diferentes espécies de peixes compatíveis e de diferentes nichos tróficos e espaciais, permite um aproveitamento mais eficiente dos recursos alimentares naturais disponíveis no tanque. Do ponto de vista económico, são sistemas considerados atrativos pois procedem à eliminação eficiente dos ditos resíduos e a biomassa obtida apresenta uma grande qualidade (Adain, 2006; Neori *et al.*, 2004 *in* Barrington *et al.*, 2009; Chopin e Robinson, 2004, Chopin, 2006 *in* FAO 2009). Um dos conceitos fundamentais deste tipo de sistema (IMTA) está não só associado aos benefícios económicos, mas também aos benefícios para o próprio sistema de produção e para o ambiente envolvente (Butterworth, 2009).

A seleção das espécies para os sistemas de policultivo é então muito importante. Deve existir uma combinação de espécies, com diversidade nos seus hábitos alimentares, passando pelos vários níveis tróficos, desde planctívoros, animais que se alimentem à superfície ou na coluna de água, animais que se alimentem no fundo (bentícos/detrítívoros) a omnívoros e animais que se alimentem de macro vegetação. A possibilidade de aumentar a produção de peixes por m<sup>3</sup>, recorrendo a sistemas de policultivo, é considerável quando comparada a sistemas de monocultivo, uma vez que a combinação das diferentes espécies contribui de forma efetiva para melhorar o ambiente do mesmo (Varga e Chowdhury, 1992). Deste modo, o valor dos organismos cultivados pode estar diretamente relacionado com a sua capacidade de melhorar o sistema, quer do ponto de vista económico, quer ambiental (Butterworth, 2009).

### **1.2.3 Qualidade da água**

A existência de resíduos gerados, tanto pelo alimento não consumido, como pelas excreções metabólicas, em suspensão ou diluídos na água dos tanques, são a causa de maior impacto ambiental (Talbot e Hole, 1994). No caso dos sistemas semi-intensivos em tanques de terra, os efluentes podem sofrer tratamento antes de serem devolvidos ao meio ambiente (Anónimo, 1983 *in* Costa, 2002). Porém, nestes casos o tratamento não é possível em termos económicos, pelas quantidades de água envolvidas no processo (SCPCR, 1983 *in* Costa, 2002).

Os principais nutrientes na água dos tanques de terra são o azoto (sob a forma de amónia ( $\text{NH}_4^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) e o fósforo ( $\text{PO}_4^-$ ). A amónia é indicadora de “novos” nutrientes provenientes de dejetos animais, enquanto que os nitratos são resultantes da oxidação da amónia (Rissik *et. al.*, 2009). Em concentrações superiores a 0,1 mg de N- $\text{NH}_3$  por litro, considera-se prejudicial para os peixes e para o plâncton (Alzieu, 1989). Em baixas concentrações a forma química menos tóxica de azoto ( $\text{NO}_3^-$ ) predomina, a qual é mais facilmente assimilada pelo fitoplâncton que o nitrato.

O fito e o zooplâncton são as componentes fundamentais na dinâmica dos ecossistemas de tanques de terra. Estes organismos, são excelentes indicadores das condições ambientais dos mesmos visto reponderem, de forma muito sensível, a alterações na qualidade da água - níveis baixos de oxigénio, contaminantes tóxicos, fraca qualidade e/ou abundância de alimento e predação (Burford, 1997; Primavera, 1998 *in* Casé *et al.*, 2008).

Pela análise de alguns indicadores do plâncton (biomassa, abundância e diversidade), é nos possível estabelecer uma relação entre o estado da comunidade e as condições dos tanques (Burford, 1997 e Primavera, 1998). Por outro lado, Casé *et al.* (2008) refere ainda a importância de acompanhar as espécies dominantes, bem como os fatores que, provavelmente, controlam a estrutura da comunidade de modo a garantir a manutenção da boa qualidade da água nos tanques e para que exista uma fonte de alimento de qualidade para os restantes consumidores.

Os ciclos anuais de plâncton consistem em *blooms* de fitoplâncton em resposta a mudanças particulares de temperatura, salinidade, fotoperíodo e intensidade luminosa, disponibilidade de nutrientes e num bloom posterior das populações de zooplâncton (Lavens e Sorgeloos, 1996). Em zonas temperadas o zooplâncton apresenta uma sazonalidade evidente (Rodrigues, 2008), conseqüente da disponibilidade de alimento e aumento da temperatura, que favorecem o desenvolvimento das populações de zooplâncton (Barnes e Mann, 1980).

Em meio natural, a exaustão dos nutrientes da zona fótica, leva ao declínio da população de fitoplâncton e, ao contrário das zonas polares, que apresentam apenas um pico de produção, em zonas temperadas existe a ocorrência de dois picos distintos, um na primavera e outro no outono. Este mais tardio resulta do declínio das populações zooplânctônicas, do afloramento de novos nutrientes e da luz e temperatura ainda favoráveis (Fogg, 1975c; Goltermann, 1975 *in* Barnes e Mann, 1980).

A disponibilidade de alimento e o aumento das temperaturas favorecem o desenvolvimento do zooplâncton, que reduz o fitoplâncton quase ao mesmo ritmo que este se desenvolveu (Fogg, 1975c; Goltermann, 1975 *in* Barnes e Mann, 1980; Carpenter *et al.*, 1985; Bergquist e Carpenter, 1986; Carpenter *et al.*, 1987; Elser e Goldman, 1991; Muylaert *et al.*, 2006).

No caso de tanques de aquacultura estes são inoculados naturalmente com diversas espécies de fitoplâncton (Boyd, 1990). A estrutura e abundância das suas populações são maioritariamente controladas pela luz, turbulência da água e pelos nutrientes inorgânicos (Fogg, 1975c; Goltermann, 1975 *in* Barnes e Mann, 1980).

### **1.3 Objetivo**

O objetivo deste trabalho foi conhecer as diferenças dos ciclos de produção zooplanctónicos, em tanques de terra usados para aquacultura de peixes marinhos, produzidos em sistema trófico simples e em sistema multitrófico integrado (IMTA). Foi feita a análise quantitativa e qualitativa do zooplâncton presente nos dois sistemas, com vista a perceber a qualidade da água e a sua viabilidade em termos de eficiência de cultivo. As relações entre a produtividade primária e a secundária foram estabelecidas para se perceber o ciclo anual dos organismos em função dos parâmetros ambientais externos.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Desenho experimental

Integrada nas tarefas do projeto SEAFARE, a fase experimental deste trabalho foi desenvolvido na Estação Piloto de Piscicultura de Olhão e teve a duração de um ano (Novembro de 2011 a Novembro de 2012). A análise foi feita em amostras de água retiradas de 7 tanques de terra semelhantes (Figura 2.1.1.): 3 em sistema multitrófico integrado – IMTA – (tanques 12, 14 e 16); 3 em sistema trófico simples – non-IMTA - (tanques 11, 13 e 15); e 1 tanque de controlo (tanque 17). Com exceção do tanque de controlo, os tanques foram povoados com dourada – *Sparus aurata* – e sargo – *Diplodus sargus* (densidade de 1 Kg.m<sup>-3</sup>), tendo os tanques do sistema IMTA, adicionalmente, ostra-do-pacífico – *Crassostrea gigas* (densidade de 0,24Kg.m<sup>-3</sup>).

Os tanques foram abastecidos com água proveniente da Ria Formosa e o caudal de entrada de água foi regulado periodicamente. A temperatura e o oxigénio dissolvido foram quantificados diariamente no período da manhã e no da tarde. Todos os parâmetros relacionados com o sistema (caudal, altura da coluna de água, volume do tanque e biomassa animal) foram mantidos o mais semelhantes possível de modo a minimizar alterações nos resultados por fatores externos aos que se pretendiam avaliar.



**Figura 2.1.1** - Estação Piloto de Piscicultura de Olhão, tanques de terra utilizados no desenvolvimento da experiência (salientes a vermelho e respetiva nomenclatura atribuída).

### 2.1.1 Amostragem

Quinzenalmente, recolheram-se amostras integradas de água de três pontos do tanque (Figura 2.1.2): imediatamente junto à entrada de água (20L); no centro do tanque (20L); e à saída de água (20L). A produtividade primária foi calculada com base na quantificação de oxigénio produzido pelo fitoplâncton. O teor de oxigénio foi determinado pelo método de Winkler (Winkler, 1888). Em cada tanque foram cheios 3 frascos de 100ml com água da amostra integrada. A água de um dos frascos foi imediatamente fixada ( $L_0$ ) e os outros dois postos a incubar durante cerca de 2 horas e meia ( $t$ ) no próprio tanque a cerca de 20 cm de profundidade. Um dos frascos estava envolvido em papel de alumínio (escuro –  $E_1$ ) e o outro à luz ( $L_1$ ).

A produção de oxigénio foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$PO.h^{-1} = [(L_1 - E_1) - L_0] / t$$

Em que:

PO – Produção de oxigénio

$L_0$  – Amostra fixada no tempo inicial

$L_1$  – Amostra incubada no tanque, exposta à luz, no tempo final

$E_1$  – Amostra a incubar no tanque, envolta em papel de alumínio, após o tempo de incubação

$t$  – Tempo de incubação

O oxigénio produzido (em  $mg L^{-1} h^{-1}$ ) foi convertido em carbono e expresso em  $mg C L^{-1} h^{-1}$ . Esta conversão foi efetuada com base na equação da fotossíntese em que existe uma relação entre o número de moles de  $O_2$  e  $C_6H_{12}O_6$  produzidas. Assim sendo, por cada 6 moles de  $O_2$  (192g de  $O_2$ ) é produzida 1 mole de  $C_6H_{12}O_6$  (72g de C), isto é, por cada grama de  $O_2$  produzem-se 0,375g de carbono.



**Figura 2.1.2** – a. Baldes (20L), b. Tanque cónico (200L) utilizado para a apanha da mistura de água e respetivos pontos de recolha no tanque (c.).

As amostras de zooplâncton foram obtidas da restante amostra de água integrada, que correspondeu a cerca 59,7 L. A água foi filtrada por um malha de 125 $\mu$ m de poro para reter os indivíduos. Estes foram lavados com água salgada e conservados em formol a 4%.

Posteriormente, foram selecionadas amostras mensais de cada tanque que foram triadas, identificadas e quantificadas com ajuda de uma lupa binocular ZEISS Stemi 2000-C.

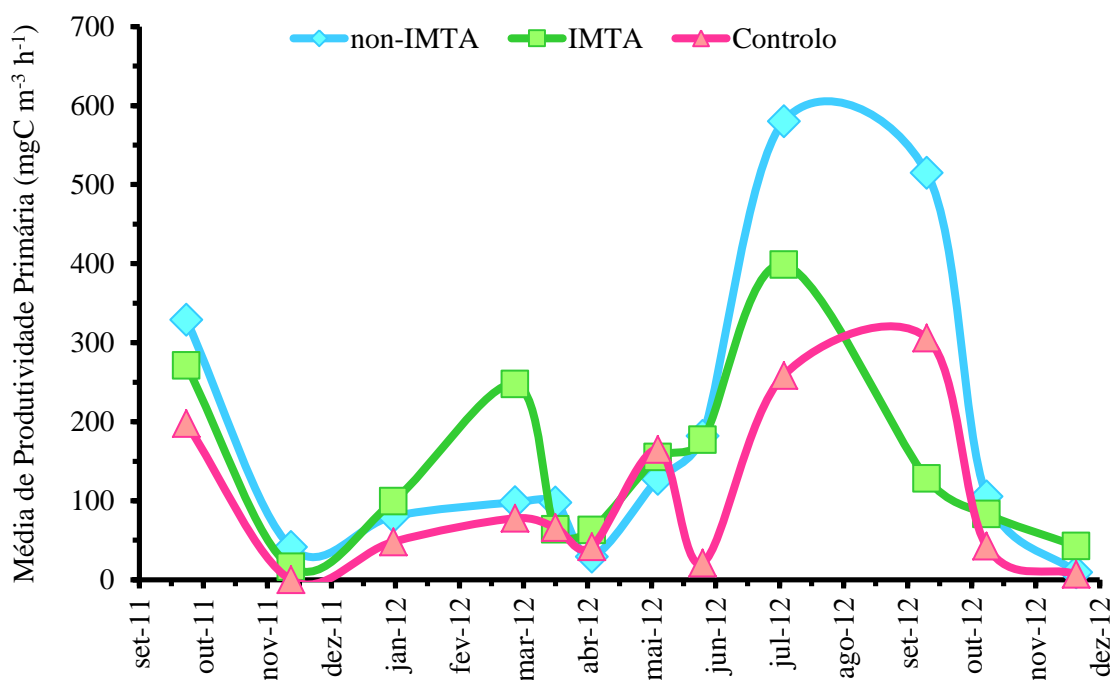
### **2.1.2 Análise estatística**

Os resultados obtidos foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão. O tratamento estatístico dos dados foi efetuado em Microsoft Excel 2010®. Previamente à aplicação do teste paramétrico ANOVA ( $P < 0,05$ ), para identificar as possíveis diferenças entre os dois sistemas de produção, efetuou-se uma transformação logarítmica aos dados [ $\ln(x+1)$ ] para atingir a normalidade (Zar, 2010).

### 3. Resultados

#### 3.1 Ciclo fitoplantónico – Produtividade Primária

Os tanques de cultivo apresentaram valores de Produção Primária superiores aos do tanque de controlo, embora os padrões tenham sido semelhantes. A evolução mensal das médias da Produtividade Primária (Figura 3.1.1.) mostrou valores de produção primária mais baixos no final do Outono e no Inverno, tendo sido superiores no Verão e princípio de Outono. Em Abril de 2012 todos os tanques mostraram um valor de Produção Primária baixo, que poderá estar relacionado com fatores climáticos, uma vez que a diminuição aconteceu em todos os tanques.



**Figura 3.1.1** - Produtividade Primária média mensal, determinada em Carbono, nos dois sistemas de produção (IMTA e non-IMTA) e no tanque de controlo.

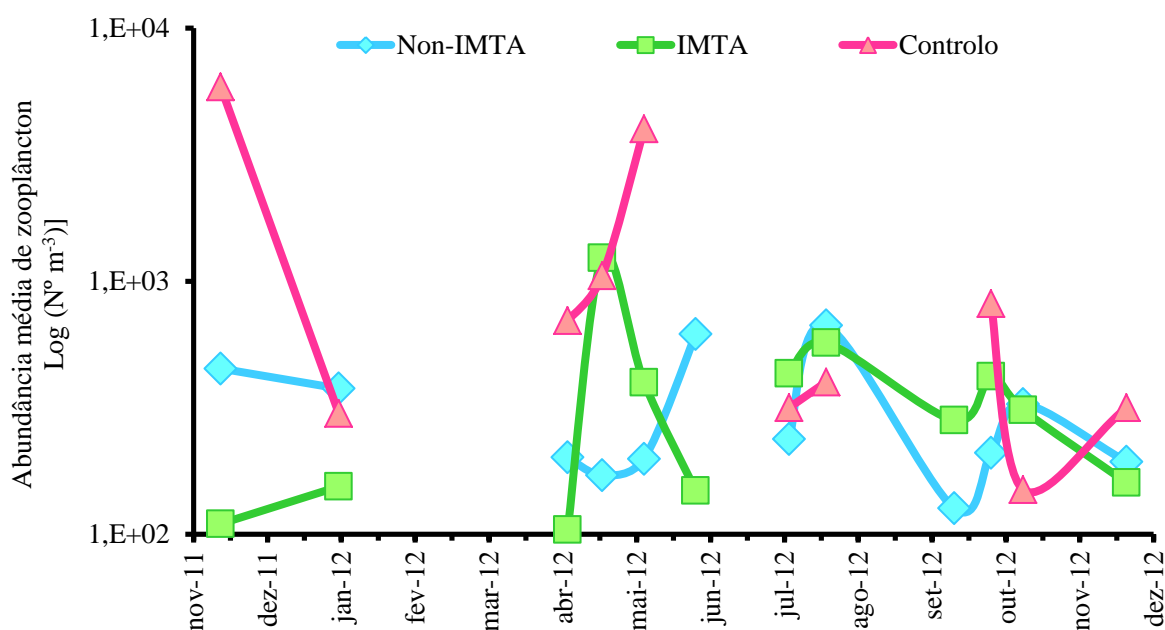
A média de produtividade primária nos tanques e em cada um dos tratamentos é apresentada na Tabela 3.1.1. Os valores foram ligeiramente superiores no non-IMTA, embora a diferença não se verificaram diferenças estatísticas entre os diferentes sistemas ( $P > 0.05$ ).

**Tabela 3.1. 1.** - Produtividade primária média ( $\text{mgC l}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) ao longo do período de estudo por tanque e por tratamento experimental.

Tratamento	Tanque	Média $\pm$ Desv.Pad.	p-valor
non-IMTA	11	0,149 $\pm$ 0,182	0,220
	13	0,189 $\pm$ 0,282	
	15	0,172 $\pm$ 0,226	
IMTA	12	0,176 $\pm$ 0,236	
	14	0,118 $\pm$ 0,098	
	16	0,115 $\pm$ 0,0830	
Controlo	17	0,094 $\pm$ 0,104	

### 3.2 Ciclo zooplantónico

Os organismos zooplantónicos apresentaram, tanto para os sistemas IMTA e non-IMTA, como para o tanque de controlo, valores de abundância média que obedecem a um padrão semelhante. Nos meses de Primavera e Verão ocorrem as médias mensais mais elevadas para todos os casos, porém é o tanque de controlo o que regista os valores mais elevados ao longo de todo o estudo. (Figura 3.2.1.).



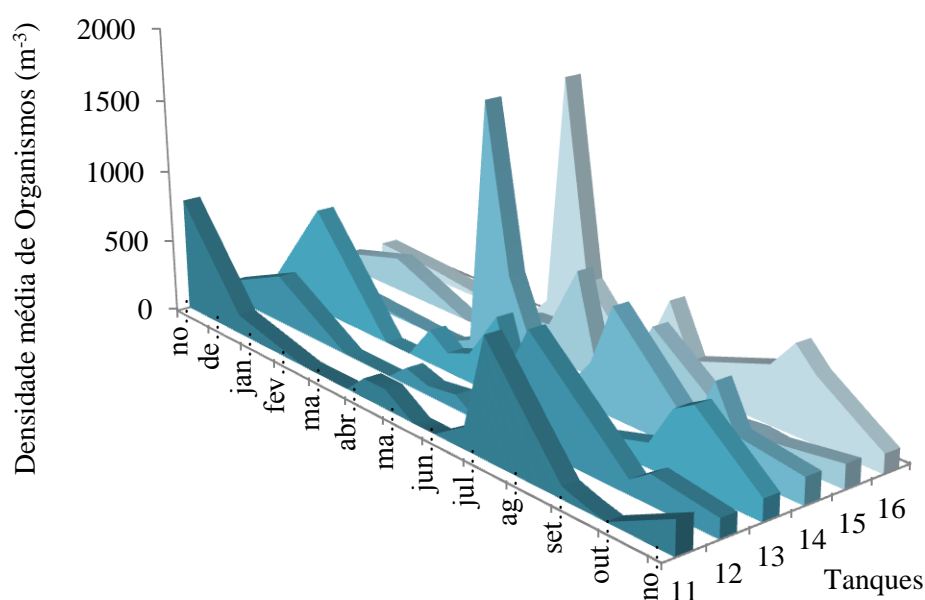
**Figura 3.2.1** - Valores médios mensais de abundância [ $\text{Log (N}^\circ \text{m}^{-3}\text{)}$ ] de organismos zooplantónicos nos dois sistemas de produção (IMTA e non-IMTA) e no tanque de controlo.

A abundância média de zooplâncton (ind. m<sup>-3</sup>) nos diferentes tanques, e em cada um dos tratamentos, apresentada na Tabela 3.2.2. não demonstrou diferenças significativas entre os sistemas (P > 0.05).

**Tabela 3.2. 1.** - Abundância média de zooplâncton (ind. m<sup>-3</sup>) ao longo do período de estudo por tratamento experimental.

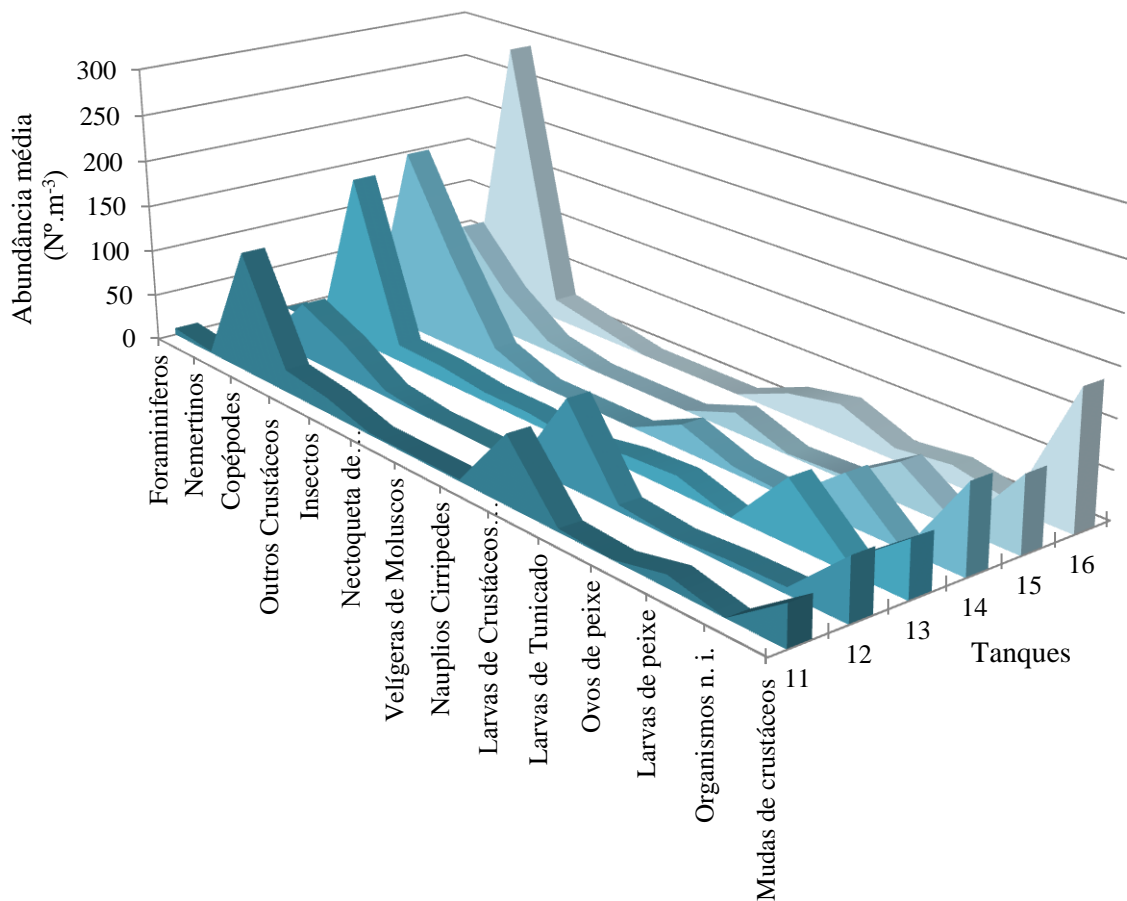
Tratamento	Tanque	Média ± Desv.Pad.	p-valor
non- IMTA	11	261 ± 49	0,457
	13	312 ± 67	
	15	225 ± 36	
IMTA	12	206 ± 34	
	14	404 ± 73	
	16	403 ± 110	
Controlo	17	1378 ± 511	

A densidade média de organismos por m<sup>-3</sup> é, regra geral, superior a partir de meados de Abril a Outubro (Figura 3.2.2.). Os tanques 14 e 16 são os que registam valores mais elevados em Abril (1767 e 1800 ind. m<sup>-3</sup>, respetivamente) e os tanques 11, 12 e 15 em Julho (800, 750 e 693 ind. m<sup>-3</sup>, respetivamente). Em Outubro ocorre novamente, em todos os tanques, um aumento da densidade, ainda que os valores sejam inferiores quando comparados com os anteriores.



**Figura 3.2.2** - Densidade média (m<sup>3</sup>) dos taxa presentes nos diferentes tanques dos sistemas ao longo dos meses de amostragem.

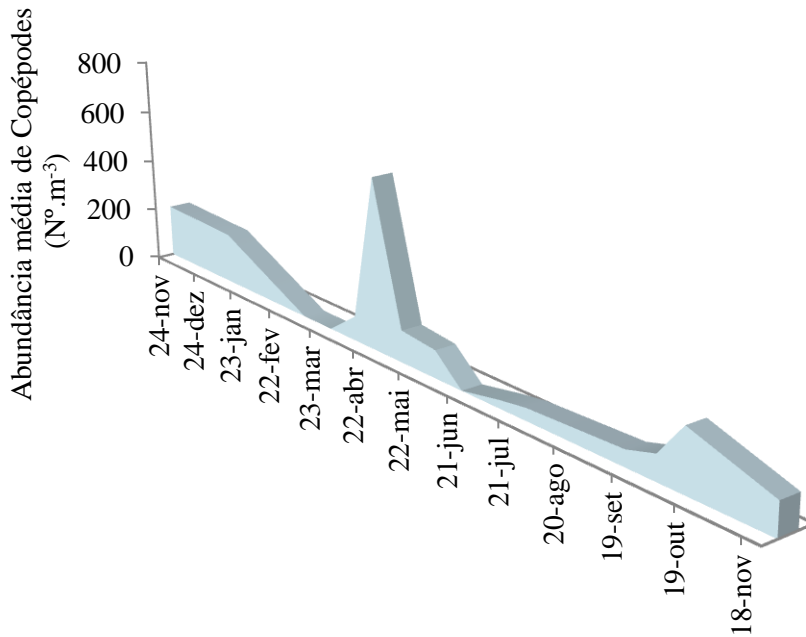
Os *taxa*, identificados e organizados segundo Holo e Meroplâncton, são apresentados no ANEXO I. Destes grupos apenas os que apresentaram maiores valores de abundância e presença frequente foram utilizados para estabelecer as comparações estatísticas. Os Foraminíferos, Náuplios Cirrípedes, Nemertinos e Ovos de peixe (Figura 3.2.3.) foram os organismos menos abundantes e com ocorrência esporádica ao longo do estudo, pelo que não foram integrados nas análises numéricas. O mesmo aconteceu com as Mudanças de Crustáceos. Os *taxa* utilizados para as comparações estatísticas encontram-se descritos na tabela do ANEXO II.



**Figura 3.2.3** - Abundância média (Nº m<sup>-3</sup>) dos diferentes *Taxa* de zooplâncton identificados nas amostras ao longo do estudo.

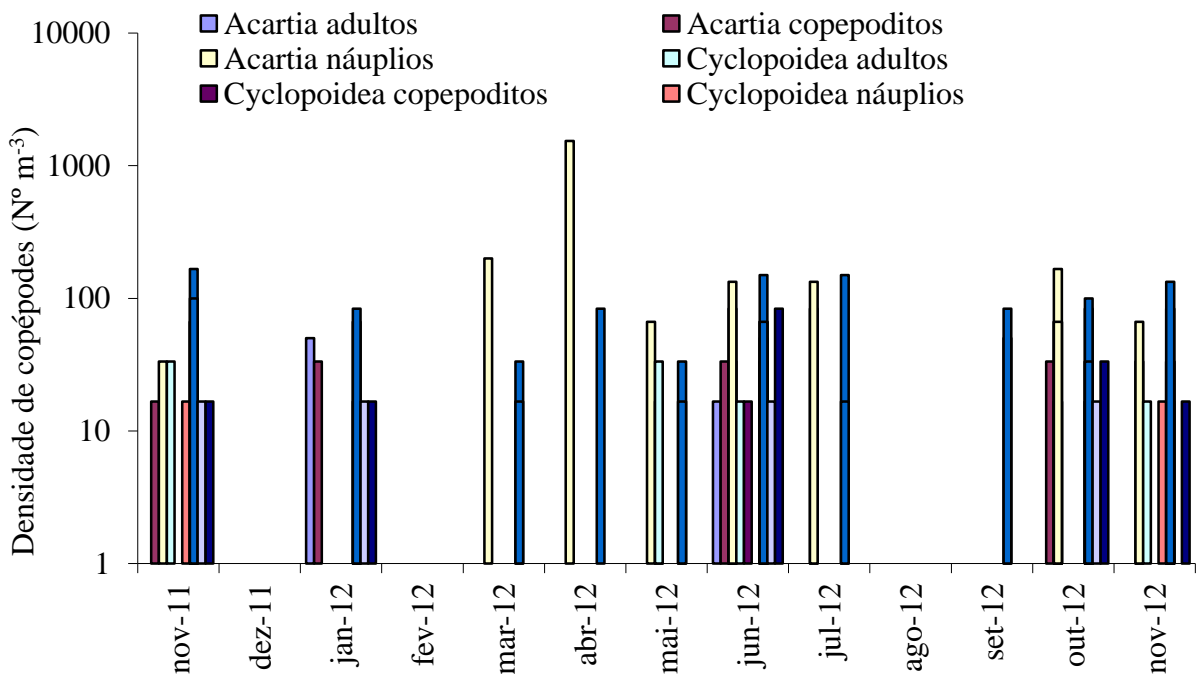
Na Figura 3.2.4 foi representado o *taxa* Copépodes de ambos sistemas experimentais ao longo do estudo. Neste foram incluídos os diferentes estádios (náuplios, copepoditos e adultos) das ordens Calanoida, Cyclopoida e Harpaticoida. Estes foram os organismos mais

abundantes em ambos os sistemas. A evolução mensal da abundância mostrou dois períodos de maior densidade, correspondente um aos meses de Primavera e outro ao Outono.



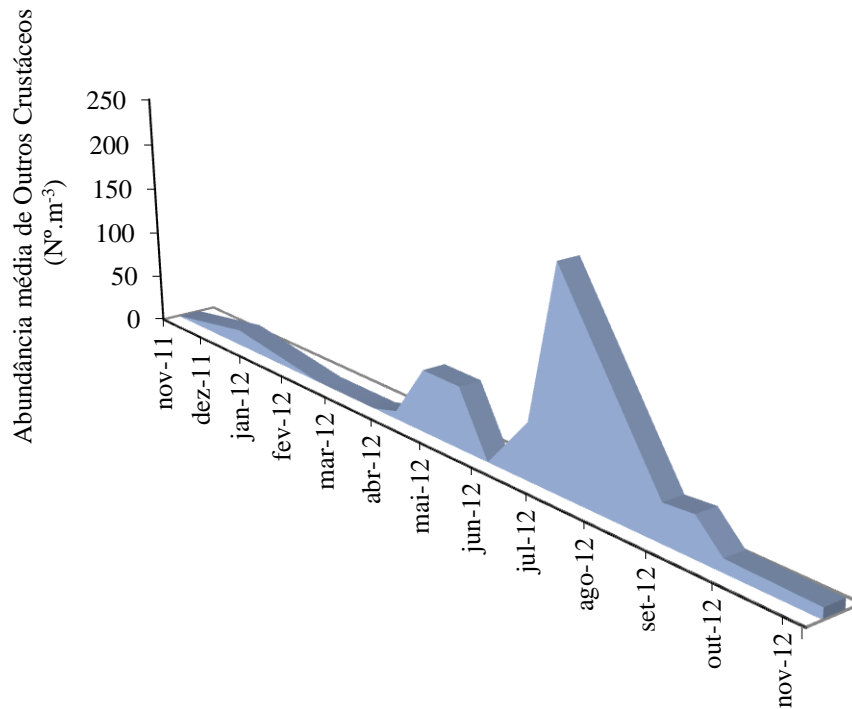
**Figura 3.2.4** - Abundância média ( $N^{\circ} m^{-3}$ ) de Copépodes nos tanques de cultivo non-IMTA e IMTA ao longo dos meses de amostragem.

Sendo os náuplios de *Acartia* os mais presentes durante ambos *blooms* de zooplâncton ao longo do estudo (Figura 3.2.5).



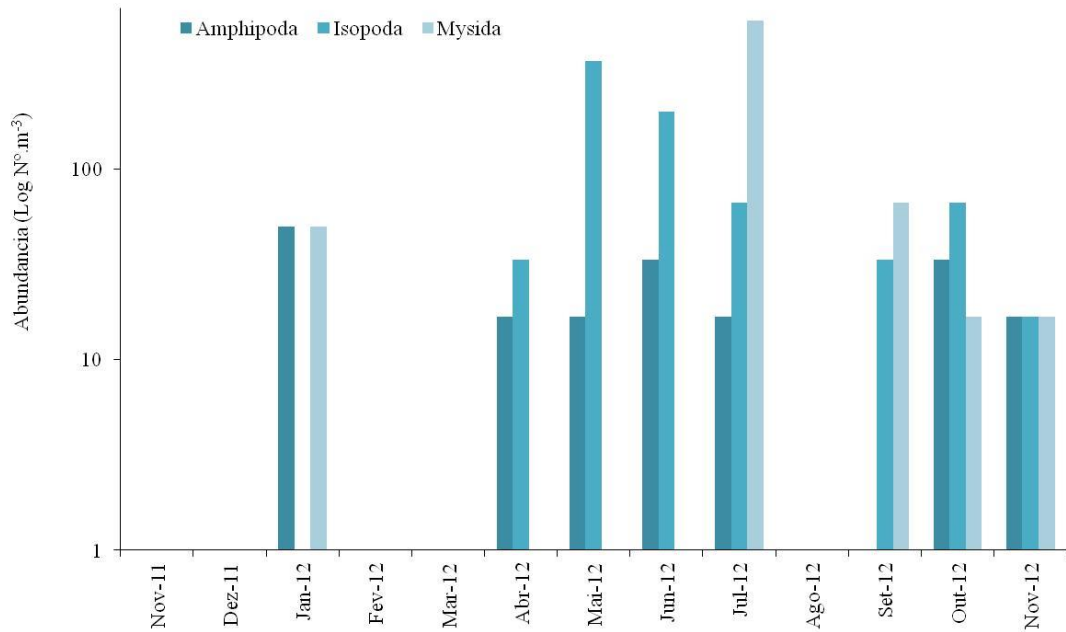
**Figura 3.2.5** - Abundância [ $\text{Log } (N^{\circ} m^{-3})$ ] dos organismos que contribuíram para os valores obtidos nos Copépodes (*Acartia* copepodito e náuplios de *Acartia*), ao longo dos meses de amostragem.

Nas amostras também foram identificados Outros Crustáceos Decápodes, pertencentes às ordens: Amphipoda, Isopoda e Mysida. Estes ocorreram nas amostras desde Abril até meados de Setembro, com uma abundância média mensal de 42 ind m<sup>-3</sup> (Figura 3.2.6.).



**Figura 3.2.6** - Abundância média (Nº m<sup>-3</sup>) de Outros Crustáceos nos tanques de cultivo ao longo dos meses de amostragem.

Dentro deste grupo destacam-se os pertencentes às ordens Isopoda e Mysida como sendo os responsáveis pelos valores obtidos, ainda que o façam em períodos distintos (Figura 3.2.7.).



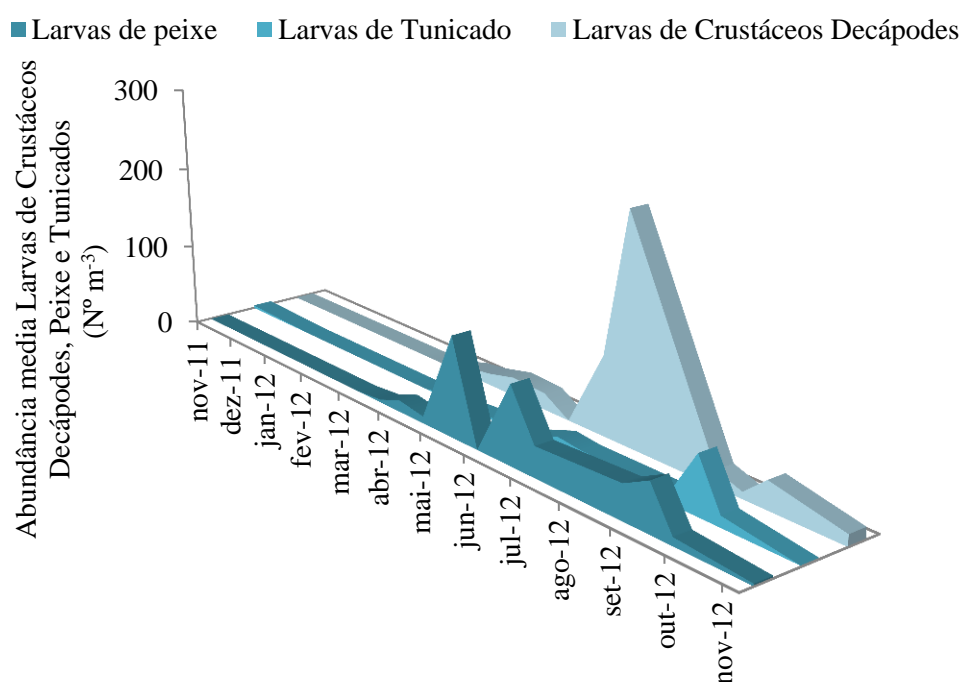
**Figura 3.2.7** – Abundância [Log (N° m<sup>-3</sup>)] dos organismos constituintes do grupo dos Outros Crustáceos (ordens: Amphipoda, Isopoda e Mysida), durante o período de amostragem.

Além dos grupos nomeados anteriormente, também foram triadas Larvas de Meroplâncton. Com maior frequência consistiram em Larvas de Crustáceos Decápodes, Larvas de Peixe e Larvas de Tunicado (Figura 3.2.8).



**Figura 3.2.8** – a. Larvas de Peixe, b. Tunicado e c. Crustáceo Decápode, obtidas nas amostras recolhidas ao longo do tempo.

Larvas de Peixe, Larvas de Tunicado e Larvas de Crustáceos Decápodes obedecem a uma distribuição no tempo, para o qual cada um destes grupos assume valores mais elevados de abundância (Figura 3.2.9.). É notável um período maior de ocorrência de larvas de Peixe, com início em meados de Março e que se estende até meados de Novembro. Durante este período ocorreram dois picos de abundância, um a meio de Maio e outro em finais de Junho. No entanto, estas não foram as larvas a apresentar abundância média mais elevada ( $33 \text{ ind m}^{-3}$ ). Quando comparados os sistemas (non-IMTA e IMTA), estes diferem no período em que os organismos ocorrem e na abundância dos mesmos. Quanto à ocorrência, no non-IMTA os organismos surgiram a partir de Abril enquanto que no sistema IMTA, foram verificadas ocorrências durante praticamente todo o período de estudo. Relativamente à abundância, no non-IMTA foi registado um pico em Maio e valores médios de abundância mais elevados até meados de Agosto. Já no sistema IMTA a abundância máxima foi registada em Setembro. Dentro de cada tanque, e independente do sistema, existe uma ocorrência de indivíduos ( $\text{N}^\circ \text{ m}^{-3}$ ) diferente para cada tanque, com os tanques 13, 14 e 15 a registarem os valores mais elevados ( $65, 50$  e  $42 \text{ ind. m}^{-3}$ , respetivamente).



**Figura 3.2.9** - Abundância média ( $\text{N}^\circ \text{ m}^{-3}$ ) de Larvas de Crustáceos Decápodes, Peixe e Tunicados nos tanques de cultivo, ao longo do período de amostragem.

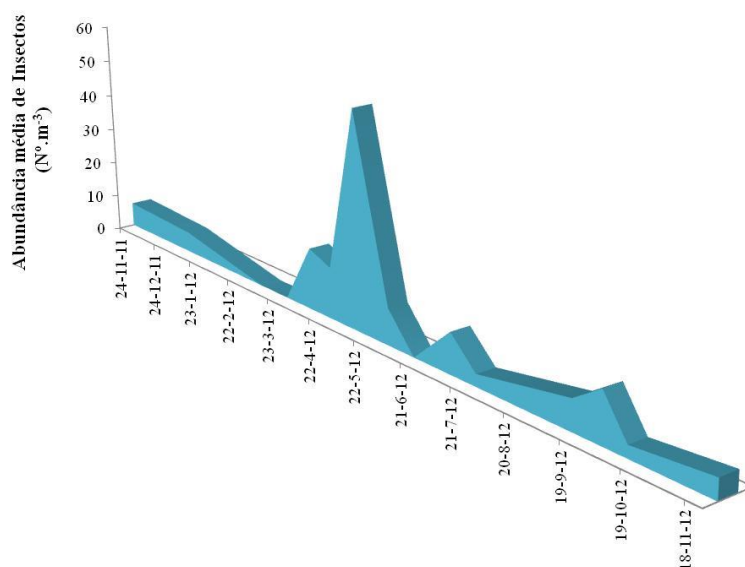
As Larvas de Tunicado, com uma abundância média de  $12 \text{ ind m}^{-3}$ , são das larvas as que ocorreram com menor frequência. Apesar de surgirem nas amostras em meados de Junho, é em Setembro onde a sua frequência é mais elevada. De um modo geral, quando comparados os sistemas, é o non-IMTA que apresenta maiores valores de abundância ao longo de toda a experiência. Por outro lado, quando comparados independentemente do sistema, são os tanques 13 e 16 os que demonstraram maior abundância ( $17$  e  $35 \text{ ind. m}^{-3}$ , respetivamente).

As Larvas de Crustáceos Decápodes são, dentro das larvas identificadas, as que apresentaram uma maior abundância média ( $41 \text{ ind m}^{-3}$ ). A sua ocorrência inicia-se na Primavera e assume o seu auge nos meses de Verão, com um pico bastante evidente, sendo praticamente inexistentes nos meses de Inverno. Regra geral apresentaram valores mais elevados de abundância no sistema IMTA em relação ao non-IMTA. No entanto, no início de Maio e em Julho ocorreram dois picos de abundância no sistema non-IMTA que superaram os valores do sistema IMTA. Comparando a abundância dentro de cada um dos tanques é possível dizer que foram os tanques 11 e 12 que apresentaram maiores valores de abundância ( $72$  e  $89 \text{ ind. m}^{-3}$ , respetivamente). À exceção do tanque 13, que apresentou o valor mais baixo ( $12 \text{ ind. m}^{-3}$ ), os valores de abundância dos restantes tanques (14, 15 e 16) são muito semelhantes ( $26$ ,  $21$  e  $24 \text{ ind. m}^{-3}$ , respetivamente).

Os Insetos (Figura 3.2.10), não sendo organismos aquáticos, ocorrem acidentalmente nos tanques de cultivo, com uma abundância média de  $14 \text{ ind m}^{-3}$ , nos meses correspondentes à Primavera e Verão (Figura 3.2.11)



**Figura 3.2.10** – Insetos obtidos nas amostras, recolhidas ao longo do tempo.



**Figura 3.2.11** - Abundância média (Nº m<sup>-3</sup>) de Insetos nos tanques de cultivo, ao longo do período de amostragem.

A nível estatístico não foram verificadas diferenças significativas entre os sistemas non-IMTA e IMTA na abundância média dos tipos de organismos descritos anteriormente à exceção das Larvas de Crustáceos Decápodes ( $P < 0,05$ ; Tabela 3.2.2.) que se demonstraram superiores no IMTA.

**Tabela 3.2.2.** - Abundância média de zooplâncton (ind. m<sup>-3</sup>) ao longo do período de estudo por taxa e tratamento experimental.

Taxa	Média ± Desv.Pad.				p-valor	
Copépodes	139	±	40	183	± 116	0,556
Outros Crustáceos	29	±	15	54	± 42	0,344
Larvas de Crustáceos Decápodes	35	±	32	46	± 36	0,031*
Larvas de Peixe	39	±	26	25	± 22	0,729
Larvas de Tunicado	7	±	8	16	± 16	0,106
Insetos	14	±	3	12	± 6	0,612
	non-IMTA		IMTA			

\* Significante para  $P < 0,05$ . Previamente à aplicação do teste estatístico aplicou-se uma transformação aos dados de  $\ln(x+1)$ .

## 4. Discussão

Em ambos sistemas, non-IMTA e IMTA, era de esperar que as espécies de cultivo introduzidas contribuíssem para o crescimento da comunidade fitoplanctónica pelo fornecimento de matéria orgânica (fezes e alimento não consumido). O fitoplâncton é constituído por organismos unicelulares que formam a base da produtividade no meio aquático – Produtividade Primária, que por sua vez se define como o aumento da biomassa de plantas em determinado período de tempo (Rissik *et. al.*, 2009). Contudo, não foram verificadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ; Tabela 3.1.1.) entre os sistemas estudados.

A Produtividade Primária foi superior no final do Verão e princípio de Outono e inferior nos meses finais de Outono e no Inverno (Figura 3.1.1.). É normal que nos meses de Verão e início de Outono, tenham sido registados maiores valores de Produtividade Primária, associados ao aumento da abundância de organismos fotossintéticos e justificado pelas condições favoráveis presentes nesta época do ano nesta região.

O valor mínimo de Produtividade Primária foi registado, em todos os tanques, a 12 de Abril de 2012. Este acontecimento pode ser explicado pelas condições climáticas nesse dia de amostragem (dia bastante nublado). Esta quebra de Produtividade Primária reafirma assim a importância da radiação solar, do grau de penetração da luz a diferentes profundidades, do aumento da temperatura, e ainda da localização geográfica para o aumento da mesma, como afirmam Monteiro (2004); Fogg, (1975c), Goltermann, (1975) *in* Barnes e Mann, (1980).

Sabe-se que os filtradores têm um papel ativo na regulação da comunidade fitoplanctónica, logo podemos afirmar que no sistema non-IMTA, pela ausência de ostras, pode não existir uma predação ativa e/ou direccionada ao fitoplâncton. Além disso, existe uma elevada quantidade de nutrientes provenientes das fezes dos peixes e do alimento não consumido. A disponibilidade de nutrientes, associada ao aumento de temperatura, com o aproximar do Verão, favorece o desenvolvimento das comunidades fitoplanctónicas. O primeiro pico de Produtividade Primária no sistema IMTA ocorreu na Primavera e no sistema de monocultivo apenas no Verão. A intensidade luminosa e fotoperíodo aumentam com o aproximar do Verão e decrescem a partir do Outono. No sistema IMTA, onde foram introduzidos organismos filtradores (ostras), que mantêm a água “mais transparente”, a luz pode penetrar até profundidades mais elevadas. Esta diferença de turbidez da água entre ambos os sistemas parece justificar o facto de no sistema IMTA o aumento da Produtividade Primária ser anterior (Primavera) ao do sistema de monocultivo (Verão). Na Primavera,

embora a intensidade luminosa seja baixa e o fotoperíodo curto, no sistema IMTA a luz penetra até profundidades mais elevadas na coluna de água, do que no sistema non-IMTA, onde a água é mais turva.

O pico de Produtividade Primária do sistema IMTA no Verão foi menos evidente do que o do sistema non-IMTA. Idealmente, um sistema IMTA aumenta a qualidade da água, tornando-a menos turva do que num sistema non-IMTA. Isto permite que a luz penetre a maiores profundidades na coluna de água, favorecendo a fotossíntese. No entanto, o facto de existirem animais de diferentes níveis tróficos nos sistemas IMTA (neste caso filtradores de fitoplâncton e de matéria orgânica), faz com que o crescimento de fitoplâncton seja limitado pela competição e predação – diminuindo a Produção Primária neste sistema, quando comparado com um sistema non-IMTA. Esta hipótese vai de encontro à teoria top-down (predação) e bottom-up (disponibilidade de nutrientes), defendida por González (2000) e Hunt e Matveev (2005), no que diz respeito à regulação e estrutura da comunidade de fitoplâncton.

A semelhança encontrada entre os sistemas de produção ( $P > 0,05$ ; Tabela 3.1.1.), ainda que não esperada, pode também estar associada a problemas do próprio desenho experimental. Este acontecimento pode ter surgido pela densidade de estabulação insuficiente de organismos filtradores em relação à dos peixes. Deste modo, não foi possível concluir estatisticamente o efeito da introdução de organismos filtradores na regulação da comunidade fitoplanctónica e consequentemente na Produtividade Primária.

Além disso, a variabilidade dos replicados (tanques) pode ser devida à construção do próprio sistema experimental, adquirindo assim um papel relevante para explicar o desenvolvimento da comunidade fitoplânctonica. Embora o caudal tenha sido regulado, a distância e trajetória percorridas pela água até à entrada dos diferentes tanques não foi a mesma. A distância entre a estação de bombagem e a entrada dos tanques 11 e 12 era inferior à distância entre essa mesma estação e a entrada de água nos restantes tanques. Além disso, o número de curvas na tubagem de abastecimento destes tanques, era também inferior, o que pode ter resultado num menor atrito e portanto numa maior velocidade e força de entrada de água. É possível, que todos estes fatores tenham afetado o desenvolvimento do fitoplâncton e, consequentemente, a Produtividade Primária.

O padrão de sazonalidade do ciclo anual de zooplâncton, em zonas temperadas é evidente em todos os tanques do estudo, o que reafirma as semelhanças referidas na literatura, entre as condições ambientais encontradas em tanques de terra e em lagoas costeiras e reservatórios de salinas. A densidade de zooplâncton mostrou-se superior no

período de Abril a Outubro. Vasconcelos (1991) afirmou que a dinâmica do zooplâncton sofre influência do fitoplâncton (que é o seu alimento habitual), da variação dos parâmetros físico-químicos e das comunidades de peixes e macro-invertebrados predadores. As condições ambientais favoráveis, já descritas e características nesta época do ano, nesta região, que promovem a ocorrência de *blooms* de fitoplâncton podem então, pelo aumento da disponibilidade de alimento, justificar o aumento da abundância de zooplâncton nestes meses.

O tanque de controlo foi o que apresentou maior abundância média de zooplâncton, ao longo de todo o período de estudo (Figura 3.2.1.). Neste tanque não foram introduzidos animais, propositadamente, sendo as comunidades existentes aquelas que entram com a água proveniente da Ria Formosa. Desta forma, seria de esperar que a predação direta ao zooplâncton fosse inferior neste tanque em relação à dos restantes.

Relativamente ao nível de abundância de zooplâncton não foram verificadas diferenças significativas entre os sistemas IMTA e non-IMTA ( $P > 0,05$ ; Tabela 3.2.1.)

Quando comparados, os sistemas de produção IMTA e non-IMTA (Figura 3.2.1.), verifica-se que o primeiro apresentou valores superiores de abundância média de zooplâncton em meados de Abril e o segundo em meados de Julho. No entanto, foi observado um padrão semelhante do ciclo zooplantónico, tanto para os dois sistemas de cultivo (IMTA e non-IMTA), como para o tanque de controlo. Foram perceptíveis dois picos de abundância média de zooplâncton, que ocorreram, em cada sistema, após os dois *blooms* de fitoplâncton correspondentes. De acordo com Lavens e Sorgeloos (1996), os ciclos anuais de plâncton consistem em *blooms* de várias espécies de fitoplâncton em resposta a mudanças particulares sequenciadas de temperatura, salinidade, fotoperíodo e intensidade luminosa, disponibilidade de nutrientes e num *bloom* posterior das populações de zooplâncton.

Quando avaliada a densidade de organismos em cada tanque de cultivo, os tanques 11 (pertencente ao sistema non-IMTA) e 12 (pertencente ao sistema IMTA) foram atípicos em relação a cada um dos restantes tanques dos sistemas. Este acontecimento pode ter resultado de problemas relacionados com a construção do sistema, como foi descrito anteriormente para o fitoplâncton.

Os máximos de densidade de zooplâncton foram observados em Abril, nos tanques 14 e 16 (sistema IMTA), posteriormente ao primeiro pico anual de Produção Primária. Porém em Julho, após o segundo pico anual de Produção Primária, são os tanques 11, 12 e 15 (tanques 11 e 15 sistema non-IMTA e tanque 12 IMTA) que apresentam valores mais elevados de densidade, o que nos permite perceber quais os tanques que estão a contribuir

para os picos de abundância média alternados no tempo entre os sistemas, referidos anteriormente (Figura 3.2.1.).

A seleção dos *taxa* para análise numérica, baseou-se nos valores de abundâncias médias ao longo do período de estudo, optando-se pelos organismos que apresentaram os maiores valores (Figura 3.2.3.). Por ordem decrescente, os organismos zooplancctónicos mais abundantes ao longo de todo o estudo foram (Tabela 3.2.2.): Copépodes, Outros Crustáceos Decápodes, Larvas de Crustáceos Decápodes, Larvas de Peixe, Larvas de Tunicado e Insetos. Estes resultados vão ao encontro com os obtidos nos estudos de Wetzel, 1993 e Rissik *et al.*, (2009), onde os Copépodes e outros Crustáceos foram também os *taxa* mais abundantes.

Os Copépodes ocorreram ao longo de todo o estudo, no entanto apresentaram dois períodos distintos (Primavera e Outono) para os quais a sua abundância média é superior (Figura 3.2.4.). Estes resultados devem-se, possivelmente, ao facto do seu ciclo de vida ser mais longo que o de outros organismos (como por exemplo os rotíferos), como também à sua dinâmica populacional sofrer influência da temperatura e disponibilidade de alimento, como afirmado por Wetzel, 1993. O número elevado de Copépodes registado ao longo do tempo e os valores de abundância dos seus picos, em relação aos restantes *taxa* descritos, pode ainda ser explicado pelo facto dos copépodes serem capazes de condicionar o tamanho das suas ninhadas à disponibilidade de alimento e, portanto a águas com maior produtividade primária (Wetzel, 1993).

Quando comparados os tanques, independentemente dos sistemas a que estes pertencem, foram os tanques 12 e 15 os que apresentaram valores inferiores de abundância de Copépodes. O tanque 12 pertence ao sistema IMTA e, como explicado anteriormente, esse sistema apresenta menor disponibilidade de alimento (fitoplâncton) do que o sistema non-IMTA, logo é expectável que neste tanque a abundância de Copépodes seja inferior. Contrariamente o tanque 15 (pertencente ao sistema non-IMTA) deveria apresentar valores elevados de abundância de Copépodes, o que não foi verificado. No entanto, o tanque 15, por não possuir organismos filtradores, pode estar a atingir níveis de eutrofização que, segundo a bibliografia provocam alterações na comunidade fitoplancctónica, que se refletem nas populações de zooplâncton. A qualidade e abundância de alimento podem afetar a fecundidade, a longevidade, a velocidade de desenvolvimento e a mortalidade do zooplâncton (Wetzel, 1993; Cunha, 1999).

Uma vez que o *taxa* dos Copépodes resulta da junção de náuplios, copepoditos e adultos das ordens Harpacticoida, Cyclopoida e Calanoida, considerámos pertinente perceber

quais destes organismos estariam a contribuir para os valores de abundância média calculados (Figura 3.2.5.). A Ordem Calanoida foi a mais abundante e dentro desta, os náuplios de Acártia. Os copépodes calanóides têm geralmente ciclos de vida mais longos e nas regiões temperadas a sua época de reprodução é mais alargada, produzindo várias gerações por ano, o que pode justificar a sua frequência nas amostras (Wetzel, 1993).

À semelhança dos Copépodes, o *taxa* “Outros Crustáceos” surgiu da junção das 3 ordens de crustáceos: Amphipoda, Isopoda e Mysida. Conjuntamente, nas amostras, estes organismos ocorreram ao longo de todo o ano de estudo, com especial frequência entre Abril e Setembro (Figura 3.2.6.). Os grupos que apresentaram valores de abundância média mais elevada ao longo de todo o estudo foram Mysida e Isopoda (Figura 3.2.7.). Porém, foi em Julho, que atingiram o seu máximo de abundância, sendo a ordem Mysida a mais representativa (Figura 3.2.7.). Esta ocorrência pode estar relacionada com questões da própria biologia das espécies constituintes das ordens deste *taxa* que, apresentam uma ampla distribuição em zonas temperadas (Miyashita e Calliari, 2014). Quando analisados numa perspectiva de tanque, independentemente do sistema de produção, foram os tanques 12, 14 e 15 os que apresentaram os maiores valores de abundância. Relativamente a este acontecimento, seria de esperar que o tanque 15 (non-IMTA) apresentasse valores de facto mais elevados e os tanques 12 e 14 (IMTA) mais baixos. Novamente, este acontecimento poderá ser explicado por todas as razões associadas à dinâmica dos sistemas non-IMTA, para o caso do tanque 15. No entanto, os valores de abundância de “Outros Crustáceos” nos tanques 12 e 14 só poderão ser explicados, no caso do tanque 12, pela atipicidade verificada neste tanque ao longo de todo o estudo e, no caso do tanque 14 por algum erro na recolha, contagem e/ou identificação das amostras.

A ocorrência de larvas ao longo do período de estudo foi notória. Dentro destas, as que apresentaram maiores valores de abundância foram, por ordem decrescente (Figura 3.2.9), Larvas de Crustáceos Decápodes (Figura 3.2.8.c), Larvas de Peixe (Figura 3.2.8.a) e Larvas de Tunicado (Figura 3.2.8.b). A ocorrência destes organismos pode estar relacionada com o facto da Ria Formosa constituir uma “maternidade” natural de organismos e como tal estes serem introduzidos nos tanques despropositadamente com a água de abastecimento, proveniente da mesma Ria. De acordo com Sprung (1994), o plâncton nerítico difere do plâncton oceânico não só no tamanho que os organismos apresentam, como também na abundância das formas larvares, que se demonstram mais abundantes quanto mais próximo da costa. Foram notórios picos de ocorrência destas larvas em diferentes períodos do estudo.

Isto pode dever-se a fatores relacionados com a biologia da espécie a que cada uma destas larvas pertence.

A presença do grupo dos Insetos (Figura 3.2.10) nas amostras considera-se ocasional e o seu pico de maior ocorrência (Figura 3.2.11.) registado nos tanques de estudo coincide com os seus períodos de abundância em meio natural, despoletada pelo fotoperíodo e temperaturas ideais (Ruberson *et al.*, 1991)

## 5 Considerações finais

Considerando os resultados obtidos, e o objetivo do trabalho podemos retirar as seguintes considerações:

- ✓ Constatou-se de facto uma relação entre a temperatura, disponibilidade de nutrientes, intensidade luminosa e fotoperíodo e a Produtividade Primária;
- ✓ Constatou-se uma relação entre Produtividade Primária e Secundária nos dois sistemas (IMTA e non-IMTA) e tanque de Controlo;
- ✓ A abundância média de zooplâncton no tanque de controlo registou valores mais elevados que nos dois sistemas (non-IMTA e IMTA), ao longo de todo o período de estudo;
- ✓ Quando comparados, o sistema non-IMTA apresentou maior quantidade e diversidade de zooplâncton, que o sistema IMTA, ainda que não tenham sido identificadas diferenças estatísticas significativas;
- ✓ A densidade média dos organismos variou ao longo do tempo, durante o período de estudo, sendo o período entre a Primavera e o Outono, onde se registaram maiores abundâncias de zooplâncton;
- ✓ Dentro dos *taxa* analisados numericamente, os Copépodes foram os mais abundantes em todos os sistemas estudados (IMTA, non-IMTA e Controlo);

Os resultados obtidos neste trabalho, uma vez que se trata apenas de um ciclo anual de estudo, não podem ser considerados padrão. Deste modo, para o futuro sugere-se:

- ✓ Verificar a partir de que densidades de estabulação são afetados os ciclos de fito- e zooplâncton, de modo a estabelecer a carga ótima para sistemas IMTA;
- ✓ Um prolongamento do período de estudos poderá permitir definir o padrão anual nos ciclos de fito- e zooplâncton em tanques de terra.

## 6 Referências

### A

- Alzieu, C.. 1989. **L'Eau – Milieu de Culture**. In: Barnabé G. (ed.). Aquaculture. Lavoisier, Paris. 17-46p.
- Antunes, P., Gil, O.. 2004. **PCB and DDT contamination in cultivated and wild seabass from Ria de Aveiro, Portugal**. Chemosphere 54 (10), 1503–1507p.

### B

- Barnes, R. S. K. & K. H., Mann. 1980. **Fundamentals of Aquatic Ecosystems**. Blackwell Scientific Publications. 229p.
- Barrington, K., Chopin, T. & S., Robinson. 2009. **Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters**. In: D. Soto (ed.). Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 529. Rome, FAO. 7–46p.
- Bergquist, A. M. & S. R., Carpenter. 1986. **Limnetic herbivory: Effects on phytoplankton populations and primary production**. Ecology. 67. 1351-1360p.
- Boxall, A. B. A.. 2004. **The environmental side effects of medication**. EMBO Reports 5. 1110–1116p.
- Boyd, C. E.. 1990. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. 1<sup>st</sup> Edition. Birmingham Publishing Co, Alabama. Department of Fisheries and Allied Aquacultures. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University. 482p.
- Bridger, C. J.. 2004. **Efforts to Develop a Responsible Offshore Aquaculture Industry in the Gulf of Mexico: A Compendium of Offshore Aquaculture Consortium Research**. Mississippi – Alabama Sea Grant Consortium. Ocean Springs, MS. 200p.
- Burford, M.A.. 1997. **Phytoplankton dynamics in shrimp ponds**. Aquatic Research. 28. 351–360p.
- Butterworth, A.. 2010. **Integrated Multi-Trophic Aquaculture systems incorporating abalone and seaweeds**. Nuffield Scholar. Project No 0914 – Australia.

### C

- Cabello, F. C.. 2006. **Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment**. Environmental Microbiology. 8 (7). 1137–1144p.

- Calvi, A. M., Allinson, G., Jones, P., Salzman, S., Nishikawa, M., Turoczy, N.. 2006. **Trace metal concentrations in wild and cultured Australian short-finned eel (*Anguilla australis* Richardson)**. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 77 (4). 590–596p.
- Carpenter, S. R., Kitchell, J. F., Hodgson, J. R.. 1985. **Cascading trophic interactions and lake productivity**. BioScience. 35 (10). 634-639p.
- Carpenter, S. R., Kitchell, J. F., Hodgson, J. R., Cochran, P. A., Elser, J. J., Elser, M. M., Lodge, D. M., Kretchmer, D., He, X.. 1987. **Regulation of lake primary productivity by food web structure**. Ecology. 68 (6). 1863-1876p.
- Cheshuk, B.W., Purser, G.J., Quintana, R.. 2003. **Integrated open-water mussel (*Mytilus planulatus*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) culture in Tasmania, Australia**. Aquaculture. 218. 357–378p.

## D

- DGPA.. 2007. **Programa Operacional de Pescas 2007- 2013**. 10-11p.
- DGPA.. 2008. **Relatório Final do Grupo de Trabalho do Sector da Aquicultura**. 102p. (Disponível em <http://www.dgrm.minagricultura.pt/xportal/xmain?xpid=dgrm&actualmenu=54207&selectedmenu=168416&xpgid=genericPage&conteudoDetalhe=170879>. Acedido a 25 de Setembro de 2013)
- Diaz, R. J.. 2001. **Overview of hypoxia around the world**. Journal of Environmental Quality. 30. 275–281p.
- Dinis, M. T., Nadkarni, J. A., Castilho, R.. 1989. **Extensive aquaculture in the South of Portugal**. NATO Technical Reports - Piloting brackish water opportunities. 20 p.
- Diniz, M.. 1998. **A aquicultura**. In: Henriques, M. A. R. (ed.) Manual de Aquicultura, ostra, amêijoas, camarão, truta, salmão, tilápia, enguia, dourada, robalo, pregado. Marca Artes Gráficas. Porto. 14 -15p.

## E

- Elser J. J. & R. C., Goldman.. 1991. **Zooplankton effects on phytoplankton in lakes of contrasting trophic status**. Limnology and Oceanography. 36. 64-90p.

## F

- FAO. 2008. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome. 176p. (Disponível em <http://www.fao.org/3/d1eaa9a1-5a71-4e42-86c0-f2111f07de16/i3720e.pdf>.>. Acedido a 15 de Julho de 2013)
- FAO. 2009. **Integrated mariculture. A global review**. Doris Soto. Senior Fishery Resources Officer. FAO Fisheries and Aquaculture technical Paper, 529. Rome, Italy.

- FAO. 2005-2012.. **Aquaculture topics and activities. Aquaculture systems.** Text by Rohana Subasinghe and David Currie. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. (Disponível em <http://www.fao.org/fishery/topic/12313/en>. Acedido a 15 de Julho de 2013).
- Findlay, R. H., Watling, L., Mayer, L. M.. 1995. **Environmental impact of salmon net-pen culture on marine benthic communities in Maine – a case study.** Estuaries. 18. 145– 179p.

## G

- González, E. J.. 2000. **Nutrient enrichment and zooplankton effects on the phytoplankton community in microcosms from El Andino reservoir (Venezuela).** Hydrobiologia. 434. 81-96p.
- Gowen, R. J., Badbury, N. B.. 1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review. Oceanography and Marine Biology. 25. 563–575p.

## H

- Hall, P. O. J., Holby, O., Kollberg, S., Samuelsson, M. O.. 1992. **Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen.** Marine Ecology Progress. 89. 81–91p.
- Hamilton, M. C., Hites, R. A., Schwager, S. J., Foran, J. A., Knuth, B. A., Carpenter, D. O.. 2005. **Lipid composition and contaminants in farmed and wild salmon.** Environmental Science and Technology. 39 (22). 8622–8629p.
- Hites, R. A., Foran, J. A., Carpenter, D. O., Hamilton, M. C., Knuth, B. A., Schwager, S. J.. 2004. **Global assessment of organic contaminants in farmed salmon.** Science. 303 (5655). 226-229p.
- Holby, O., Hall, P. O. J.. 1991. **Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus.** Marine Ecology Progress. 70. 263–272p.
- Holmer, M., Kristensen, E.. 1992. **Impact of marine fish cage farming on metabolism and sulphate reduction of underlying sediments.** Marine Ecology Progress Series. 80, 191– 201p.
- Holmer, M., Wildish, D., Hargrave, B. T.. 2005. **Organic enrichment from marine finfish aquaculture and effects on sediment biogeochemical processes.** Hargrave, B.T. (Ed.), Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture. Springer, Berlin. 181–206p.
- Holmstrom, K., Graslund, S., Wahlstrom, A., Pongshompoo, S., Bengtsson, B. E., Kautsky, N.. 2003. **Antibiotic use in shrimp farming and implications for environmental impacts and human health.** International Journal of Food Science and Technology. 38. 255–266p.

Hunt, R. J., Matveev, V. F.. 2005. **The effects of nutrients and zooplankton community structure on phytoplankton growth in a subtropical Australian reservoir: An enclosure study.** *Limnologica*. 35. (1-2). 90-101p.

## I

INE/DGPA.. 1998. **Estatísticas da Pesca.** Lisboa: Instituto Nacional de Estatística. Lisboa, Portugal.

Islam, M. S.. 2005. **Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis toward model development.** *Marine Pollution Bulletin*. 50. 48–61p

## K

Kalantzi, I., Karakassis, I.. 2006. **Benthic impacts of fish farming: meta-analysis of community and geochemical data.** *Marine Pollution Bulletin*. 52. 479–483p.

Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K. N., Plaiti, W.. 2000. **Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas.** *ICES Journal of Marine Science*. 57. 1462–1471p.

## L

Lai, H. T. & J., Lin. 2009. **Degradation of oxolinic acid and flumequine in aquaculture pond waters and sediments.** *Chemosphere*. 75. 462–468p.

Lavens, P. & P. Sorgeloos. 1996. **Manual on the production and use of live food for aquaculture.** Laboratory of Aquaculture and Artemia Reference Center, University of Ghent. Belgium. FAO Fisheries Technical Papers no 361.

Lekang, O. I.. 2007. **Aquaculture Engineering.** Department of Mathematical and Technology. Norwegian University of Life Sciences. Blackwell Publishing. 184-185p.

## M

Mantzavrakos, E., Kornaros, M., Lyberatos, G., Kaspiris, P.. 2007. **Impacts of a marine fish farm in Argolikos Gulf (Greece) on the water column and the sediment.** *Desalination*. 210. 110–124p.

Mazzola, A. & G., Sarà. 2001. **The effect of fish farming organic waste on food availability for bivalve molluscs (Gaeta Gulf, Central Tyrrhenian, MED): stable carbon isotopic analysis.** *Aquaculture*. 192. 361–379p.

- Mestre, P. M. G.. 2008. **Elaboração de um projeto de uma unidade de piscicultura.** Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Faculdade de Medicina Veterinária – Universidade Técnica de Lisboa. 104p.
- Miyashita, L. K. & D. Calliari.. 2014. **Revision of mysids (Crustacea: Pericarida: Mysida) zoogeographical distribution in the south-west Atlantic (0° to 40° S).** Marine Biodiversity Records. 7 (5). 13p.
- Monteiro, A. J.. 2004. **Eutrofização.** Departamento de Engenharia civil e Arquitetura - Seção de Hidráulica e dos Recursos Hídricos e Ambientais – Qualidade da água e controlo da poluição. Instituto Superior Técnico – Lisboa. 19p.
- Muyllaert, K., Declerck, S., Wichelen, J. V., De Meester, L., Vyverman, W.. 2006. **An evaluation of the role of daphnids in controlling phytoplankton biomass in clear water versus turbid shallow lakes.** Limnologica. 36. 69-78p.

## P

- Primavera, J. H.. 1998. **Tropical shrimp farming and its sustainability.** In: Silva, S.S.. (Ed.) Tropical Mariculture. Academic Press, London. 257–289p.
- Pusceddu, A., Frascetti, S., Mirto, S., Holmer, M., Danovaro, R.. 2007. **Effects of intensive mariculture on sediment biochemistry.** Ecological Applications. 17. 1366–1378p.

## R

- Rosenberg, R., Nilsson, H. C., Diaz, R. J.. 2001. **Response of benthic fauna and changing sediment redox profiles over a hypoxic gradient.** Estuarine, Coastal and Shelf Science. 53. 343–350p.
- Ruberson, J. R., L. Bush, Kring, T. J.. 1991. **Photoperiodic effect on diapause induction and development in the predator *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthracoridae).** Environmental Entomology. 20. 786-789p.
- Rissik, D., Shon E. H., Newell, B., Baird, M. E., Suthers, I. M.. 2009. **Plankton dynamics due to rainfall, eutrophication, dilution, grazing and assimilation in an urbanized coastal lagoon.** Estuarine, Coastal and Shelf Science. 84. 99–107p.

## S

- Sanz-Lázaro, C., Marín, A.. 2008. **Assessment of finfish aquaculture impact on the benthic communities in the Mediterranean Sea.** Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology 2. (Ed) Global Science Books. (Special Issue I). 21–32p.
- Sapkota, A., Sapkota, A. R., Kucharski, M., Burke, J., McKenzie, S., Walker, P., Lawrence, R.. 2008. **Aquaculture practices and potential human health risks: current knowledge and future priorities.** Environment International. 34. 1215-1226p.

Sprung, M.. 1994. **High larval abundances in the Ria Formosa (Southern Portugal) – methodological or local effect?**. Journal of Plankton Research. 16 (2). 151-160p.  
SeaCase Project, <http://www.seacase.org/>. Acedido a 13 de Setembro de 2012.  
SEAFARE, <http://www.seafareproject.eu/>. Acedido a 14 de Setembro de 2012.

## T

Talbot, C. & R., Hole. 1994. **Fish diets and the control of eutrophication resulting from aquaculture**. Journal of Applied Ichthyology. 10. 258-270p.

Tomassetti, P. & S., Porrello. 2005. **Polychaetes as indicators of marine fish farm organic enrichment**. Aquaculture International. 13. 109–128p.

Troell, M., Halling, C., Neori, A., Chopin, T., Buschmann, A. H., Kautsky, N., Yarish, C.. 2003. **Integrated mariculture: asking the right questions**. Aquaculture. 226. 69–90p.

## V

Vasconcelos, V.. 1991. **Técnicas de colheita e análise de plancton dulciaquícola**. Publicações avulsas do Instituto de Zoologia "Dr. Augusto Nobre". Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Porto. 45p.

Vezzulli, L., Moreno, M., Marin, V., Pezzati, E., Bartoli, M., Fabiano, M.. 2008. **Organic waste impact of captured-based Atlantic bluefin tuna aquaculture at an exposed site in the Mediterranean Sea**. Estuarine Coastal and Shelf Science. 78. 369–384p.

## W

Winkler, L. 1888. **Die Bestimmung des in Wasser Gelösten Sauerstoffes**. Berichte der Deutschen Chemischen Gesellscha. 22. 2843–2855p.

Weston, D. P.. 1990. **Quantitative examination of macrobenthic community changes along an organic enrichment gradient**. Marine Ecology Progress Series. 61. 233–244p.

Wetzel R. G.. 1993. **Limnologia**. (Ed.) Fundação Calouste Gulbenkian, Maria José Boavida (Tradução). Lisboa. 905p.

Wu, R. S. S.. 1995. **The environmental impact of marine fish culture; towards a sustainable future**. Marine Pollution Bulletin. 31. 159– 166p.

## Z

Zar, J. H.. 2010. **Biostatistical analysis**. Prentice-Hall/Pearson.

## Apêndice I

**Tabela 1-** *Taxa* identificados nas amostras de zooplâncton recolhidas ao longo do período de amostragem nos dois sistemas (IMTA e non-IMTA) e tanque de controlo.

<i>Taxa</i> identificados	
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 10px;">Holoplâncton</div> <div style="text-align: left;"> <p>Foraminifera</p> <p>Nemertino</p> <p>Copepoda Calanoida</p> <p>Náuplio de copépode</p> <p>Acartia macho</p> <p>Acartia femea</p> <p>Acartia copepodito</p> <p>Náuplio de Acartia</p> <p>Cyclopoidea</p> <p>Copepodito Cyclopoida</p> <p>Náuplio Cyclopoida</p> <p>Harpaticoide</p> <p>Harpaticoide com ovos</p> <p>Náuplio de harpaticoida</p> <p>Amphipoda</p> <p>Isopoda</p> <p>Mysida</p> </div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 10px;">Meroplâncton</div> <div style="text-align: left;"> <p>Nectoqueta Poliqueta</p> <p>Veligera de Moluscos</p> <p>Nauplios Cirripedes</p> <p>Carideos (larvas)</p> <p>Brachiura (larvas)</p> <p>Larvas de tunicados</p> <p>Ovo de peixe</p> <p>Larvas de peixe</p> <p>Insecta</p> <p>Organismos n. i.</p> </div> </div>

## Apêndice II

Tabela 2- *Taxa* mais abundantes em ambos os sistemas, ao longo do período de amostragem, expressos em média  $\pm$  desvio padrão.

<i>Taxa</i>	Abundância média (N° m <sup>-3</sup> $\pm$ DesvPad)
Copépodes	(161 $\pm$ 337)
Outros Crustáceos	(42 $\pm$ 90)
Larvas de Crustáceo Decápode	(41 $\pm$ 90)
Larvas de Peixe	(33 $\pm$ 68 )
Larvas de Tunicado	(12 $\pm$ 26)
Insetos	(14 $\pm$ 29)