

# Aquacultura Multi-trófica Integrada em Tanques de Terra

**Filipa Alexandra Maçanita Fróis**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Zootécnica – Produção Animal**

Orientador: Doutor Fernando R Alves Afonso

**Júri:**

**Presidente:** Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha, Professora Associada com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

**Vogais:** Francisco de Assis Lopes Ruano, Investigador Principal do Instituto Português do Mar e da Atmosfera, na qualidade de especialista.

Paulo José de Lemos Branco, Bolseiro de Pós-Doutoramento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

Doutor Fernando Ribeiro Alves Afonso, Professor Auxiliar da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, orientador.

2016

“Give a person a fish and you feed them for a day;  
teach them how to grow fish  
and you feed them for a lifetime”  
*(from a Chinese proverb)*

## **Agradecimentos**

---

Em especial à minha mãe e a minha irmã que genuinamente acompanham-me e aconselham-me em todas as situações da minha vida. Pela educação, carinho, força, amizade, aventuras e momentos felizes, obrigada.

Ao Professor Doutor Fernando Afonso, meu orientador, da Faculdade de Medicina Veterinária, por ter aceitado e orientado este trabalho, pela ajuda em obter o estágio e pelas ajudas na escrita desta tese.

À Doutora Florbela Soares, da Estação Piloto de Piscicultura de Olhão (EPPO), pela disponibilidade com que aceitou orientar este trabalho, pela forma atenciosa e receptiva como me ajudou.

Ao Hugo Ferreira Quental, da Estação Piloto de Piscicultura de Olhão (EPPO), pelos conhecimentos e pela visão esclarecedora dos próprios, sempre com muita simpatia, bem como as ajudas na escrita da tese.

A toda a equipa do IPMA pela simpatia, pela ajuda e apoio, pelo vosso espírito de equipa, pelo vosso sentido de humor. Agradeço em especial ao Sr. Nuno, Diogo, Sr. João, Carlos, Filipe, Gonçalo, Glauco, Eunice, Márcio e Sr. Valério por mostrarem sempre disponíveis para ajudar e para me ensinarem o que quer que seja sempre com a máxima paciência.

À minha avó e aos meus tios pela sua amizade, preocupação e apoio na minha vida.

A todos os meus amigos, colegas de curso e ao meu namorado, por me terem acompanhado estes últimos cinco anos na minha vida académica e em outras aventuras e por me terem ajudado, de uma maneira ou outra, na escrita desta dissertação.

## Resumo

---

Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção em policultura de três sistemas multi-tróficos integrados em tanques de terra no concelho de Olhão, Parque Natural da Ria Formosa: S1 (peixes, ostras com macroalgas), S2 (peixes com ostras) e S3 (peixes com macroalgas) com as espécies de peixes corvinas (*Argyrosomus regius*) sargos (*Diplodus sargus*) e tainhas (*Mugil cephalus*), ostras (*Crassostrea gigas*) e macroalgas (*Ulva spp.*) utilizando principalmente como parâmetros a Taxa de Crescimento Específica (TCE) e a Taxa de Conversão Alimentar (TCA) de modo a averiguar o sistema mais eficiente para posteriormente calcular a sua rentabilidade.

As corvinas de S2 apresentaram melhores pesos médios ( $366,5 \pm 83,3$  g) do que S1 e S3. No entanto, S1 apresentou um menor valor de TCA = 1,76 sendo mais eficiente do que S2 com TCA = 1,90 e S3 com TCA = 2,42. A sua TCE para S1 e S2 foi de 0,40% e para S3 foi de 0,31%. No caso dos sargos e tainhas, por questões de manejo e de bem-estar animal, os seus parâmetros de crescimento foram previstos e extrapolados. As ostras, em 93 dias de cultivo, apresentaram melhores TCE em S1 (4,06%/dia) do que em S2 (3,53%/dia) mas a sua sobrevivência foi baixa. A TCE da *Ulva*, colocada em estruturas flutuantes divididas em seis compartimentos, três deles com altas densidades de *Ulva* e outros três com baixas densidades, foi melhor em S3 do que em S1, e melhor em compartimentos de baixa densidade do que em compartimentos de altas densidades. A nova biomassa de *Ulva* produzida em 8 semanas nos tanques atingiu os 9,36 kg em S1 e os 10,24 kg em S3. Uma extrapolação foi feita com os resultados obtidos neste trabalho e com base em outros ensaios, verificando-se que o sistema integrado é viavelmente económico.

**Palavras-Chave:** Aquacultura Sustentável; Aquacultura Multi-trófica Integrada (IMTA); Rentabilidade

## Abstract

---

Production in polyculture of three integrated multi-trophic systems in ponds in south of Portugal, Olhão – Ria Formosa Natural Park were evaluated: S1 (fish, oysters with macroalgae), S2 (fish with oysters) and S3 (fish with seaweeds) with fish species meagre (*Argyrosomus regius*), sea breams (*Diplodus sargus*) and mullet (*Mugil cephalus*), oysters (*Crassostrea gigas*) and macroalgae (*Ulva spp.*) using as parameters the Specific Growth Rate (SGR) and the Food Conversion Rate (FCR) in order to determine the most efficient system to later calculate its profitability.

The meagre of S2 had higher mean weight ( $366.5 \pm 83.3$  g) than S1 and S3. However, S1 showed a lower value FCR = 1, 76 proving to be more efficient than S2 with FCR= 1, 90 and S3 with FCR=2, 42. Its SGR for S1 and S2 was 0, 40% and for S3 was 0, 31%. In case of sea bream and mullet, for management and animal welfare reasons, their growth parameters were predicted and extrapolate. The oysters, in 93 days of culture, showed better SGR in S1 (4.06% / day) than in S2 (3,53% / day) but their survival was low. The macroalgae, *Ulva*, put in floating structure divided into six compartments, three with high densities of *Ulva* and other three had lower densities. The SGR had better results in S3 than S1, but in both the SGR was more higher in compartments with low density of *Ulva* than higher densities compartments. The production of *Ulva*, in 8 weeks, achieved 9, 36 kg in S1 and 10, 24 kg in S3 of the new biomass in ponds. An extrapolation was made with the results obtained in this work, verifying that the integrated system is feasibly economic.

**Key-words:** Sustainable Aquaculture; Integrated Multi-trophic Aquaculture (IMTA); Profitability.

# Índice

---

Agradecimentos .....	I
Resumo .....	II
Abstract.....	III
Índice de Figuras .....	VI
Índice de Tabelas .....	VII
Índice de Gráficos.....	VIII
Abreviaturas e Símbolos.....	IX
1. Introdução Geral .....	1
2. Aquacultura .....	3
2.1. Estado Mundial das Pescas e Aquacultura .....	3
2.2. Estado das Pescas e Aquacultura em Portugal.....	6
2.3. Perspetivas futuras no sector da Aquacultura .....	8
3. Aquacultura Sustentável.....	10
3.1. Sistemas de Policultura.....	11
3.2. Aquacultura Multi-trófica Integrada .....	12
3.2.1. Princípios de produção em tanques de terra em IMTA .....	14
3.2.2. Espécies a utilizar em sistemas IMTA .....	16
3.2.3. Espécies extrativas orgânicas .....	20
3.2.4. Espécies extrativas inorgânicas .....	21
4. Objetivos.....	24
5. Materiais e Métodos .....	25
5.1. Delineamento Experimental .....	25
5.2. Caracterização dos tratamentos em teste .....	26
5.3. Espécies Introduzidas .....	29
5.4. Maneio semanal .....	30
5.5. Amostragens Mensais .....	32
5.6. Parâmetros de crescimento observados .....	35
Resultados.....	36
6.1. Peixes .....	38
6.2. Ostras .....	41
6.3. Algas .....	44
7. Análise de viabilidade .....	46
7.1. Dados a considerar na extrapolação.....	46
7.2. Produtividade Esperada .....	47
7.3. Custos e Receitas da Produção .....	50

7.4. Balanço Financeiro .....	50
8. Discussão .....	52
9. Conclusão .....	61
10. Considerações Finais .....	62
11. Bibliografia.....	63
12. Anexos.....	75

## Índice de Figuras

---

Figura 1. Evolução da captura de pescado (laranja) e da produção em aquicultura (azul) Mundial em milhões de toneladas .....	3
Figura 2. Sistema exemplo de uma Aquicultura Multi-trófica Integrada em Tanques de Terra	13
Figura 3. Ciclo de nutrientes em IMTA com peixes, bivalves e algas: C – Consumido; E – Excretam; A – Absorção; P- Produção .....	13
Figura 4. Corvina ( <i>Argyrosomus regius</i> ).....	16
Figura 5. Sargo ( <i>Diplodus sargus</i> ) .....	18
Figura 6. Tainha ( <i>Mugil cephalus</i> ).....	19
Figura 7. Ostra do Pacífico ( <i>Crassostrea gigas</i> ) .....	21
Figura 8. Vista aérea da EPPPO - IPMA, com destaque para os 6 tanques de terra (delimitado a amarelo) onde decorreu o ensaio.....	25
Figura 9. Tanques de Terra do Sistema Multi-trófico Integrado.....	26
Figura 10. Esquema do tipo de tratamento aplicado em cada tanque de terra. ....	27
Figura 11. Estrutura para a produção das ostras - Long-line - que sustenta os sacos das ostras emersos na água. ....	28
Figura 12. Estrutura para a produção das algas com três compartimentos para altas densidades (A) e três para baixas densidades (B).....	28
Figura 13. Disposição das estruturas para a produção de algas (1) e para a produção de ostras (2) nos tanques de terra. ....	29
Figura 14. Viragem dos sacos das ostras.....	31
Figura 15. Crescimento natural de macroalgas nas margens dos tanques.....	31
Figura 16. Fixação da <i>Ulva</i> nos compartimentos de rede para posterior colocação das estruturas tanques.....	32
Figura 17. Amostragem biométrica das Corvinas ( <i>Argyrosomus regius</i> ) nos tanques do sistema multitrófico integrado.....	33

## Índice de Tabelas

---

Tabela 1. Top 10 dos maiores produtores mundiais em aquacultura em toneladas (ton).....	4
Tabela 2. Valor da Produção Mundial de Aquacultura de animais e plantas aquáticas em 2013 (Unidad. milhões de USD).....	5
Tabela 3. Produção aquícola, em tonelada e em euros, das principais espécies exploradas em Portugal em águas interiores e oceânicas.....	7
Tabela 4. Parâmetros produtivos do Robalo ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ), Dourada ( <i>Sparus aurata</i> ) e Corvina ( <i>Argyrosomus regius</i> ) no Mar Mediterrâneo.....	17
Tabela 5. Parâmetros zootécnicos iniciais das espécies introduzidas nos tanques de terra.....	29
Tabela 6. Dados médios biométricos das Corvinas ( <i>Argyrosomus regius</i> ) após 145 dias de cultivo. (Pm – Peso médio; GMD – Ganho Médio Diário; IC – Índice de Condição; BI n – Nova biomassa).....	38
Tabela 7. Quantidade de ração (kg) fornecida a cada tanque durante os 5 meses de ensaio.....	39
Tabela 8. Nova biomassa de peixe (BI n), Taxa de Conversão Alimentar (TCA) e Eficiência Alimentar (EA) de Corvinas ( <i>Argyrosomus regius</i> ) (1) e Sargos ( <i>Diplodus Sargus</i> ) (2) em S1, S2, S3. ....	39
Tabela 9. Peso médio (Pm) e Taxa de Crescimento Especifico (TCE) das ostras ( <i>Crassostrea gigas</i> ) e valores de temperatura (Temp.), turbidez (FNU), oxigénio dissolvido(O <sub>2</sub> ) e salinidade (Sal.) nos tanques correspondentes ao sistema (1) e (2).....	42
Tabela 10. Quantidade de <i>Ulva spp.</i> produzida (kg) semanalmente de cada tanque do sistema 1 e 3, durante os meses de Junho e Agosto. ....	45
Tabela 11. Densidade final e produção total (kg) correspondente ao ciclo produtivo das cinco espécies no sistema IMTA extrapolado para 1ha.....	46
Tabela 12. Crescimento previsto para 15 meses de 15 000 kg de Corvinas ( <i>Argyrosomus regius</i> ) segundo os dados obtidos no ensaio (amarelo) e na EPPO-IPMA e tabela de racionamento de corvinas. ....	47
Tabela 13. Peso médio final previsto para as tainhas para 814 dias de cultivo. (Pm – Peso médio; GMD – Ganho Médio Diário).....	48
Tabela 14. Previsão do crescimento da <i>Crassostrea. gigas</i> para 12 meses de cultivo em sistema multi-trófico integrado .....	49
Tabela 15. Quantidade de <i>Ulva</i> removida em 120 m <sup>2</sup> de produção ao longo dos meses segundo as TCE (Taxas de Crescimento Especifico) deste ensaio (amarelo) e valores da EPPO-IPMA. ....	49
Tabela 16. Custos inerentes à produção para 1 hectare.....	50
Tabela 17. Receita esperada para 1 ha de produção.....	50
Tabela 18. Resumo do balanço financeiro da análise de viabilidade.....	51

## Índice de Gráficos

---

Gráfico 1. Produção mundial, em percentagem, dos principais grupos taxonómicos em aquacultura .....	5
Gráfico 2. Evolução da temperatura média mensal e valor médio de oxigénio dissolvido da água em S1, nos cinco meses de ensaio.....	36
Gráfico 3. Evolução da temperatura média mensal e valor médio de oxigénio dissolvido da água em S2, nos cinco meses de ensaio.....	36
Gráfico 4. Evolução da temperatura média mensal e valor médio de oxigénio dissolvido da água em S3, nos cinco meses de ensaio.....	37
Gráfico 5. Evolução do peso médio (g) das ostras ( <i>Crassostrea gigas</i> ) no S1 e S2 durante 93 dias de cultivo. ....	42
Gráfico 6. Taxa de crescimento específico da <i>Ulva spp.</i> em altas densidades (TCE a) e em baixas densidades (TCE b) ao longo de várias semanas, temperatura (°C) e quantidade (kg) produzida no sistema (1) e (3), entre os meses de Junho e Agosto.....	44

## Abreviaturas e Símbolos

---

IMTA – Aquacultura Multitrófica Integrada

CC – Capacidade de Carga

DGRM - Direcção-Geral dos Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos

EF – Eficiência Alimentar

EPPO – Estação Piloto de Piscicultura de Olhão

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

FNU - Formazin Nephelometric Units

GMD – Ganho Médio Diário

IC – Índice de Condição

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

MAGRAMA – Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

ONU – Organização das Nações Unidas

QI – Quantidade Ingerida

S1 – Sistema multitrófico integrado com peixes, ostras e algas

S2 – Sistema multitrófico integrado peixes com ostras

S3 – Sistema multitrófico integrado peixes com algas

TCA – Taxa de Conversão Alimentar

TCE – Taxa de Crescimento Especifico

TT – Tanque de Terra

UE – União Europeia

## 1. Introdução Geral

---

O rápido crescimento da população mundial é um facto preocupante relativamente à disponibilidade de alimentos. Segundo a Organização das Nações Unidas (2012), alimentar 9 biliões de pessoas no ano de 2050 e fornecer uma alimentação com alta qualidade nutricional, será um desafio para a agricultura mundial.

A pesca é uma das muitas atividades fornecedoras de proteína animal, contudo o seu êxito depende de múltiplos fatores biológicos e ambientais que, fora do alcance do Homem, comprometem a capacidade de oferta de pescado. Além disso, “a exploração insustentável dos stocks naturais ameaça seriamente o frágil equilíbrio dos ecossistemas marinhos, a concorrência pela utilização do espaço marítimo está cada vez mais acirrada e tanto a vida selvagem como as atividades humanas que dependem do mar sofrem as consequências dos danos ambientais e da perda de diversidade.” (UE, 2014). É neste contexto que a aquacultura ganha dimensão estratégica e motivos para ser umas das principais fontes de proteína animal, de qualidade para consumo humano.

A aquacultura tem-se demonstrado um sector crescente e aliciante a nível industrial, que consegue responder de forma rápida aos aumentos de oferta do mercado. No entanto, para assegurar o desenvolvimento da aquacultura ao ritmo necessário, deve-se superar vários desafios relacionados com um mercado cada vez mais globalizado e diversificado, isto é, a aquacultura tem de ser capaz de responder a vários tipos de consumidor. Face às exigências de qualidade e segurança alimentar, nos dias de hoje, a rastreabilidade dos produtos aquícolas torna-se muito importante perante um consumidor cada vez mais informado e exigente em relação às especificações do produto, ao seu modo de produção e à sua origem. Por este motivo, é fundamental transmitir uma imagem positiva do tipo de sistema utilizado na produção e eliminar as práticas menos corretas que foram aplicadas em tempos e ainda hoje divulgadas, pelos meios de comunicação, da produção animal. É importante garantir um conjunto de parâmetros benéficos que permitam criar riqueza ao produtor, dar ao consumidor um produto seguro e de qualidade, zelar pelo bem-estar animal e proteger o meio ambiente, recorrendo cada vez mais aos vários profissionais e competentes desta área.

O termo aquacultura sustentável ganha dimensão num mundo onde produzir sem esgotar os recursos naturais produtivos e sem prejudicar e danificar o meio ambiente tornar-se-á, politicamente e socialmente, a melhor opção de produção. Converter resíduos e desperdícios em novas matérias-primas, ser eficiente na utilização dos recursos hídricos e energéticos, assegurar o bem-estar animal, utilizar o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico e pôr estes assuntos em prática nas várias explorações, são ferramentas chaves para conseguir uma aquacultura competitiva e sustentável. O conceito que consegue garantir a satisfação de todos e

manter o avanço da aquacultura é, provavelmente, o da Aquacultura Multi-trófica Integrada (IMTA), que aposta num futuro com rumo à sustentabilidade. O IMTA é um sistema que combina nas proporções adequadas o cultivo de várias espécies para criar sistemas equilibrados, que favorecem a sustentabilidade ambiental, a estabilidade económica e aceitabilidade social, por melhores práticas de gestão na produção.

Os temas abordados neste trabalho permitem obter uma abordagem teórica e prática da adaptabilidade deste sistema de piscicultura na costa Algarvia, precisamente no Parque Natural da Ria Formosa. A piscicultura apareceu na Ria como uma atividade complementar da produção de sal marinho. Com o declínio da extração de sal, muitas salinas foram adaptadas para métodos semi-intensivos de piscicultura em tanques de terra. Neste contexto, o IMTA em tanques de terra, torna-se uma boa opção para o crescimento da aquacultura em Portugal, que permite aumentar o rendimento desta atividade pelo aumento da carga de produção nos tanques e minimização do seu impacto no ambiente, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da aquacultura.

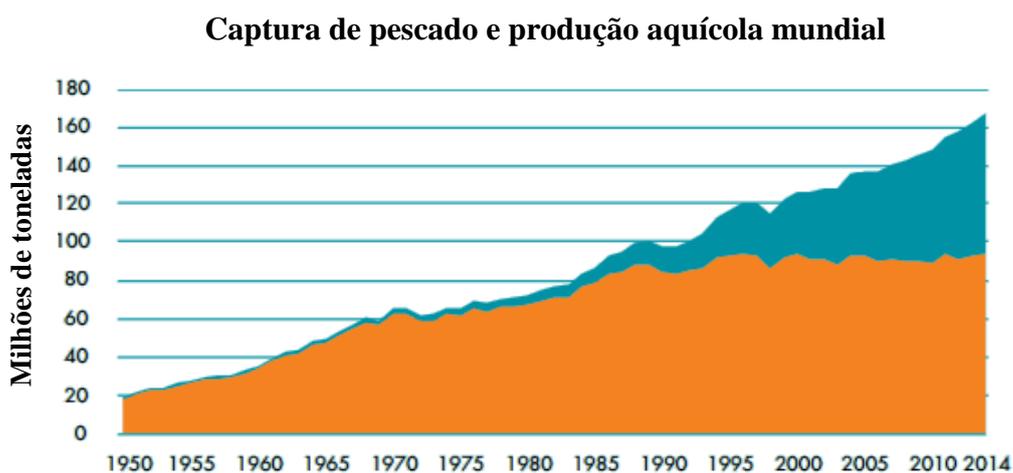
## 2. Aquicultura

---

Define-se aquicultura como a produção de organismos aquáticos desde peixes, moluscos, crustáceos, plantas aquáticas, répteis, batráquios e equinodermes, tanto em águas marinhas e doces, onde existe, em pelo menos uma fase do ciclo de vida destes organismos, a intervenção humana. Esta intervenção tem como principal objetivo aumentar a produção (FAO, 2016a).

### 2.1. Estado Mundial das Pescas e Aquicultura

A aquicultura tem sido a indústria que maior tem refletido um rápido crescimento pelo significativo aumento da procura de pescado no mundo, tendo sido o sector de produção animal com maior crescimento (Cao et al, 2007). Este impressionante desenvolvimento tem-se impulsionado pela combinação do crescimento populacional, aumento do poder de compra e industrialização dos países, sendo facilitado pela forte expansão da produção de pescado e pela melhor eficiência dos canais de distribuição (FAO, 2014a). Nas últimas três décadas, a captura de peixe aumentou dos 69 milhões para os 93 milhões de toneladas. No mesmo período, a aquicultura mundial aumentou dos 5 milhões para os 63 milhões de toneladas (World Bank, 2013). A Figura 1 prova que a produção mundial de pescado, nas últimas seis décadas, tem vindo a aumentar constantemente com destaque para a aquicultura.



**Figura 1.** Evolução da captura de pescado (laranja) e da produção em aquicultura (azul) Mundial em milhões de toneladas (fonte: FAO. 2016b)

Os países asiáticos predominam como sendo os maiores produtores a nível mundial em aquacultura, como podemos observar na Tabela 1. Esta predominância pode ser explicada, não só por razões culturais e históricas destes países, mas também pelo facto de em 2012, 3,9 biliões de pessoas, ou seja, 55% da população mundial, viver dentro do círculo Asiático (FAO, 2014a). De facto, mais de 90% da aquacultura ocorre nos países desenvolvidos, dos quais 87,5% ocorre no círculo asiático e a China sozinha conta com 67% da produção mundial (FAO, 2014a). Os produtos da aquacultura abrangem, aproximadamente, com 15% do consumo global de peixe e carne, e num futuro próximo a aquacultura é provavelmente a que contribuirá para mais de metade da oferta mundial de pescado (World Bank, 2007).

**Tabela 1.** Top 10 dos maiores produtores mundiais em aquacultura em toneladas (ton) (fonte: FAO, 2016c)

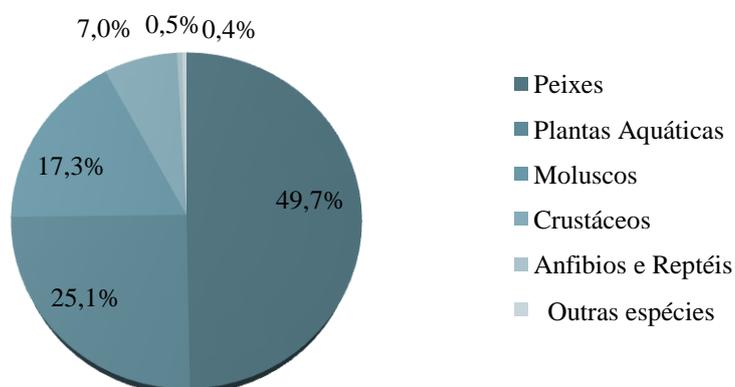
<b>Top-10 produtores: Aquacultura em mar</b>			<b>Top-10 produtores: Aquacultura em terra</b>		
<b>Noruega</b>	1 245 399	21,6%	<b>China</b>	24 817 311	60.1%
<b>China</b>	1 123 576	19,4%	<b>India</b>	4 148 407	10.0%
<b>Chile</b>	736 310	12,7%	<b>Indonésia</b>	2 459 418	6.0%
<b>Indonésia</b>	720 545	12,5%	<b>Vietname</b>	2 369 903	5.7%
<b>Filipinas</b>	375 735	6,5%	<b>Bangladesh</b>	1 647 827	4.0%
<b>Japão</b>	242 905	4,2%	<b>Egito</b>	1 091 688	2.6%
<b>Reino Unido</b>	156 220	2,7%	<b>Myanmar</b>	869 384	2.1%
<b>Grécia</b>	124 740	2,2%	<b>Tailândia</b>	467249	1.1%
<b>Canada</b>	122 024	2,1%	<b>Brasil</b>	388 700	0.9%
<b>Turquia</b>	110 845	1,9%	<b>Filipinas</b>	318 798	0.8%
<b>Outros</b>	820 088	14,2%	<b>Outros</b>	2 713 481	6.6%
<b>MUNDO</b>	<b>5 778 387 ton</b>	<b>100%</b>	<b>MUNDO</b>	<b>41 292 167ton</b>	<b>100%</b>

Os últimos dados disponíveis indicam que a pesca de captura e a aquacultura forneceram mundialmente 167,2 milhões de toneladas (Mtn) de pescado no ano de 2014, dos quais, aproximadamente, 146,3 Mtn destinaram-se ao consumo humano, no total a aquacultura, em mar e em terra, aportou cerca de 73,8 Mtn (FAO, 2016b). Estes dados vem confirmar o crescimento constante e sustentável dos produtos aquícolas nas últimas décadas, com uma taxa média anual de crescimento de 3,2% no período de 1961-2009, superior ao índice de crescimento, durante este mesmo período, da população mundial, que supõe anualmente 1,7% (MAGRAMA 2014). De facto, o consumo de pescado proveniente da aquacultura em 2014 superou o consumo de pescado selvagem pela primeira vez nas últimas cinco décadas, onde representava em 1974, 1994 e 2004 respetivamente 7%, 26% e 39% da oferta total (FAO, 2016b).

No ano de 2013, no que diz respeito às espécies produzidas por grupos taxonómicos, os peixes representaram quase metade da produção mundial com 47 071 mil toneladas, seguindo-

se as plantas aquáticas com 26 978 mil toneladas, os moluscos atingindo 15 514 mil toneladas e em quarto os crustáceos com 6 712 mil toneladas conforme é apresentado no Gráfico 1 (FAO, 2016b). É de salientar que a evolução da produção de plantas aquáticas tem detido uma boa percentagem da totalidade de produtos aquícolas produzidos mundialmente. Por outro lado, no que diz respeito ao meio aquático, as águas marinhas e doces representam 46.9% e 46.6%, respetivamente, do total da produção, enquanto o restante corresponde a águas salobras (MAGRAMA, 2014). Relativamente ao valor monetário, gerado pela produção de cada um destes grupos, as posições alteram-se conforme podemos observar na Tabela 2.

### Produção mundial de espécies por grupos taxonómicos



**Gráfico 1.** Produção mundial, em percentagem, dos principais grupos taxonómicos em aquicultura (fonte: MAGRAMA, 2014).

**Tabela 2.** Valor da Produção Mundial de Aquicultura de animais e plantas aquáticas em 2013 (Unidad. milhões de USD) (fonte: FAO, 2016c).

	Aquicultura em terra	Aquicultura em mar	Subtotal
<b>Peixes</b>	67 834	26 229	94 062
<b>Crustáceos</b>	14 237	17 616	31 852
<b>Moluscos</b>	227	20 521	20 748
<b>Outros animais aquáticos</b>	2 560	1 125	3 685
<b>Total Animais aquícolas</b>	<b>84 857</b>	<b>65 490</b>	<b>150 348</b>
<b>Plantas aquáticas</b>	46	6 655	6 701
<b>TOTAL Aquicultura</b>	<b>84 904</b>	<b>72 145</b>	<b>157 049</b>

A aquicultura na União Europeia (UE) tem sido um caso exemplar e inovador no desenvolvimento de uma nova atividade económica, no entanto, não conseguiu acompanhar o crescimento que se fez refletir nos restantes continentes, tendo até estagnado nos últimos anos. Em 2014 a Europa representa apenas 3,97% do volume da produção da aquicultura a nível mundial com apenas 2 930.1 mil toneladas (FAO, 2016b). O consumo de pescado *per capita* na

UE, é de 22,1 kg/ano, sendo superior à média mundial de 18,9 kg/ano (Ferreira et al., 2016). Relativamente às espécies mais produzidas na UE, ordenadas por ordem decrescente, temos o mexilhão, a truta, o salmão, a ostra, a carpa, a dourada e o robalo (UE, 2015). É de salientar que na Europa 50,0% da aquacultura é direcionada para a produção de moluscos e crustáceos, 27,0% para a produção de peixes de água salgada e 23,0% para peixes de água doce (UE, 2015).

## **2.2. Estado das Pescas e Aquacultura em Portugal**

A condição geográfica de Portugal, com influência do oceano Atlântico e do mar Mediterrâneo, permite a existência de uma grande diversidade biológica da fauna e flora aquáticas. “*Portugal É Mar*” é o novo título do mapa apresentado nas escolas que evidencia que 97% do país é mar. Este mapa tem o intuito de mostrar aos mais jovens e às novas gerações que o mar tem um enorme potencial de exploração do ponto de vista científico, económico, social e cultural (Firmino, 2014).

Segundo a DGRM (2016), o objetivo estratégico nacional para o período de 2014-2020 é aumentar e diversificar a oferta dos produtos aquícolas nacionais, tendo em conta a sustentabilidade, qualidade e segurança alimentar. Este objetivo tem o intuito de satisfazer cada vez mais os consumidores e contribuir para o desenvolvimento regional, aumentando a oferta de emprego.

Portugal é um dos maiores consumidores de pescado no mundo com 53,8 kg /ano *per capita*, ocupando a primeira posição como maior consumidor de pescado na UE, apresentando mais de 11 kg/ano comparativamente a Espanha que ocupa o segundo lugar (FAO, 2013). Este é um bom hábito alimentar que o país paga caro, pois as importações dos produtos aquícolas em Portugal, no ano de 2014, atingiram 1 579,4 milhões de euros, o que corresponde a um acréscimo de mais 26,9 milhões de euros face ao ano anterior (INE, 2016). A maior parte da produção total em 2014, cerca de 93%, correspondeu à produção em águas salobras e marinhas, e as espécies mais produzidas foram a dourada e pregado (INE, 2016). A produção em aquacultura em 2014 foi de 10 791 toneladas, correspondendo a uma receita de 50,3 milhões de euros, contudo o saldo da balança comercial continua negativo (INE, 2016).

A aquacultura em Portugal caracteriza-se por ser uma aquacultura de esteiro em zonas húmidas estuarino – lagunares, como as rias de Aveiro e Formosa (Machado e Cancela da Fonseca, 1997). O regime de produção de peixes em tanques de terra mais utilizado na aquacultura em Portugal é o semi-intensivo. Esses tanques de terra são, em geral, antigas salinas que foram adaptados à aquacultura (Cunha et al., 2016). De facto, a piscicultura na Ria Formosa aparece como uma atividade complementar da produção de sal marinho. Com o declínio da

extração de sal, muitas salinas foram adaptadas a produções piscícolas semi-intensivas. Este regime de produção, designado por aquacultura de esteiro ou estuarina deve-se principalmente à dimensão dos tanques, às características dos fundos e taxas de fluxo de água limitantes para a sua produtividade (Machado e Cancela da Fonseca, 1997). A densidade de produção é relativamente baixa (<1 a 3 kg por m<sup>3</sup>) o que reflete muitas vezes rendimentos baixos que levam ao abandono desta atividade (Cunha et al., 2016). No entanto, o regime alimentar misto utilizado na produção dá ao produto final características peculiares de sabor e textura, que diferenciam-se de outros produtos aquícolas (Machado e Cancela da Fonseca, 1997).

Os moluscos bivalves representam 45% da produção total e amêijoas e o mexilhão são as espécies deste grupo mais produzidas. De facto, em 2014 verificou-se um aumento dos investimentos na produção de ostras, o que permitiu obter aumentos de produção na ordem dos 36,6% (DRGM, 2014). Os moluscos bivalves representaram, em 2012, cerca de 36% da produção aquícola nacional em águas marinhas e salobras e 35% da produção nacional (DRGM, 2014). Os dados da Tabela 3 demonstram as espécies que mais se produziram em Portugal em águas doces, salobras e marinhas, bem como o valor monetário que Portugal aportou por essa produção.

**Tabela 3.** Produção aquícola, em tonelada e em euros, das principais espécies exploradas em Portugal em águas interiores e oceânicas (fonte: INE, 2016).

Principais espécies	Total	
	Toneladas (ton)	1000 Euros (€)
<b>Águas Doces</b>	<b>788</b>	<b>1 974</b>
Truta arco-íris	787	1 967
Truta comum	1	7
<b>Águas salobras e marinhas</b>	<b>9 571</b>	<b>46 950</b>
<b>Peixes</b>	<b>5 148</b>	<b>25 504</b>
Corvinas	5	45
Dourada	1 071	6 029
Linguado	83	849
Pregado	3 588	15 962
Robalo	400	2 616
Sargos		1
Outros	1	2
<b>Moluscos e Crustáceos</b>	<b>4 423</b>	<b>21 446</b>
Amêijoas	2 252	18 382
Berbigão vulgar	264	66
Mexilhão	1 244	1 519
Ostra japonesa	527	1 108
Ostra portuguesa	136	371

A produção aquícola portuguesa de facto tem sido insuficiente para satisfazer o consumo nacional, sendo dependente do mercado externo e das importações, o que origina um saldo da balança comercial dos produtos da pesca negativo. Entre as espécies mais valorizadas na UE existem, em Portugal, boas condições para a produção de pregado com um valor médio de 6,28 €/kg, mais alto que o do robalo e da dourada. Os bivalves encontram-se entre as espécies mais produzidas e bastante valorizadas, com exceção do mexilhão (DRGM, 2014).

### **2.3. Perspetivas futuras no sector da Aquacultura**

A aquacultura oferece um enorme potencial para responder à procura por alimentos, associada ao crescimento da população global. A FAO (2016a) prevê que a produção mundial de produtos aquícolas alcance em 2021 cerca de 172 milhões de toneladas (Mtn) derivadas da crescente procura dos produtos aquícolas. No entanto, este crescimento prevê-se muito mais lento que o atual, e as suas principais causas serão a escassez de água, a disponibilidade limitada de lugares ótimos para desenvolver este tipo de atividade, e o aumento dos custos das farinhas e óleos de peixe, e consequentemente das rações (MAGRAMA, 2014). Neste contexto, a FAO (2014b) encontra-se empenhada em promover o “crescimento azul”, isto é, um crescimento baseado numa gestão sustentável e responsável dos recursos aquáticos de modo a assegurar o nosso bem-estar e do meio ambiente, no entanto, o setor deve tornar-se menos dependente do peixe selvagem para as rações e introduzir uma maior diversidade de espécies e práticas nas explorações de aquacultura.

Sabendo que 30% da alimentação fornecida é consumida e retida pelas espécies, e mais de 70% é desperdiçada e libertada no meio ambiente na produção intensiva e semi-intensiva de peixe, os países da UE adotaram a implementação da Diretiva Quadro da Água, desde o ano 2000, que estabelece metas exigentes para a qualidade ambiental dos ecossistemas de água doce e marinhos (Pereira e Correia, 2015).

A Europa caracteriza-se ainda por ser dotada de uma mão-de-obra muito qualificada e por dispor de instituições de ensino e de investigação que potenciam a existência de elevados padrões tecnológicos, permitindo o aumento dos níveis de produtividade do trabalho, bem como de outros fatores produtivos, nomeadamente a melhoria da taxa de conversão das rações e do controlo biológico do processo de produção (DGRM, 2014).

Apesar do seu sucesso, a indústria da aquacultura marinha e terrestre tem enfrentado ciclos alternados de fases positivas e negativas, passando de margens altas de baixos volumes para margens baixas de grandes volumes. Atualmente procura-se analisar o desenvolvimento de novas espécies para a produção, com o intuito de se oferecer uma maior gama de produtos aos

clientes, contudo, muitas dessas espécies ainda estão em fase experimental (Fezzardi et al, 2013). A aquacultura está a expandir-se rapidamente, não só em termos de produção mas também numa perspetiva tecnológica para satisfazer novos desafios (Lucas e Southgate, 2003), tais como:

- Aceitação dos produtos da aquacultura;
- Bem-estar animal – incluir nas explorações um bom sistema de gestão de saúde com recurso a medicamentos veterinários e produtos químicos para a prevenção de patologias que comprometam a produção e a saúde humana;
- Implementação de práticas corretas de profilaxia zoonosológica - A prevenção de doenças é opção mais eficaz em termos de custos no que diz respeito às doenças nas atividades de produção aquícola. Deve-se manter os peixes sob condições ótimas, de modo a que o risco de infeções seja minimizado sem a necessidade de recorrer ao uso de medicamentos que podem ser prejudiciais para o consumidor.
- Interação entre os pescadores e os aquicultores – para uma melhor perspetiva de desenvolvimento sustentável entre a pesca de captura e a aquacultura;
- Certificação – sensibilizar os consumidores para a integridade ambiental, qualidade e segurança alimentar dos produtos da aquacultura;
- Mudanças climáticas – abordar questões fundamentais como o efeito das alterações climáticas sobre as espécies cultivadas e sobre o desempenho económico;
- Conflitos por usar as áreas costeiras;
- Interação entre ambiente e aquacultura – minimizar os impactos ambientais;
- Promover e utilizar estratégias de marketing;
- Pesquisa científica e cooperação - para um sector mais sustentável e competitivo, há uma necessidade de promover a investigação científica sobre as espécies e novos modelos para diversificar a produção para novas oportunidades de mercado (Fezzardi et al, 2013).

Relativamente a Portugal, foi apresentado um novo pacote de medidas para a aquacultura, com o objetivo de duplicar a produção até 2020, neste momento com uma expressão residual de 10 mil toneladas anuais, e reduzir as importações. A redução do prazo de licenciamento é uma das inovações a ser aprovada pelo parlamento de forma a estar em vigor a 1 de janeiro de 2017, passando de três anos para três meses com um único pedido de

licenciamento (Pestana, 2016), diminuindo assim dificuldade burocrática para a requisição de novas licenças para quem queira investir no sector.

### **3. Aquacultura Sustentável**

---

De acordo com a União Europeia (UE, 2014) “A nova política comum das pescas entrou em vigor no dia 1 de Janeiro de 2014. O seu objetivo geral é tornar a pesca sustentável, em termos ambientais, económicos e sociais. Para tal, é necessário permitir que as unidades populacionais de peixes recuperem, minimizar os desperdícios, dar condições ao setor e expandir o setor da aquicultura.”

Um dos maiores desafios para o desenvolvimento sustentável da aquicultura é a minimização do seu impacto no ambiente. (Navarrete-Mier et al., 2010). Encontrar uma solução adequada para o excesso de nutrientes presentes nos efluentes provenientes de aquicultura tornar-se-á um fator decisivo na expansão do sector de forma sustentável, quer a nível ecológico, quer a nível económico (Pereira e Correia, 2015). Os desafios ligados à aquicultura são geralmente de natureza cumulativa e aditiva. Cumulativa significa que o impacto causado por uma exploração torna-se insignificante quando nos referimos apenas a uma única exploração, mas poderá ser potencialmente significativo em relação ao impacto criado por todo o sector. Aditivo implica que o impacto da aquicultura pode ser acrescentado a muitas outras pressões e impactos no seu desenvolvimento (Fezzardi et al, 2013). Um exemplo prático deste tipo de desafio nas explorações é o do aumento de rentabilidade onde é necessário aumentar a carga de produção nos tanques. Contudo, este aumento é acompanhado por um aumento do consumo de ração e de recursos energéticos, sendo proporcional ao aumento das concentrações de azoto e fósforo no ambiente em resultado do aumento da excreção e lixiviação dos resíduos no tanque, levando à eutrofização dos efluentes libertados nos ecossistemas aquáticos (Cunha et al., 2016).

Um dos conceitos mais importantes a ter em conta na gestão sustentável das explorações aquícolas é a Capacidade de Carga – *Carring Capacity* (Ross et al., 2013). A Capacidade de Carga (CC) ajuda a definir os limites máximos de produção, os limites ecológicos, e a aceitabilidade social da aquicultura sem causar grandes impactos no ecossistema e nas funções e estruturas sociais (Byron e Costa-Pierce, 2013), isto é, estima os limites de “mudanças ambientais aceitáveis” (Ross et al. 2013). Este conceito pode ser dividido em quatro categorias: física, produtiva, ecológica e social (McKindsey et al., 2006; Kluger et al., 2015; Ferreira et al., 2008). A CC física é definida como a área geográfica disponível e fisicamente apta para o cultivo de uma espécie num determinado local (Kluger et al., 2015). A CC social considera o nível de desenvolvimento que causa impactos sociais inaceitáveis (McKindsey et

al., 2006). A CC produtiva é definida como a densidade de stock em que os níveis de produção são maximizados sem afetar negativamente as taxas de crescimento (Nunes et al. 2003). Por último, a CC ecológica considera a densidade de cultivo que causa impactos ecológicos inaceitáveis (Byron et al. 2011). Muitos dos sistemas originais da aquacultura eram sustentáveis em pequena escala, mas o aumento do número de explorações e a intensidade de cultura das próprias causou muitos danos no ambiente, onde se usavam peixes pequenos capturados, métodos de alimentação ineficientes e rações nutricionalmente desequilibradas (Diana, 2009). Muitas estratégias têm sido sugeridas, avaliadas e/ou comprovadas a fim de avançar com a aquacultura sustentável, e umas delas é a implementação do melhor sistema de cultura e dos seus principais aspetos a serem considerados.

A policultura e o IMTA provaram ser as produções mais eficazes na recuperação do carbono, azoto e fósforo, visto que fornecem biomassa para as espécies em produção, e na diminuição dos impactos ambientais causados pelos efluentes (Martinez-Porchas e Martinez-Cordova, 2012). Num sistema de aquacultura tradicional 25-35% do azoto fornecido é recuperado como biomassa para as espécies em produção. Na policultura e no IMTA a recuperação aumenta para os 50% (Martinez-Porchas e Martinez-Cordova, 2012). Pomeroy et al. (2014) também afirma existirem sistemas de aquacultura que contribuem para a conservação da biodiversidade, o mais conhecido é o sistema de agricultura-aquacultura integrado.

### **3.1. Sistemas de Policultura**

A policultura é um método de produção que utiliza diferentes tipos de espécies de peixes numa só exploração, permitindo explorar eficientemente diferentes nichos ecológicos, resultando numa maior produção de peixe por unidade de área (Sharma et al., 1999) ou volume do tanque (Lucas e Southgate, 2003). Comparativamente à monocultura, é potencialmente mais sustentável devido ao reaproveitamento dos resíduos pelas outras espécies em produção (Nunes et al. 2003). Segundo Milstein (1992), neste tipo de sistema, o fator chave para uma boa gestão das fontes alimentares é a densidade de peixe por tanque. A policultura é baseada no princípio de que cada espécie tem o seu próprio nicho alimentar, de modo a não se sobrepor com a alimentação de outras espécies (Rahman et al., 2008). As altas densidades comprometem a disponibilidade de alimento e afetam o ambiente, por este motivo, deve existir uma combinação equilibrada de espécies que maximizem sinergicamente e minimizem antagonicamente as relações entre peixe-peixe e peixe-ambiente (Milstein, 1992).

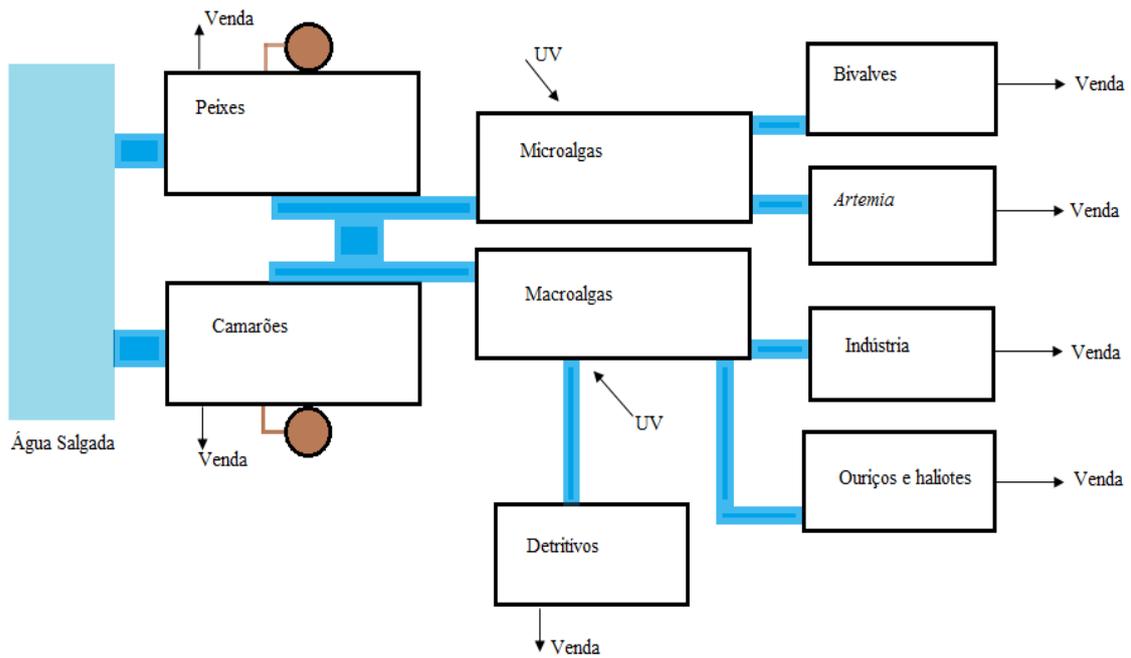
### **3.2. Aquacultura Multi-trófica Integrada**

O termo multi-trófico refere-se à incorporação de espécies de diferentes níveis tróficos ou níveis nutricionais no mesmo sistema, esta é a grande diferença comparativamente ao sistema em policultura, que utiliza várias espécies com o mesmo nível trófico (Barrington et al., 2009). Originalmente, este tipo de sistema era usado em águas doces onde envolvia a cultura de uma ou mais espécies de diferentes níveis tróficos, geralmente peixes cultivados simultaneamente com espécies extrativas orgânicas e inorgânicas, tais como, moluscos e algas, respetivamente (Deutero et al., 2011).

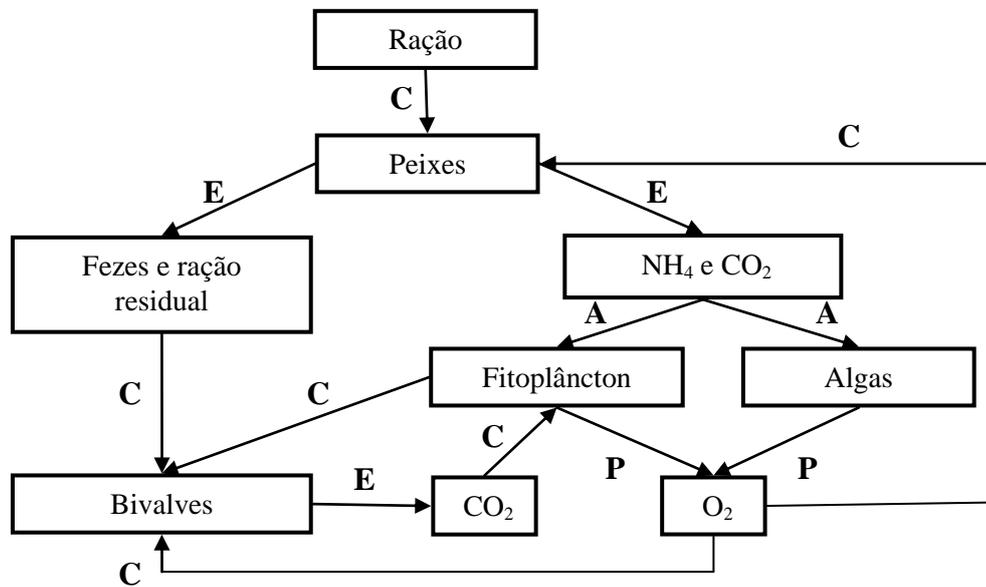
Segundo Robinson et al. (2011), o grau de interações benéficas entre as espécies irá determinar o quão bem-sucedido será o sistema IMTA. Os resíduos obtidos do processo de produção neste sistema são adquiridos e assimilados por outros organismos, convertendo-os em outros produtos igualmente valorizados no mercado, permitindo a eliminação de desperdícios e o aumento da produtividade das explorações piscícolas (Hughes e Black, 2016). Assim, os nutrientes desperdiçados na aquacultura animal intensiva são considerados um recurso e não um encargo (Pereira e Correia, 2015).

Existem dois tipos de sistema de IMTA, águas abertas e sistemas em terra. É muito mais fácil influenciar a absorção de nutrientes em tanques de terra do que em águas abertas, pois a água que passa nos tanques pode ser novamente reutilizada, dando mais uma oportunidade de captar determinado resíduo pelas espécies em produção, por outro lado, o fluxo de água que entra e sai dos tanques é mais facilmente manipulado e ajustado para melhorar a concentração de nutrientes nos tanques (Reid et al. 2011).

No típico sistema integrado as diferentes espécies são cultivadas em separado num sistema ligado, permitindo a intensificação e a otimização da produção. No caso da policultura num só tanque, a produção tornar-se-á insustentável para a intensificação (Shpigel, 2005). Segundo Robinson et al. (2011), a biomassa potencialmente produzida num sistema de aquacultura é diretamente proporcional à superfície disponível para habitação e colonização, e subsequente crescimento das espécies. Um exemplo comum da IMTA é o que se encontra representado na Figura 2.



**Figura 3.** Sistema exemplo de uma Aquicultura Multi-trófica Integrada em Tanques de Terra (fonte: adaptado a Shpigel, M., 2013)



**Figura 2.** Ciclo de nutrientes em IMTA com peixes, bivalves e algas: C – Consumido; E – Excretam; A – Absorção; P- Produção (fonte: adaptado a Fang et al., 2016)

Relativamente à Figura 2, a água do mar é bombeada para os tanques que contêm peixes e camarões alimentados a ração. O efluente desses tanques, rico em matéria orgânica, entra em tanques de produção de microalgas e macroalgas. A microalga pode ser utilizada por biofiltros como a *Artemia* e os bivalves, enquanto as macroalgas podem ser vendidas para indústrias de transformação ou utilizadas em locais de crescimento de outras espécies, como os

haliotes e os ouriços-do-mar. Os detritos resultantes podem ainda ser utilizados por detritívoros, como a tainha e pepinos-do-mar (Shpigel M., 2013). Num sistema IMTA os bivalves filtram as partículas de matéria suspensa, incluindo os produtos metabólicos dos peixes e o fitoplâncton, e as algas absorvem nutrientes provenientes do metabolismo dos produtos gerados pelos bivalves e peixes, fornecendo-lhes oxigénio dissolvido (Figura 3) (Ning et al., 2016). No geral, o IMTA combina o cultivo de animais que necessitam do fornecimento de alimento (ex., peixes) com organismos que utilizam matéria orgânica (ex., bivalves) e inorgânica (ex., algas) criando sistemas ambientalmente equilibrados.

De facto, os sistemas IMTA possuem inúmeras vantagens em relação às produções que, maioritariamente, se praticam nos dias de hoje:

- Permitem uma melhor eficiência de utilização do espaço e aumentam a produtividade por unidade de área (Bosma e Verdegem, 2011);

- Alivia a poluição por nutrientes na água através da reciclagem destes, tornando-se um sistema ambientalmente muito mais amigável e equilibrado, e de certo modo, um meio de baixo custo para diminuir as descargas que atingem os efluentes;

- Mútuos benefícios para as espécies cultivadas, como aumento ou aceleração do crescimento e mitigação de patologias

- Diversificação económica através da produção de outras culturas aquáticas valiosas que possibilitam a diminuição do risco económico;

- Aceitabilidade social (Reid et al. 2011).

No entanto, Pereira e Correia (2015), afirmam não existir, por enquanto, nenhum sistema artificial completamente autossuficiente e autossustentado. A aquacultura integrada é um sistema dinâmico que muda consoante vários fatores (localização, época e espécies) para construir a cadeia trófica e o meio ambiente.

### **3.2.1. Princípios de produção em tanques de terra em IMTA**

O principal objetivo da gestão de tanques de terra é utilizar as condições existentes nos tanques para maximizar os retornos económicos aos produtores (Sharma et al. 1999). Na sua gestão, devemos ter em conta o equilíbrio dos processos de produção (anabolismo) e decomposição (catabolismo), o tanque irá fornecer alimento, espaço, abrigo, oxigénio e irá receber metabolitos (fezes, amónia, CO<sup>2</sup>, etc.) das espécies em produção, fitoplâncton, zooplâncton e outras comunidades microbianas nele existente (Bosma e Verdegem, 2011). A

decomposição das fezes consome oxigénio, libertando nitritos e amónia que são potencialmente tóxicos para as espécies em causa (Bosma e Verdegem, 2011).

A temperatura deve ser cuidadosamente averiguada para avaliar a adaptação e o crescimento de todas as espécies do sistema. Muitas das espécies extrativas ocupam as zonas costeiras, por conseguinte estão adaptadas a uma vasta gama de temperaturas, relativamente aos sistemas em offshore (Troell et al., 2009).

Os produtores para maximizar o crescimento devem ter em conta que as necessidades alimentares da população de cultivo nunca devem exceder àquelas que estão disponíveis no tanque (Barrington et al., 2009). Se a densidade animal e a quantidade de alimento fornecido aumentarem e excederem os limites naturais de capacidade dos tanques, a única forma de compensar esse aumento é através do recurso de procedimentos externos, como aumento do fluxo de água e injeção de ar por arejadores, tornando-se em explorações intensivas procedimentos naturais para manter a qualidade de água nos tanques (Conte, 2004).

As populações de microalgas são difíceis de controlar nos tanques (frequentemente podem ocorrer explosões demográficas ou *blooms*), limitando o escoamento de água que pode provocar contaminações nos tanques. Existe a vantagem de cultivar microalgas simultaneamente com peixes, se estas posteriormente forem filtradas por uma cultura integrada de biofiltros (Pereira e Correia, 2015).

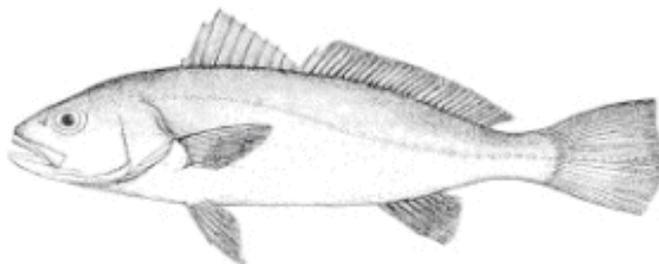
Os produtores devem escolher espécies locais que se complementem em diferentes níveis tróficos, que sejam capazes de crescer com uma elevada biomassa e que tenham estabilidade no valor de mercado (Barrington et al., 2009). Estudos anteriores indicam que as interações agonísticas entre as espécies são influenciadas por vários fatores de criação como o tamanho, peso, densidade, distribuição de alimento e intensidade da luz, estes fatores não devem ser ignorados principalmente em sistemas intensivos e quando uma nova espécie é cultivada (Gonçalves, 2012). Na escolha das espécies para um sistema IMTA devemos ter em conta a relação habitat/cultivo. Os peixes representam o maior output dos sistemas IMTA para consumo humano, no entanto também representam o maior input de energia/nutrientes para as outras espécies no sistema (Sasikumar e Viji, 2015). No caso dos tanques de terra, o grande objectivo é aproveitar os nutrientes inorgânicos originados pela excreção dos peixes que fomentam o crescimento das populações de fitoplâncton. Estas populações e a matéria orgânica proveniente dos desperdícios no tanque podem ser usadas com proveito para a produção de bivalves filtradores tal como as ostras (Cunha et al., 2016).

### 3.2.2. Espécies a utilizar em sistemas IMTA

A diversificação de espécies na produção em aquacultura é uma boa estratégia para promover uma aquacultura sustentável e evitar a saturação de mercado e a concorrência entre produtores (Gonçalves, 2012).

#### 3.2.2.1. Corvina-legítima (*Argyrosomus regius*, Asso 1801)

A corvina-legítima (*Argyrosomus regius*) (Figura 4) é um peixe ósseo pertencente à família *Sciaenidae*, considerada como promissora para a diversificação e dinamização da aquacultura europeia (Prista, 2014). Os principais locais de desembarque da corvina selvagem ficam situados no Sul de Espanha, Portugal e Oeste da França, onde atinge tamanho, normalmente acima dos 5 kg, e valor comercial significativo, sendo muito apreciada pelos compradores locais (Kružić et al., 2016; El-Shebly et al., 2007). Prista et al. (2009) e El-Shebly et al. (2007), afirmam ser um dos maiores cienídeos do mundo, podendo atingir 180,0 cm de comprimento e 50 kg de peso. Possui um grande potencial para a aquacultura mediterrânica devido ao seu rápido crescimento, atingindo 2,5 kg em dois anos (dependendo das condições do cultivo), ao seu índice de conversão de 0,9-1,2 e pela qualidade da carne (Monfort, 2010; Duncan et al., 2013).



**Figura 4.** Corvina (*Argyrosomus regius*) (fonte: FAO, 2016d)

Corvinas com pesos entre 2,5-3,0 kg são procuradas pelas indústrias de transformação para a produção de filetes (Piccolo et al., 2008). A tabela 4 compara, em termos de volume de produção e taxa de crescimento, três espécies existentes na costa mediterrânica, bem como o seu valor monetário.

**Tabela 4.** Parâmetros produtivos do Robalo (*Dicentrarchus labrax*), Dourada (*Sparus aurata*) e Corvina (*Argyrosomus regius*) no Mar Mediterrâneo (fonte: Kružić et al., 2016)

Espécies	Robalo	Dourada	Corvina
<b>Produção total no Mediterrâneo em 2012 (ton)</b>	153 182	159 730	10 221
<b>Crescimento em 12 meses (g)</b>	150 - 300	150 - 300	>700
<b>Crescimento em 24 meses (g)</b>	300 - 500	300 - 500	2000 - 2500
<b>Índice de conversão (IC)</b>	1.4 - 1.6	1.3 - 1.75	0.9 - 1.2
<b>Preço de mercado (€/kg)</b>	5	5	6 - 7

Em termos de mercado a corvina pode chegar aos 6-10 €/kg inteira e a 10-15 €/kg para filetes, sendo um produto bastante valorizado comercialmente (Monfort, 2010). Os primeiros valores da produção de corvina em aquacultura foram reportados em 2002 com 231 toneladas, no ano de 2010, oito anos depois, a produção de corvina aumentou consideravelmente para 14 595 toneladas registando um dos valores mais altos para a produção desta espécie (FAO, 2016d). Os últimos dados, referentes ao ano de 2014, contam com uma diminuição da produção, atingindo um valor de 11 770 toneladas (FAO, 2016d).

As técnicas de engorda são semelhantes às utilizadas no cultivo da dourada e do robalo, sendo alimentadas em tanques de terra, duas a três vezes ao dia, com rações de 50% de proteína e 20-25% de lípidos, tendo uma taxa de alimentação diária de 4-10% do seu peso vivo (Cárdenas, 2011). No entanto, segundo Peixoto et al., (2016) existem alguns problemas na taxa de crescimento e na saúde das corvinas, que pode estar relacionada com o facto de não existir uma ração específica para esta espécie, sendo alimentada a rações desenvolvidas para o cultivo da dourada, e pelo facto de não demonstrar o seu potencial de crescimento máximo, que esta associado a custos muito elevados. No seu cultivo em regimes intensivos, a corvina pode apresentar alguns problemas de canibalismo com indivíduos da própria espécie, além de apresentarem uma competição desigual pelo alimento, havendo uma heterogeneidade de tamanhos. (Duncan et al., 2013).

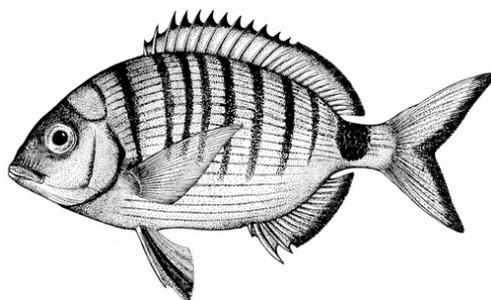
O fator determinante para o seu ciclo biológico é a temperatura. Quando a temperatura é inferior a 13-15°C reduzem a ingestão de alimento e têm as suas taxas máximas de ingestão e crescimento, normalmente no verão, quando a temperatura ronda os 24°C. No entanto, a corvina é capaz de habitar águas com temperatura que vão dos 2 -38°C (Cárdenas, 2011) e de salinidade dos 5 a 42‰ (Peixoto et al., 2016).

Segundo Castro et al. (2013) a corvina (*Argyrosomus regius*) e o sargo (*Diplodus sargus*) estão entre as novas espécies que foram consideradas potenciais candidatos para a diversificação da aquacultura, devido à elevada qualidade da carne, preços de mercado

acessíveis, fácil adaptação em condições de cativeiro e com tecnologia de produção semelhante ao de outras espécies de peixes marinhos.

### 3.2.2.2. Sargo (*Diplodus sargus*, Linnaeus, 1758)

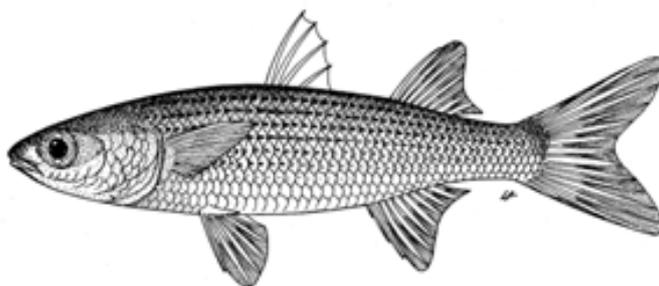
O sargo, *Diplodus sargus* (figura 5) é uma espécie com um grande potencial para a aquacultura mediterrânea devido ao seu valor de mercado, fácil adaptação às condições de cativeiro e modo de produção semelhante a outros sparídeos (Sá et al., 2007). É uma espécie omnívora, alimentando-se principalmente de algas marinhas, pequenos crustáceos, moluscos e poliquetas. Apresenta também um comportamento necrófago, tornando-o uma espécie com grande versatilidade para a produção em sistemas de policultivo (FAO, 2016e). Estudos recentes indicam que o crescimento lento desta espécie pode estar associado a uma alimentação inadequada (espécies alimentadas com ração especificamente para douradas e robalos), devido ao pouco conhecimento das suas necessidades nutricionais (Sá et al., 2007). Por outro lado, o sargo é uma espécie que desenvolve hierarquias de dominância, apresentando comportamentos agressivos contra os membros da sua própria espécie, de facto é por este motivo que leva alguns autores a considerar que o fraco desempenho no crescimento do sargo em aquacultura esteja relacionado com o seu comportamento agonístico (Gonçalves, 2012). Relativamente à captura mundial de sargo, foram capturados 3 951 toneladas de sargo no ano de 2011, contudo, no ano de 2014 houve uma diminuição na captura atingindo valores na ordem das 3 378 toneladas (FAO, 2016e). A produção de sargos em aquacultura a nível mundial é bastante residual, os primeiros valores registados remontam ao ano de 1996, tornando-se a partir desse ano uma produção inconstante, no ano de 2010 observou-se os valores mais altos na produção de sargos em aquacultura atingindo 174 toneladas porém a partir desse ano a produção baixou drasticamente, atingindo em 2014 uma produção de 13 toneladas (FAO, 2016e).



**Figura 5.** Sargo (*Diplodus sargus*) (fonte FAO, 2016e)

### 3.2.2.3. Tainha (*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758)

A tainha, *Mugil cephalus*, (Figura 6), pertencente à família dos Mugilidae, é um peixe herbívoro de tamanho médio e encontra-se abundantemente espalhada por toda a costa portuguesa (estuários, lagoas e rios) bem como na maior parte do mundo, não sendo muitas vezes bem vista pelos consumidores (Constatinos e Robles, 2014). Os seus hábitos alimentares fazem desta espécie um potencial candidato em aquacultura e o seu êxito de produção pode encontrar resultados promissores na policultura semi-intensiva com outras espécies em tanques de terra (Saleh, 2008) e em sistema IMTA (Shpigel, 2016). No Médio Oriente a tainha é um dos peixes com maior valor comercial de mercado, sendo vendida em fresco, refrigerada, congelada, seca e salgada, em Israel a 4-6 euros o quilo, enquanto na Europa alcança preços de mercado significativamente modestos na ordem dos 2-3 euros por quilo (Shpigel, 2016). A tainha com 7-8 meses, em climas tropicais pode chegar a pesar 0,75-1,0 kg, caso se prolongue mais uma estação pode atingir 1,5-1,75 kg, e em monocultura detritos podem ser suficientes para atingir as necessidades alimentares desta espécie (Saleh, 2008).



**Figura 6.** Tainha (*Mugil cephalus*) (fonte: FAO, 2016f)

Em policultura a tainha alimenta-se de detritos e restos de ração deixados por outras espécies em produção nos tanques (Saleh, 2008). Sabendo que a alimentação constitui 40-50% do custo total da produção de peixe, o cultivo de tainhas poderia melhorar a rentabilidade das pisciculturas, visto que alimentar-se-ia de resíduos (Saleh, 2008). Segundo Shpigel (2016), a tainha é normalmente utilizada como espécie secundária para melhorar a qualidade dos sedimentos de águas doces e salobras. Além disso, as ovas de tainha podem ser extremamente valiosas numa infinidade de iguarias gourmet conhecidas como a “butarga”, caviar da Sardenha ou karassumi que são vendidas no mercado asiático e mediterrânico, incluindo Egipto, Turquia, Grécia, Itália, Espanha, a mais de 100 €/kg (Shpigel et al., 2016; Constatinos e Roble, 2014). Estudos indicam que as tainhas com dietas à base de detritos de outras produções de peixes em 70 dias ganham 0,78 g/dia e removem 4,2 g de carbono orgânico e 0,7 g de azoto/tainha/m/dia (Shpigel, et al., 2016).

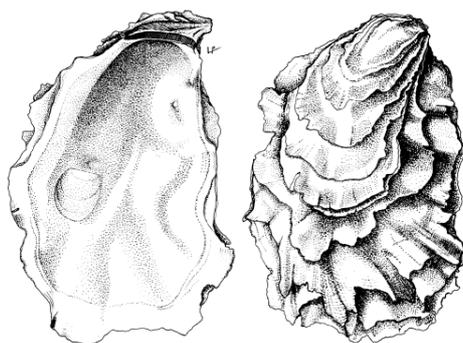
Embora não se domine totalmente o ciclo biológico da tainha, a sua produção limita-se principalmente ao recrutamento de juvenis a partir do meio natural, o que dificulta a sua relação entre produção/lucro pois o seu valor comercial não suporta os custos de produção (Oren, 1981). No entanto, nos dias de hoje, é necessário desenvolver novos produtos para o crescimento a médio-longo prazo no mercado europeu e imigrante. A tainha pode ser resposta a esse tipo de mercado, apresentando uma boa qualidade da carne, baixo custos de produção associada a uma produção sustentável e amiga do ambiente, bem como a possibilidade de desenvolver novos produtos de alto valor monetário.

### **3.2.3. Espécies extrativas orgânicas**

Existe na água muitos fatores que diminuem a sua qualidade: matéria orgânica dissolvida, nutrientes, matéria suspensa, xenobióticos e poluentes resultantes das atividades antropogênicas (Ostroumov, 2005). Os peixes e os camarões só assimilam apenas 20 a 30% do azoto presente na sua alimentação, a produção de matéria orgânica excretada para a água produzida pelas outras espécies é, maioritariamente, amônia e fezes dissolvidas (Shpigel, 2005). Por este motivo, existe a necessidade de encontrar soluções economicamente viáveis para este problema, tirando partido da produção natural de matéria orgânica produzida no tanque e convertendo-a em biomassa potencialmente utilizável.

A aquacultura de bivalves, particularmente de ostras e mexilhões, é um bom exemplo para a este tipo de produção. Estes candidatos não necessitam de alimentação artificial e, como biofiltradores extrativos, podem ainda melhorar a qualidade da água (Pogoda, et al. 2011). Numa aquacultura integrada, os bivalves são cultivados em gaiolas flutuantes simultaneamente com outras espécies piscícolas, reduzindo a carga de nutrientes através da filtração e assimilação de matéria orgânica suspensa na água e fitoplâncton (Deutero et al., 2011).

As ostras, *Crassostrea gigas* (figura 7), são bivalves euritérmicos e eurialinos, o que significa que suportam, respetivamente, intervalos amplos de variações de temperatura e salinidade (FAO, 2016g). As condições ótimas de salinidade, para esta espécie, encontram-se entre os 20 e 25 ‰, sobrevivendo a salinidades inferiores a 10 psu e superiores a 35 psu, onde se torna pouco provável a sua reprodução, relativamente à temperatura, esta espécie sobrevive a temperaturas entre os - 1.8°C e os 35°C (FAO, 2016g). Uma ostra adulta (80 -150 mm de comprimento) pode filtrar até 10 L de água por hora, estas têm como alimento preferencial microalgas castanhas e diatomáceas, devido ao seu tamanho, digestibilidade e valor nutricional (Lovatelli, 2004)



**Figura 7.** Ostra do Pacífico (*Crassostrea gigas*) (fonte: FAO, 2016g)

A produção em aquacultura da *Crassostrea gigas* sempre foi muito superior em relação à captura mundial, os últimos dados, referentes a 2014, mostram que houve uma produção de 625 925 toneladas de ostras, enquanto em captura atingiu apenas 29 600 toneladas (FAO, 2016g).

#### **3.2.4. Espécies extrativas inorgânicas**

Existe uma situação paradoxal quando nos deparamos com a produção de alimentos a nível mundial. Dentro da agricultura, 80% da produção corresponde a plantas e 20% a carne, enquanto na aquacultura, 80% da produção é carne e 20% são plantas (Chopin et al., 2006).

As algas, nos últimos anos, têm ganho um interesse acrescido na sua produção como matéria-prima para uma gama de inúmeros processos de produção (van den Burg et al., 2016). As algas, sobretudo as macroalgas, são organismos com uma eficiência de filtragem muito elevada, sendo as que têm as melhores produtividades de todas as plantas, podendo ser produzidas por métodos, cujos custos são bastante acessíveis e económicos para as indústrias (Guerrero e Cremades, 2012). Estas são maioritariamente utilizadas na produção de hidrocolóides, alginatos, agar e carragenina, como espessantes para a indústria alimentar (Bixler e Porse, 2011). Não obstante, as algas também podem ser utilizadas na alimentação humana, como aditivos alimentares, na alimentação animal, na produção de bioenergia (Bixler e Porse, 2011), na indústria farmacêutica e na cosmética (Ben-Ari et al., 2014).

Segundo van den Burg et al. (2016), o cultivo e a utilização de algas pode mitigar muitos problemas relacionados com as questões ambientais, como por exemplo, reduzir a eutrofização dos mares, devido à sua capacidade de absorção dos nutrientes presentes na água durante o seu crescimento e remoção por meio da colheita das algas. Estudos recentes indicam que as macroalgas absorvem uma grande quantidade de nutrientes nos tecidos durante o seu crescimento e desenvolvimento, sendo capaz de remover 90% da amónia produzida por sistemas de aquacultura multitrófica integrada marinha (Aníbal et al., 2013).

Em IMTA, as algas assimilam a amónia excretada pelos peixes, fosfato e dióxido de carbono, convertendo-os em biomassa potencialmente valiosa, com este tratamento os efluentes podem ser reutilizados na circulação da água ou serem descarregados sem prejudicar o ambiente (Abreu et al., 2011). Uma das maiores dificuldades, durante as últimas décadas, foi arranjar fontes de proteína alternativas para os nutrientes utilizados nas rações de aquacultura, como plantas, legumes e sementes. No entanto, muitas destas plantas têm um papel importante na alimentação humana, sendo vendidas a um preço bastante mais elevado do que outras matérias-primas. Não obstante, muitas delas são também deficitárias em certos aminoácidos essenciais, provocando o aumento da sua percentagem total nas rações, que pode conter vários fatores anti nutricionais, resultando em problemas de palatibilidade (Al-Asgah et al., 2015). Segundo Pereira e Correia (2015), a adição de algas na alimentação dos animais tem vários efeitos que aumentam a qualidade final do produto: nas aves a postura de ovos aumenta (derivado da adição de vitamina B<sub>12</sub>), as gemas ficam mais alaranjadas (devido ao conteúdo acrescentado de carotenóides) e o conteúdo de iodo presente aumenta, tal como acontece com o leite das vacas alimentadas com algas. No entanto, afirmam que não cobrem todas as necessidades nutricionais de uma dieta completa e adequada, principalmente em regime de pecuária intensiva.

A cultura de algas não tem sido atrativa em muitos países e a última década não foi fácil para esta indústria. Os custos da sua produção têm vindo a aumentar, principalmente os energéticos e químicos e os seus produtos tem um valor relativamente baixo (Bixler e Porse, 2011). No entanto, ao combinar diferentes espécies nos sistemas de aquacultura, poderá fornecer um maior lucro e ter vantagens ecológicas concomitantes (Fang et al., 2016). Segundo Bixler e Porse (2011), é a IMTA que se tem demonstrado promissora na produção de quantidades comerciais de algas marinhas para a extração de hidrocolóide e para o crescimento de peixes para consumo humano.

De todas as espécies de algas existem umas mais aptas a serem produzidas em sistema integrado. Alguns dos fatores a serem avaliados são: a alta taxa de crescimento e capacidade de concentração de azoto nos tecidos; facilidade de recriação e monitorização do ciclo de vida; resistência às epífitas e doenças; ser capaz de ir ao encontro das suas necessidades ecofisiológicas com as do sistema; ser uma espécie local ou previamente introduzida e com valor comercial (Guerrero e Cremates, 2012). As algas que demonstram capacidade de filtragem, combinadas com o seu alto valor comercial, são a *Porphyra*, *Saccharina latissima*, *Ulva spp.* e *Gracilaria spp.* (Abreu et al., 2011).

A *Ulva spp.* foi identificada como a candidata ideal para a biofiltragem de efluentes provenientes da produção de peixes em tanques de terra (Ben-Ari et al., 2014). Tem uma

elevada taxa de crescimento e concentração de azoto, e a capacidade de crescer em elevadas concentrações de amónia, além disso o seu ciclo de vida é conhecido e controlado (Guerrero e Cremates, 2012). A desvantagem atribuída ao uso industrial da *Ulva* em biofiltração é, por enquanto, o valor limitado atingido pela produção nos mercados (Guerrero e Cremates, 2012). Alguns trabalhos realizados na Galiza indicam que, em sistema de recirculação, cada quilograma de *Ulva spp.* produz, por dia, oxigénio suficiente para atender às necessidades de oxigénio de dois quilos de peixe. É de salientar que o consumo de oxigénio noturno das macroalgas é muito menor do que a produção diária, em algumas espécies estimou-se que o oxigénio é produzido 12 vezes mais do que o oxigénio que é consumido pela respiração (Guerrero e Cremates, 2012). A produção de algas pode constituir uma ferramenta fundamental na gestão da zona costeira diminuindo os impactos adversos das aquaculturas sobre o ambiente marinho costeiro.

## 4. Objetivos

---

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção em policultura de três sistemas multi-tróficos integrados. As espécies utilizadas foram *Argyrosomus regius*, *Diplodus sargus*, *Mugil cephalus*, *Crassostrea gigas* e *Ulva spp.*

O estudo apresenta uma análise comparativa dos parâmetros de crescimento das cinco espécies, bem como uma análise da eficiência de cada sistema.

## 5. Materiais e Métodos

---

O ensaio e todos os trabalhos associados à recolha e preparação de amostras foram realizados no IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) na Estação Piloto de Piscicultura de Olhão (EPPO), situado no Parque Natural da Ria Formosa ao longo de 5 meses (Abril 2016 a Agosto de 2016) (figura 8).



**Figura 8.** Vista aérea da EPPO - IPMA, com destaque para os 6 tanques de terra (delimitado a amarelo) onde decorreu o ensaio (fonte: Google Earth, 2016).

### 5.1. Delineamento Experimental

Foram utilizados seis tanques de terra retangulares, cada um com uma área de 500 m<sup>2</sup>, uma profundidade média de 1,5 m e com um volume de 750 m<sup>3</sup>, que recebem água diretamente do reservatório da Estação, que por sua vez é abastecido com água da Ria Formosa. Todos os tanques estão protegidos com rede para evitar a ação de eventuais predadores, principalmente aves. A renovação de água nos tanques é feita por quatro bombas com um caudal máximo de 1000 L/s, que capta a água do reservatório e a distribui pelos tanques. O caudal de entrada ou renovação de cada tanque é de aproximadamente 80%, e cada um possui um caudalímetro para que seja possível verificar qualquer tipo de variação do caudal. Todos tem um alimentador automático programado para fornecer 4 refeições por dia e um injetor de ar (modelo FORCE7, AQUA&CO: Itália) que permite a oxigenação da água por injeção de ar atmosférico. A Figura 9 representa um dos seis tanques de terra utilizado neste estudo onde se observa em primeiro plano o alimentador, do lado direito a flutuar na água as estruturas com a *Ulva spp.* e em fundo

na água os sacos flutuantes com as ostras. Do lado direito da imagem encontra-se a saída de água do tanque e do lado esquerdo a entrada da mesma. O injetor de ar encontra-se a 1/3 do tanque a partir da entrada de água e desta forma permite também distribuir a água mais limpa da entrada para a zona de saída do tanque e assim ajudar a homogeneizar a qualidade de água pela totalidade do tanque.



**Figura 9.** Tanques de Terra do Sistema Multi-trófico Integrado.

## 5.2. Caracterização dos tratamentos em teste

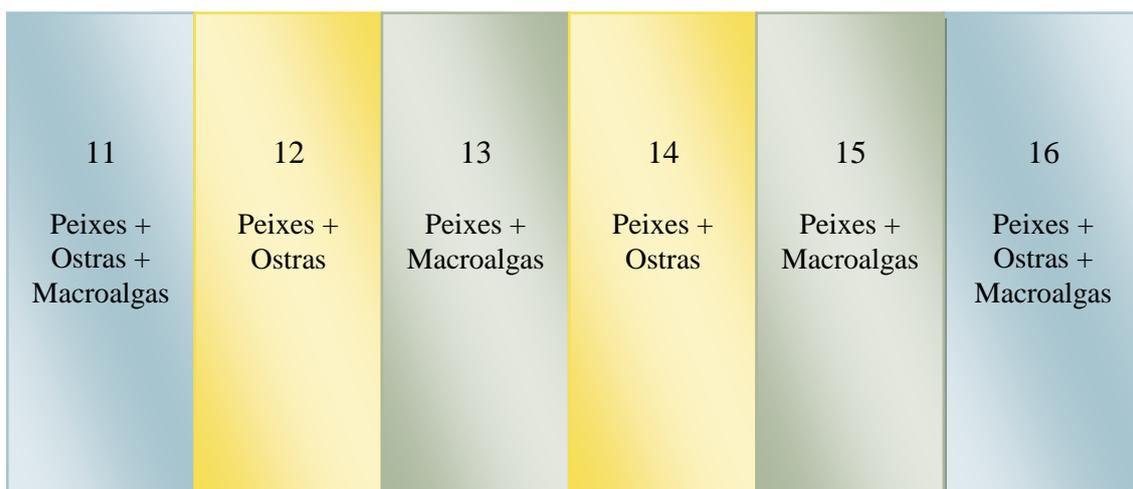
Foram comparados três tipos de sistemas de produção em policultivo em sistema multi-trófico integrado em tanques de terra (TT), em que cada sistema contou com dois replicados, ou seja, seis tanques, três sistemas e cada sistema com dois tanques.

Sistema 1 (S1) - Policultivo, com peixes, corvinas (*Argyrosomus regius*), sargos (*Diplodus sargus*) e tainhas (*Mugil cephalus*), ostras (*Crassostrea gigas*) e macroalgas - TT-11e TT-16.

Sistema 2 (S2) - Policultivo, com peixes, corvinas (*Argyrosomus regius*), sargos (*Diplodus sargus*) e tainhas (*Mugil cephalus*), ostras (*Crassostrea gigas*), sem macroalgas havendo a remoção total de macroalgas produzidas naturalmente nos tanques – TT-12 e TT-14.

Sistema 3 (S3) - Policultivo, com peixes, corvinas (*Argyrosomus regius*), sargos (*Diplodus sargus*) e tainhas (*Mugil cephalus*), e macroalgas sem ostras – TT-13 e TT-15.

A Figura 10 exemplifica o tratamento aplicado em cada tanque:

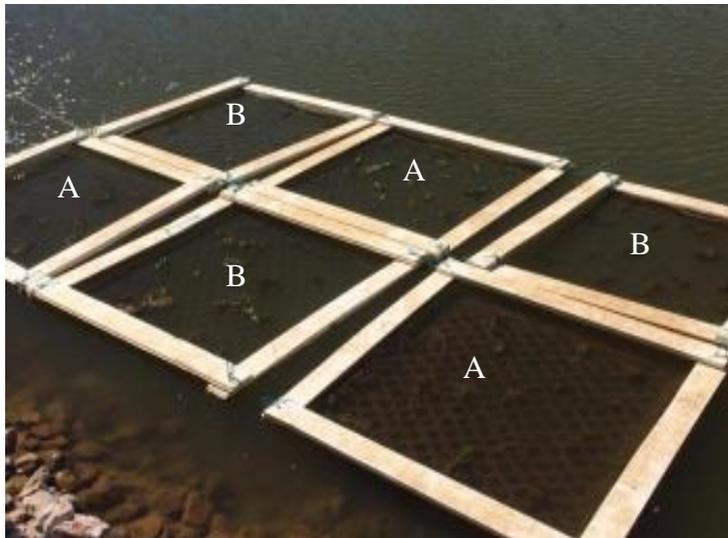


**Figura 10.** Esquema do tipo de tratamento aplicado em cada tanque de terra.

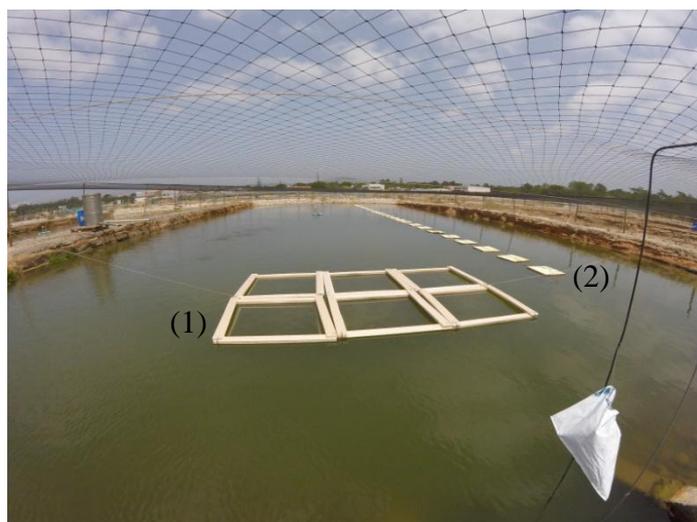
Em todos os tanques foram distribuídos o mesmo número de animais (descrito na secção 5.3) e as mesmas infraestruturas de produção. Os long-lines, infraestruturas para a produção das ostras, foram colocados em todos os tanques, independentemente do tratamento, de modo a evitar possíveis diferenças causadas por estas estruturas na circulação da água dos tanques. Cada long-line sustenta 24 placas flutuantes quadrangulares de esferovite (50,0 x 60,0 cm) que por sua vez serve de suporte a 24 sacos de malha preta (100,0 x 52,5 cm) que se encontram a uma distância de 20,0 cm abaixo da superfície da água (figura 11). As estruturas para a produção das algas estão divididas em seis quadrados de placa de esferovite flutuantes (1,0 x 1,0 m) unidos por corda e que sustentam seis redes, suportadas por tubos de plástico, onde são colocadas as algas e presas por braçadeiras removíveis (figura 12). Em três desses compartimentos é estudada a Taxa de Crescimento Específico da alga em altas densidades (TCE a) (60g/placa) e em outros três é estudado a Taxa de Crescimento Específico para baixas densidades (TCE b) (30 g/placa). A disposição dos long-lines perto da margem do lado direito não só se deve, principalmente, à corrente provocada pela entrada de água que distribui a água mais limpa no tanque, como também para facilitar todo o manuseio semanal relativo à sua produção. As estruturas das algas estão centradas nos tanques perto da zona de saída da água, para que as algas consigam absorver uma maior quantidade de nutrientes de forma a mitigar a sua carga no efluente e promover o seu crescimento com uma maior disponibilidade de nutrientes. As disposições das estruturas encontram-se representadas na figura 13.



**Figura 11.** Estrutura para a produção das ostras - Long-line - que sustenta os sacos das ostras emersos na água.



**Figura 12.** Estrutura para a produção das algas com três compartimentos para altas densidades (A) e três para baixas densidades (B).



**Figura 13.** Disposição das estruturas para a produção de algas (1) e para a produção de ostras (2) nos tanques de terra.

### 5.3. Espécies Introduzidas

Os peixes utilizados foram transferidos da maternidade da EPPO para os tanques de terra no dia 7 de Abril de 2016, em que registavam uma temperatura média da água de 18,78 °C. Em cada tanque foram distribuídos 1500 juvenis de corvinas (*Argyrosomus regius*), 900 juvenis de sargos (*Diplodus sargus*) e 550 juvenis de tainhas (*Mugil cephalus*). As ostras (*Crassostrea gigas* triploides) foram fornecidas pela empresa FORMOSO&ALEGRE, localizada em Marim concelho de Olhão, e colocadas no dia 18 de Maio de 2016 com o peso médio vivo de 0,5 g. Foram distribuídas em cada tanque 18 000 ostras em cinco sacos de malha preta corridos num long-line, cada um com um peso médio de 1,8 kg. A alga introduzida neste ensaio foi a *Ulva spp.*, mais conhecida por “Alface-do-mar”, de modo a estudar a sua taxa de crescimento com altas densidades e baixas densidades de *Ulva*. Na Tabela 5 podemos verificar os parâmetros zootécnicos de cada espécie quando colocadas nos tanques:

**Tabela 5.** Parâmetros zootécnicos iniciais das espécies introduzidas nos tanques de terra.

Espécie	Nº animais/tanque	Peso médio inicial (g)	Comprimento médio inicial (cm)	Índice de condição
<i>Argyrosomus regius</i>	1500	204,5 ± 63,3	26,6 ± 2,9	1,14 ± 0,1
<i>Diplodus sargus</i>	900	51,5 ± 18,6	14,2 ± 1,4	1,74 ± 0,4
<i>Mugil cephalus</i>	550	117,6 ± 95,7	19,4 ± 5,6	1,14 ± 0,1
<i>Crassostrea gigas</i>	18 000	0,5	-	-

#### **5.4. Maneio semanal**

Todos os dias, durante o mês de Abril até ao mês de Agosto, houve um conjunto de trabalhos rotineiros essenciais para levar a cabo este ensaio. A temperatura da água (em °C), oxigénio dissolvido (em ml e em % de saturação), pH, FNU e salinidade foram determinados, através de uma sonda multiparamétrica, durante o ensaio duas vezes por dia: pela manhã (entre as 8:30 e 9:00) e à tarde (entre as 16:30 e 17:00). Estas amostras eram medidas perto da saída de água (comporta). As sondas, bombas, arejadores, alimentadores e caudalímetros eram verificados e observados diariamente de modo a que não houvesse qualquer tipo de alteração que comprometesse o ensaio. O alimento composto fornecido aos peixes (Alpis, A. Coelho e Castro Lda.), de inicialmente 3 mm de grânulos em sacos de 25 kg, foi fornecido através de alimentadores automáticos que ejetavam alimento quatro vezes por dia. Era verificada constantemente a ração nos alimentadores, o bom funcionamento dos seus relógios automáticos e se os peixes se alimentavam satisfatoriamente da ração. A partir do dia 11 de Julho o tamanho do grânulo aumenta para 5 mm, devido ao crescimento dos peixes (composição nutricional em ANEXO).

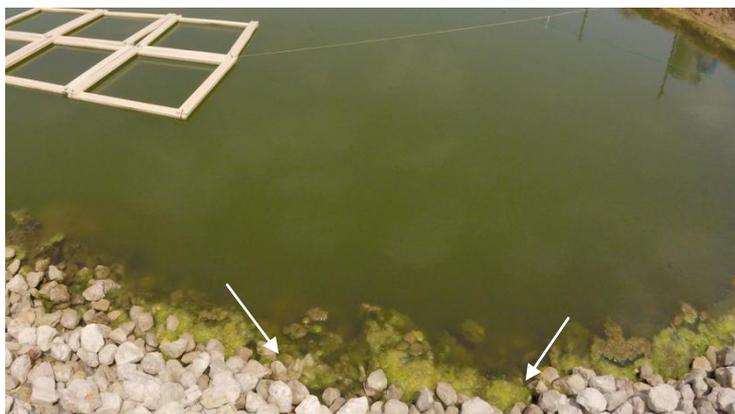
Os sacos das ostras, desde a sua introdução até ao final do ensaio, eram emersos, 2 vezes por semana, geralmente de manhã, e no dia seguinte eram imersos nos tanques, de modo a simular o efeito das marés em estado selvagem, melhorar a força e consistência do músculo da ostra e fazer uma desinfeção/inativação, por raios ultravioletas, de bactérias, vírus e parasitas nas ostras e minimizar os organismos incrustantes nos sacos (Figura 14). Por outro lado, com este tipo de intervenção era possível fazer uma observação do estado das ostras e verificar a mortalidade presente em cada tanque.

Ao longo do seu crescimento, foi feita uma triagem e várias divisões. Quando atingiam um peso e volume dentro dos sacos que prejudicasse o seu crescimento e manejo, eram divididas em novos sacos, aumentando assim o número de sacos por long-line. Estas intervenções, por questões de manejo, coincidia com a amostragem das ostras.



**Figura 14.** Viragem dos sacos das ostras.

No S2, onde não se pretendia que houvesse algas, esta era removida sempre que crescia naturalmente nas margens e superfície (figura 15). Relativamente à produção da alga, introduzida nas estruturas flutuantes, todas as semanas eram introduzidas 225 g de *Ulva* nos tanques de S1 e S3, retirada naturalmente do tanque de decantação da EPPO. Com o intuito de se analisar a taxa de crescimento da *Ulva*, as estruturas das algas divididas em seis compartimentos, em cada tanque, três deles eram reservados para o crescimento em altas densidades (a), com 50 g de *Ulva* por compartimento e os outros três eram reservados para o crescimento em baixas (b) densidades com 25 g de *Ulva* por compartimento (figura 16).



**Figura 15.** Crescimento natural de macroalgas nas margens dos tanques.



**Figura 16.** Fixação da Ulva nos compartimentos de rede para posterior colocação das estruturas tanques.

### **5.5. Amostragens Mensais**

Durante os meses de Maio e Agosto, para acompanhar o ganho de peso e comprimento dos peixes, foram feitas duas amostragens biométricas, dia 5 de Julho e dia 30 de Agosto de 2016, de cinquenta peixes de cada espécie por tanque. Para a captura dos peixes foi utilizada uma rede de pesca que, com o auxílio de três pessoas, faz um cerco na margem correspondente à entrada de água. A rede ao ser puxada é arrastada até à margem oposta do tanque, fazendo com que o peixe fique todo concentrado e preso num dos cantos do tanque. Com o auxílio de um chalavar o peixe pretendido é retirado do tanque e transferido para uma tina de água com o anestésico 2-Fenoxietanol na quantidade de 100ppm. Após os peixes mostrarem alguma letargia na tina com movimentos lentos e não resistindo ao toque estes são individualmente medidos, pesados e devolvidos a outra tina com água para recuperarem antes de serem devolvidos ao tanque de terra (figura 17). Este procedimento foi realizado junto do tanque de terra e como tal a manipulação e transporte do peixe foi minimizada ao máximo.



**Figura 17.** Amostragem biométrica das Corvinas (*Argyrosomus regius*) nos tanques do sistema multitrófico integrado.

Ao longo do ensaio decidiu-se fazer amostragem só às corvinas. Isto porque as tainhas e os sargos estando em menor número, muito dificilmente seriam capturados na amostragem. Para determinação do crescimento dos sargos será usada a reta de regressão linear (*Equação 1*), calculada em ensaios anteriores na EPPO-IPMA para o crescimento de sargos em tanques de terra, para calcular a biomassa de sargos presente em cada tanque e assim fazer uma melhor estimativa da TCA para as corvinas.

$$\text{Equação 1: } Y=0.2213X - 26.898$$

Onde:

X – idade dos peixes (dias)

Y – peso estimado (g)

Iremos assumir que as corvinas e os sargos possuem os mesmos hábitos alimentares e consomem a mesma quantidade de ração, logo a quantidade de ração consumida pelos animais de uma espécie irá depender do número de animais presentes, dessa mesma espécie, no tanque. Iremos considerar também que as tainhas não comem ração, aproveitando simplesmente os detritos orgânicos presentes nos tanques.

Nas ostras foram feitas 5 amostragens de biometria. A primeira amostragem foi feita dia 6 de Junho de 2016, quinze dias após a sua introdução nos tanques. Foi retirado um saco de malha de cada tanque do tratamento 1 e 2. As ostras foram colocadas em baldes e de seguida cada balde era pesado. Por fim, foi feita a diferença do peso de introdução e do peso até a data.

Na segunda amostragem 20 de Junho de 2016 devido ao peso dos sacos, estes foram desdobrados em dois, aumentando o número de sacos por long-line. Relativamente às amostragens seguintes, foram retirados 3 sacos de cada tanque. Desses três sacos fez-se uma divisão e contagem do número de ostras vivas e mortas. As ostras vivas dos três sacos eram juntas num balde e pesadas. Após pesagem, eram retiradas 25 ostras para serem pesadas, com o auxílio de uma balança de precisão, e medidas individualmente, através de um peclise de precisão. Após a medição e registo de todos os parâmetros as ostras eram novamente colocadas nos sacos de malha e devolvidas aos tanques.

Os testes de crescimento da *Ulva spp.* introduzida nos tanques foram feitas com períodos de 7 dias. Assim após 7 dias os pedaços de *Ulva* introduzida nos compartimentos eram removidos das estruturas, espremidos o mais possível para retirar o máximo de água possível e pesados consoante o tratamento e o compartimento. No dia seguinte, novos pedaços de *Ulva*, proveniente do tanque de decantação do IPMA, eram introduzidos nos tanques pelo mesmo processo. Estes testes iniciaram-se desde o dia 6 de Junho e continuaram ao longo de toda a experiência. A nova biomassa produzida em cada tanque foi calculada através da seguinte fórmula:

$$BI_n \text{ (kg)} = BI_f \text{ (kg)} - BI_i \text{ (kg)}$$

Onde:

BI<sub>n</sub> – Nova biomassa

BI<sub>f</sub> – Biomassa final

BI<sub>i</sub> – Biomassa inicial (neste caso = 0.225 kg)

## 5.6. Parâmetros de crescimento observados

O ensaio experimental permitiu a recolha e o cálculo dos seguintes parâmetros zootécnicos.

Taxa de Conversão Alimentar (TCA): também chamado de índice de conversão, é o quociente entre quantidade necessária de alimento ingerido (QI) para que um animal aumente 1kg de peso vivo num determinado período de tempo. Esta foi calculada usando a seguinte fórmula:

$$TCA = QI / \text{variação do peso do animal (Mo et al., 2014)}$$

Para o seu cálculo necessitamos de saber a biomassa inicial (número de peixes na piscicultura, multiplicando pelo seu peso individual), biomassa final e quantidade de ração distribuída. Uma redução da TCA implica uma diminuição dos custos em ração e benefícios para o ambiente.

A Eficiência Alimentar (EA) é o ganho de peso de um animal a dividir pelo consumo de ração num determinado período de tempo. Foi calculada com base na seguinte fórmula:

$$EA = \text{variação do peso do animal} / QI$$

Taxa de Crescimento Específica (TCE): é o quociente entre a diferença do logaritmo do peso final e o logaritmo do peso inicial, e o número de dias

$$TCE = [\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}] / \text{período de alimentação (dias)} \times 100 \text{ (Mo et al., 2014)}$$

Productividade (P): é o quociente entre a quantidade de peixe produzida no tanque e a área do tanque.

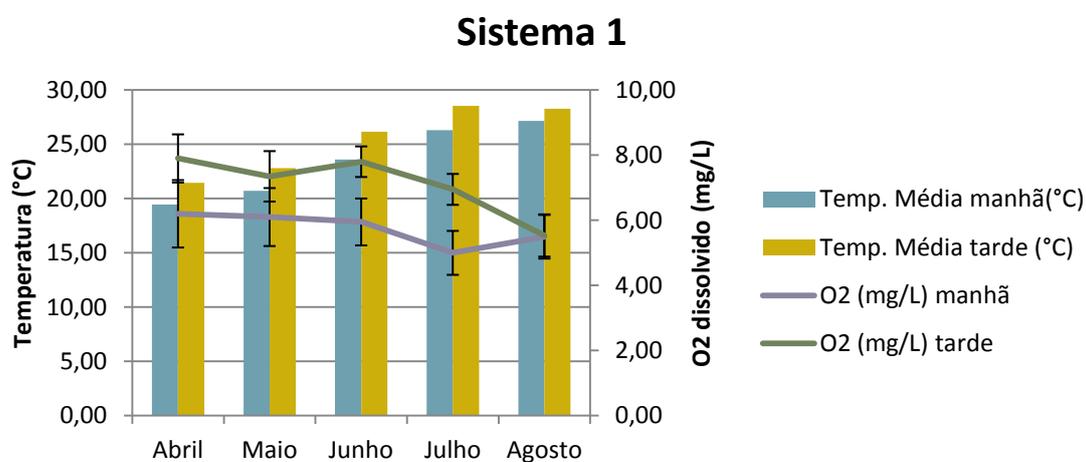
$$P = \text{Peso médio peixe (kg)} \times n^\circ \text{ de peixes} / \text{área do tanque (m}^2\text{)} \text{ (Mo et al., 2014)}$$

## Resultados

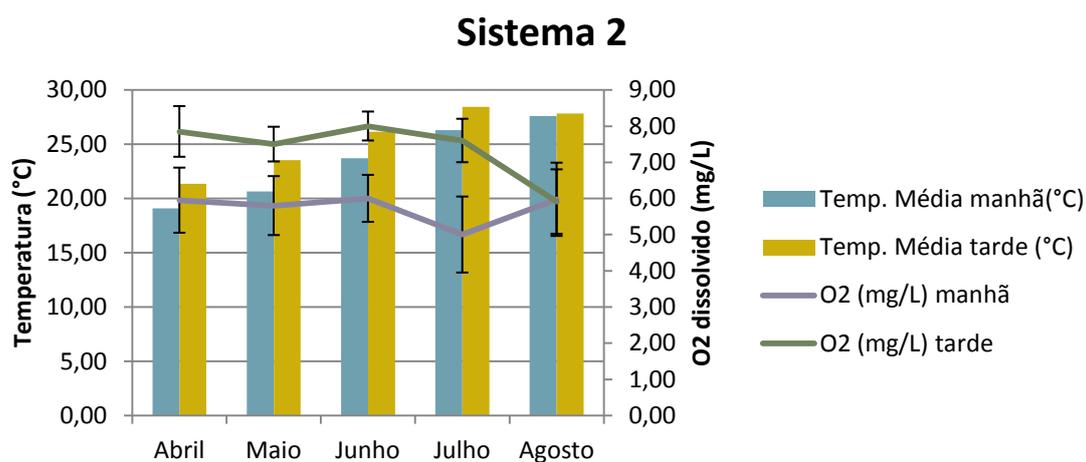
Neste capítulo apresentamos os resultados obtidos decorrentes da análise dos dados colhidos ao longo dos 5 meses em que decorreu o trabalho de campo.

### Parâmetros Tanques de Terra

Os valores médios mensais referentes à temperatura média da água (Gráfico 2) e oxigénio dissolvido (Gráfico 3) de cada sistema foram determinados durante o ensaio duas vezes por dia: pela manhã (entre as 8:30 e 9:00) e à tarde (entre as 16:30 e 17:00).

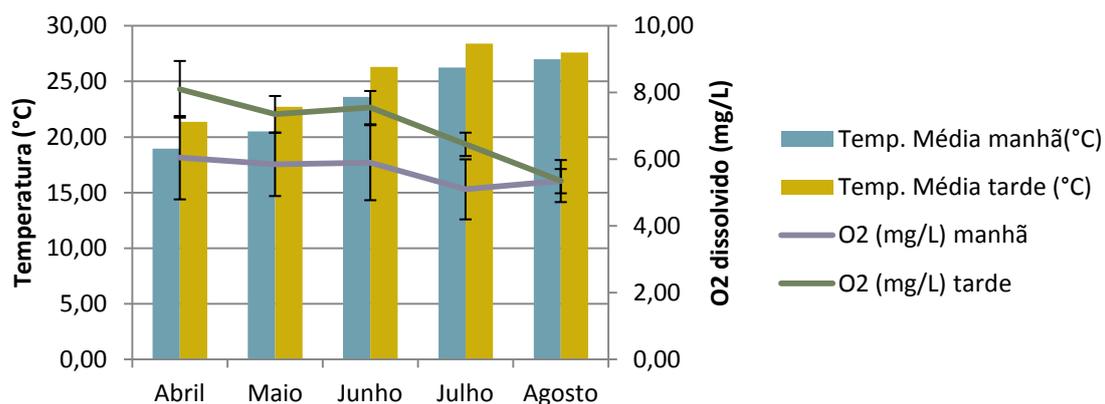


**Gráfico 2.** Evolução da temperatura média mensal e valor médio de oxigénio dissolvido da água em S1, nos cinco meses de ensaio.



**Gráfico 3.** Evolução da temperatura média mensal e valor médio de oxigénio dissolvido da água em S2, nos cinco meses de ensaio.

### Sistema 3



**Gráfico 4.** Evolução da temperatura média mensal e valor médio de oxigênio dissolvido da água em S3, nos cinco meses de ensaio.

Pode-se aferir que os níveis de oxigênio dissolvido na água evoluíram de forma inversa à temperatura, onde, nos meses com água mais quente, os níveis de oxigênio foram diminuindo.

Os tanques, no início do ensaio, apresentavam uma temperatura média de 21°C. Os valores da temperatura ao longo dos meses aumentaram constantemente em todos os sistemas, em média 6,5 °C. A temperatura média mensal máxima atingida foi observada em todos os sistemas no mês de Julho, tendo o S1 atingido a temperatura máxima de  $27,79 \pm 1,53^{\circ}\text{C}$ , sendo sempre superior no período da tarde. No entanto, as diferenças de temperatura nos tanques não foram significativamente diferentes nos três sistemas.

Os valores de oxigênio dissolvido ao longo do ensaio nos vários sistemas não foram distintamente significativos. Em Abril, os tanques possuíam uma média de  $7,08 \pm 1,33$ ;  $6,92 \pm 1,34$  e  $7,32 \pm 1,45$  mg/L de oxigênio, respetivamente em S1, S2 e S3. Todos os tanques apresentaram uma diminuição no mês de Maio, seguindo de um aumento no mês de Junho. No entanto, o seu valor foi decrescendo até ao final do mês de Agosto. Durante o ensaio, sem contar com o mês da introdução das espécies (adaptação do sistema), podemos observar que o mês de Junho apresentou os valores médios mais elevados de oxigênio dissolvido na água em S1, S2 e S3, de respetivamente  $6,87 \pm 1,13$ ;  $6,95 \pm 1,15$  e  $6,79 \pm 1,25$  mg/L. O mês de Agosto apresentou, uma ligeira diminuição dos valores de oxigênio, comparativamente ao mês de Julho, atingindo este mês os valores mais baixos de oxigênio nos tanques durante todo o ensaio. O valor médio de oxigênio dissolvido na água mostrou-se sempre mais baixo no período da manhã relativamente ao período da tarde, exceto o mês de Agosto onde os valores foram bastante semelhantes.

## 6.1. Peixes

### -Biometria

No que se refere ao peso médio das corvinas, os valores obtidos ao longo de 145 dias de cultivo encontram-se representados na tabela 6. Os valores não foram significativamente diferentes para os vários tipos de sistemas, principalmente para S1 e S2, no entanto foi o S2 que apresentou valores mais altos para este parâmetro, especificamente no TT-14 com valores médios de  $375,6 \pm 80,4$  g e S3 os valores mais baixos, no TT-15 com  $307,9 \pm 71,1$  g. Os tanques do S1 foram os que apresentaram valores de peso médio mais homogêneos entre tanques, diferindo apenas em 7,0 g. Os peixes mostraram um crescimento contínuo com Ganhos Médios Diários (GMD) - quociente entre o ganho de peso e o número de dias do ensaio - muito semelhantes. Todos os valores correspondentes à biometria das corvinas nos três sistemas podem ser observados na tabela 6.

**Tabela 6.** Dados médios biométricos das Corvinas (*Argyrosomus regius*) após 145 dias de cultivo. (Pm – Peso médio; GMD – Ganho Médio Diário; IC – Índice de Condição; BI n – Nova biomassa)

	Pm (g)	GMD (g/dia)	Comprimento (cm)	IC	BI n (média/peixe) (g)
<b>S1</b>	$365,0 \pm 89,8$	1,11	$32,4 \pm 3,1$	1,40	160,5
<b>S2</b>	$366,5 \pm 83,3$	1,12	$32,9 \pm 3,9$	1,01	162,0
<b>S3</b>	$343,4 \pm 85,6$	0,81	$31,3 \pm 3,1$	1,03	117,2

Onde:

$$\text{Índice de Condição - IC} = [\text{Pm} / (\text{Comprimento})^3] \times 100;$$

Relativamente ao peso dos sargos, utilizando a reta de regressão (*Equação 1*), foi estimado um peso de 101,89 g para 582 dias de idade.

### - Taxa de Conversão Alimentar

A quantidade de ração (kg) fornecida mensalmente em cada tanque encontra-se representada na tabela 7:

**Tabela 7.** Quantidade de ração (kg) fornecida a cada tanque durante os 5 meses de ensaio.

	<b>S1</b>		<b>S2</b>		<b>S3</b>	
	TT- 11	TT - 16	TT - 12	TT - 14	TT - 13	TT -15
Abril	4	4	4	4	4	4
Maio	25	25	50	75	50	50
Junho	187	187	187	187	187	187
Julho	125	150	150	150	150	75
Agosto	225	225	225	225	225	225
<b>Total (kg)</b>	<b>566</b>	<b>591</b>	<b>616</b>	<b>641</b>	<b>616</b>	<b>541</b>
<b>TOTAL (kg)</b>	<b>1157</b>		<b>1257</b>		<b>1157</b>	

Relativamente aos dados da tabela 7, podemos observar que no S1 e no S3 a quantidade de alimento fornecido foi exatamente a mesma, mas S1 obteve melhores resultados de peso médio, comparativamente, a S3. No S2, a quantidade de ração fornecida foi superior, respetivamente, 100 kg a mais do que nos outros sistemas.

Os valores correspondentes a TCA e EA das corvinas e sargos, em cada sistema, encontram-se representados na tabela 8.

**Tabela 8.** Nova biomassa de peixe (BI n), Taxa de Conversão Alimentar (TCA) e Eficiência Alimentar (EA) de Corvinas (*Argyrosomus regius*) (1) e Sargos (*Diplodus Sargus*) (2) em S1, S2, S3.

(1)

	Corvinas ( <i>Argyrosomus regius</i> )		
	S1	S2	S3
BI n de peixe (kg)	240,81	242,94	175,83
QI (kg)	424,5	461	425
TCA (kg ração/kg de peso ganho)	1,76	1,90	2,42
EA (%)	57,0	53,0	41,0

(2)

	Sargos ( <i>Diplodus Sargus</i> )		
	S1	S2	S3
Nova biomassa de peixe (kg)	45,35	45,35	45,35
QI (kg)	155	169	162
TCA (kg ração/kg de peso ganho)	3,42	3,73	3,57
EA (%)	29,0	27,0	29,0

Observando os valores da tabela 8 verifica-se que o S1 possuiu um valor da TCA relativamente mais baixa do que S2 e S3, para sargos e corvinas, ou seja, a quantidade de alimento necessário para que os peixes aumentassem 1kg de peso foi menor do que nos outros sistemas. Esse valor para os tanques de S1 foi igual a 1,76 em ambos, logo a sua EA foi melhor do que em S2 e S3. No caso de S1, relativamente à EA, os peixes converteram a ração consumida em peso vivo com uma eficiência de 57%, comparativamente aos outros sistemas, estes peixes utilizaram melhor cada quilo de ração consumida. O S3 foi o que apresentou a TCA mais alta de todos os tanques com TT-15 de 2,56 e para TT-13 um valor de 2,30. Embora, o S2 tenha consumido mais 100 kg de ração a diferença de peso entre sistemas não foi significativa, onde S2 obteve apenas 1,5 g a mais do que S1. Na primeira amostragem (89 dias de cultivo) todos os sistemas apresentam boas TCA de 1,03 para S1, 1,15 para S2 e 1,20 para S3, onde S1 atinge uma eficiência de 97%. Contudo, os resultados da segunda amostragem, com mais 56 dias de cultivo, levaram a um aumento da TCA pelo grande consumo de ração e pouco crescimento dos peixes.

Relativamente aos sargos, utilizando a reta de regressão (*Equação 1*) e estimando o peso de 101,89 g para 582 dias de idade, foi possível calcular a nova biomassa de sargos e assim estimar a sua TCA. Os valores da TCA em sargos foram significativamente superiores ao das corvinas, no entanto teremos que considerar que são valores estimados baseados em outros trabalhos onde foi analisado o seu crescimento.

Considerando no ensaio que as tainhas não comem ração, aproveitando simplesmente os detritos orgânicos presentes nos tanques, como resultado da observação diária foi possível verificar cardumes de tainhas a alimentarem-se das algas acumuladas ao longo do ensaio nas margens dos tanques, bem como dos detritos suspensos na água derivados da produção.

#### - Taxa de Crescimento Especifico

A TCE para as corvinas em 145 dias de cultivo no S1 e S2 foi de 0,40%/dia, e para S3 de 0,31%/dia. No caso dos sargos este parâmetro foi de 0,47%. A taxa de crescimento na primeira amostragem (5 de Julho) aos 89 dias de cultivo foi de 0,44% para S1, 0,46% para S2 e 0,42% em S3, superior em relação à segunda amostragem (30 de Agosto) com 145 dias de cultivo com valores de 0,33%, 0,31% e 0,14% respetivamente para S1, S2 e S3. Podemos observar que houve uma diminuição, em todos os sistemas, da TCE da primeira amostragem para a segunda.

### - Produtividade

A produção total média de corvinas em cada sistema não foi significativamente diferente para os três sistemas. O S2 teve a maior produção total média de quilos de peixes, precisamente de 549,8 kg, que não difere muito de S1 que produziu em média 547,5 kg. O S3 foi o que obteve menores produtividades, diferindo em 34,7 kg em relação a S2.

As corvinas obtiveram no S1 e S2 uma produtividade de 0,73 kg/m<sup>3</sup>, enquanto S3 obteve uma produtividade de 0,64 kg/m<sup>3</sup>.

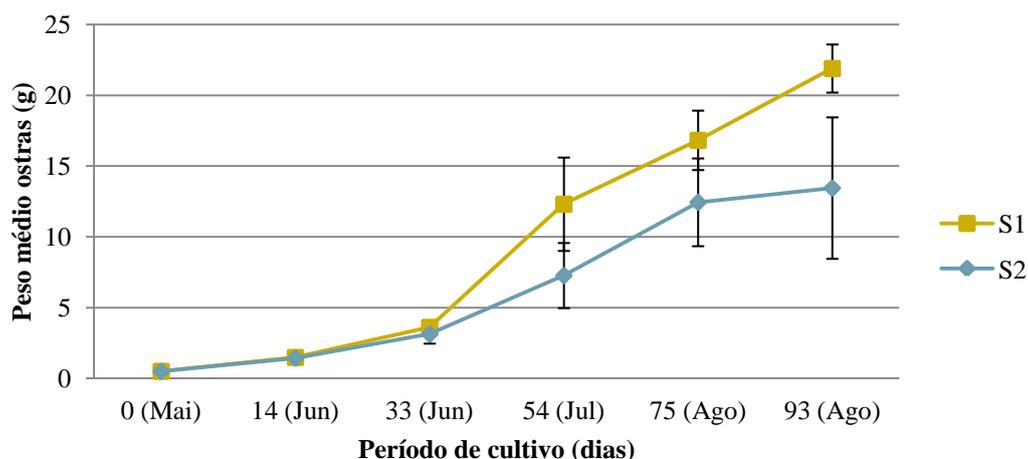
## **6.2. Ostras**

### - Peso

No que se refere ao peso das ostras, os valores obtidos ao longo de 93 dias em análise, originaram médias mensais que se encontram representados no Gráfico 4.

Para este parâmetro, como podemos observar no Gráfico 4, o aumento do peso médio das ostras no S1 foi no geral superior ao de S2. Fazendo a diferença entre o peso médio final e inicial, podemos verificar que as ostras do TT-16 apresentaram o maior aumento de peso de 21,54 g, enquanto o TT-12 apresentou o menor aumento de peso de 8,4 g. O aumento de peso das ostras nos diferentes tipos de sistemas, ao longo do tempo, foi significativo. Verificou-se que o peso das ostras do S1 foi diferente em todas as amostragens feitas, havendo um maior aumento de peso comparativamente ao S2, não havendo diferenças significativas dos dois tanques respectivos ao S1. Relativamente aos valores observados nos resultados do S2, houve diferenças significativas entre os dois tanques, onde o TT-14 mostrou-se muito mais semelhante aos tanques do S1, do que do TT-12, embora apresente valores relativamente mais baixos do que o S1. O aumento de peso nos dois tratamentos foi progressivo ao longo dos dias, mas com maior relevância no S1, como podemos observar no Gráfico 4.

## Peso médio das ostras



**Gráfico 5.** Evolução do peso médio (g) das ostras (*Crassostrea gigas*) no S1 e S2 durante 93 dias de cultivo.

A tabela 9 apresenta os dados referentes aos parâmetros mais importantes a serem avaliados no crescimento da *C. gigas*, de cada sistema nos dias de amostragem. Os valores de oxigênio dissolvido e salinidade não variaram significativamente durante o ensaio, tendo o oxigênio uma certa tendência para diminuir e a salinidade uma certa tendência para aumentar. A água dos tanques sofreu um aumento da temperatura de 4,5°C desde o mês de Maio até ao mês de Agosto, em ambos os sistemas. Relativamente aos valores de turbidez (FNU) desde Maio que se verificou um aumento da turbidez da água, com uma diminuição nos dois sistemas no mês de Julho para S1 e no mês de Junho para S2. A partir da quebra dos valores de turbidez os sistemas recuperaram, alcançando valores iguais e superiores a 23 FNU.

**Tabela 9.** Peso médio (Pm) e Taxa de Crescimento Específico (TCE) das ostras (*Crassostrea gigas*) e valores de temperatura (Temp.), turbidez (FNU), oxigênio dissolvido(O<sub>2</sub>) e salinidade (Sal.) nos tanques correspondentes ao sistema (1) e (2).

(1)

Dias	Pm (g)	TCE (%)	Temp. (°C)	FNU	O <sub>2</sub> (mg/L)	Sal. (psu)
0 (Mai)	0,5	0,0	23,71	9,05	6,91	34,82
14 (Jun)	1,48	7,62	23,99	13,2	6,75	35,65
33 (Jun)	3,605	4,79	24,52	18,25	6,86	36,03
54 (Jul)	12,31	4,79	26,21	17,7	6,42	36,02
75 (Ago)	16,83	1,54	27,9	22,05	6,98	36,36
93 (Ago)	21,9	1,46	28,04	23,0	6,06	36,65

(2)

<b>Dias</b>	<b>Pm (g)</b>	<b>TCE (%)</b>	<b>Tm (°C)</b>	<b>FNU</b>	<b>O2 (mg/L)</b>	<b>Sal. (psu)</b>
<b>0 (Mai)</b>	0,5	0,0	23,65	10,5	6,83	34,82
<b>14 (Jun)</b>	1,43	7,49	23,86	13,6	6,61	35,61
<b>33 (Jun)</b>	3,13	4,06	24,67	12,0	7,02	36,04
<b>54 (Jul)</b>	7,27	4,015	26,22	14,3	6,47	36,02
<b>75 (Ago)</b>	12,45	2,125	27,71	15,8	5,73	36,24
<b>93 (Ago)</b>	13,45	0,685	28,01	24,3	5,85	36,57

#### -Taxa de crescimento específica (TCE)

No que se refere ao crescimento diário das ostras, utilizando a fórmula da TCE, observou-se um crescimento muito elevado nos primeiros 15 dias após a sua introdução nos tanques, bem como um decréscimo progressivo da TCE até ao final do ensaio. O TT-16 atingiu a maior TCE na ordem dos 9,08 % nos primeiros 14 dias de cultivo, enquanto a mínima foi atingida pelo TT- 11 apresentado um valor de 6,15%. Para este parâmetro, no geral, o TT-16 e TT-11 mostraram-se relativamente superiores comparativamente a TT-12 e TT-14, com exceção para a TCE correspondente a 75 dias de cultivo, onde TT-14 foi superior aos restantes tanques. No geral o TT-11 apresentou valores muito mais constantes durante o ensaio, até aos 54 dias de cultivo com TCE na ordem dos 5,68 %. As duas últimas amostragens apresentaram valores baixos onde TT-11 teve uma TCE de 1,54 % e TT-14 de 0,03%. As ostras no geral tiveram uma TCE maior no S1, comparativamente ao S2, com exceção para os 75 dias de cultivo, onde o S2 supera o S1 (Tabela 9). Em 93 dias de cultivo a TCE para S1 foi de 4,06%/dia e para S2 de 3,54%/dia

#### - Sobrevivência

Os valores de sobrevivência são apenas valores estimados, obtidos na quarta amostragem feita às ostras, através da seguinte fórmula:

$$\text{Sobrev (\%)} = (\text{Pt vivas (kg)} / \text{Pm individual (kg)} \times \text{n}^\circ \text{ ind. introduzidos}) * 100$$

Onde:

Pt vivas – Peso total das ostras vivas

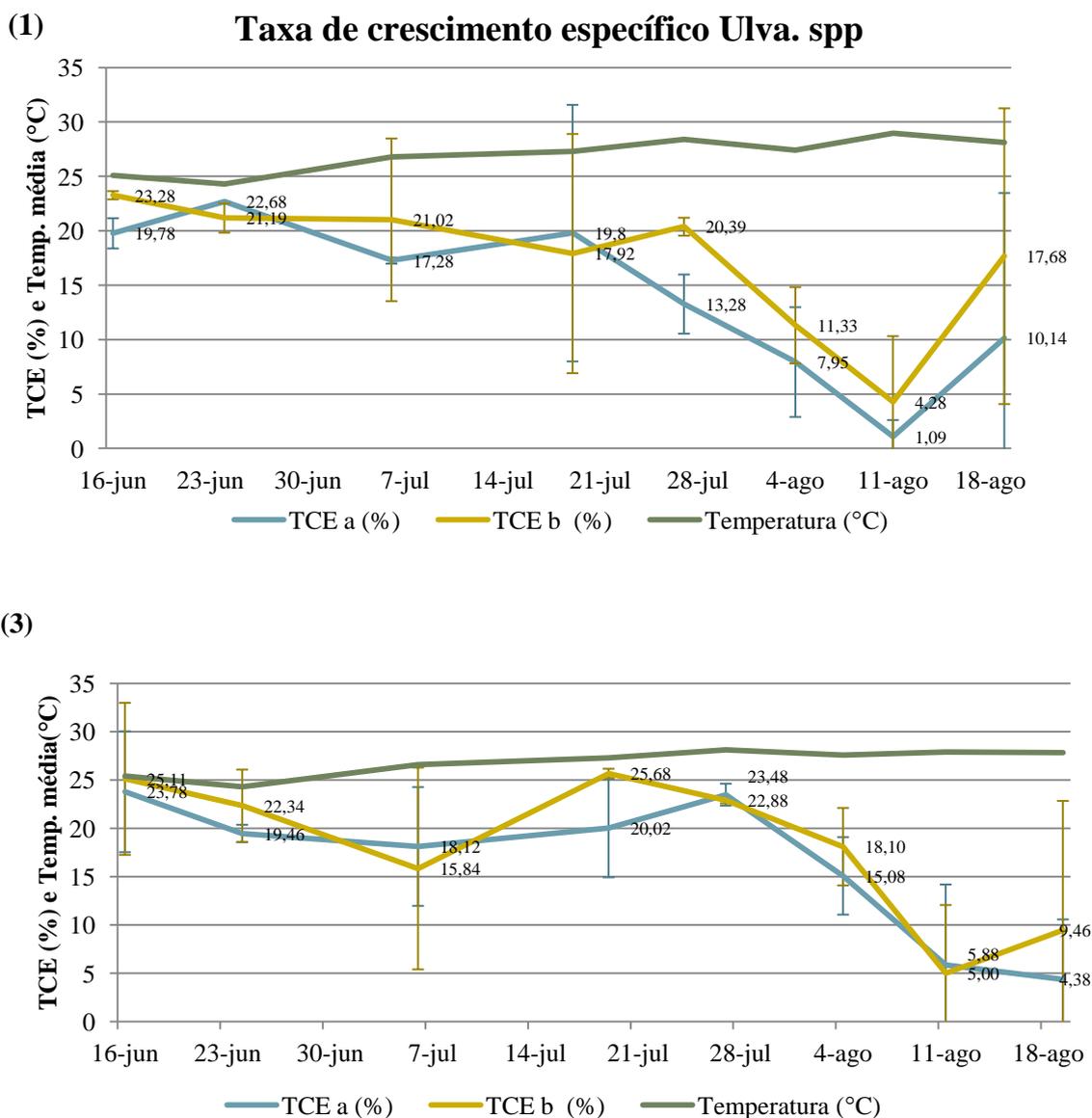
Pm individual – Peso médio individual das ostras

Nº ind. introduzidos – número de indivíduos introduzidos

No S1, TT-11 e TT-16, observou-se respectivamente sobrevivências de 22,79% e 19,38%, enquanto no S2, TT-12 e TT-14 apresentaram taxas de 15,80% e 14,67 %, respectivamente.

### 6.3. Algas

No que se refere às taxas de crescimento de alta e baixa densidade das algas nos sistemas 1 e 3, os valores obtidos ao longo de 8 semanas em análise, originaram médias semanais que se encontram representadas no Gráfico 5.



**Gráfico 6.** Taxa de crescimento específico da *Ulva spp.* em altas densidades (TCE a) e em baixas densidades (TCE b) ao longo de várias semanas, temperatura (°C) e quantidade (kg) produzida no sistema (1) e (3), entre os meses de Junho e Agosto.

A TCE das algas foi superior no S3, comparativamente ao S1. Em ambos a TCE (a) foi mais baixa que TCE (b) e apresentaram um decréscimo bastante acentuado na quinta semana de remoção correspondente ao dia 27 de Julho onde a temperatura no sistema 1 e 3 foi, respetivamente, de 28,40 e 28,10 °C. Teremos que considerar que nas duas primeiras semanas do ensaio colocou-se quantidades diferentes, 135 g e 270 g, respetivamente, para a primeira semana e para a segunda, relativamente às restantes seis semanas seguintes onde se colocou 225 g em cada tanque. A maior colheita de algas ocorreu na primeira semana do ensaio, 16 de Junho, onde se obteve 1,8 kg de *Ulva* no S1 e 2,65 kg no S3, com uma introdução inicial em ambos de 135 g, onde a temperatura em média rondava os 25 °C. Na recolha de 11 de Agosto no TT-11 as algas, por motivos desconhecidos, não cresceram e ao longo da semana foram desaparecendo, considerando a TCE de 0,0%. Na mesma semana, o TT-16 atingiu uma das TCE mais baixas, tanto em alta densidade como em baixa. Relativamente ao S3, no TT-13, por motivos novamente desconhecidos, não houve qualquer tipo de produção de algas nas recolhas de 11 e de 19 de Agosto, tendo-se assumido uma TCE de 0,0%. De todos os tanques do ensaio, foi o TT-15 que apresentou os resultados mais constantes, mas foi o TT-13, independentemente, de não se verificarem resultados positivos nas duas últimas semanas do ensaio, que obteve uma maior quantidade de remoção de algas.

Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 10. Em termos de nova biomassa foi o S3 que obteve os melhores resultados onde foi possível retirar um total de 13,75 kg, que comparativamente ao S1, não difere significativamente em termos de quantidade, onde atingiu um total de remoção de 13,03 kg.

**Tabela 10.** Quantidade de *Ulva spp.* produzida (kg) semanalmente de cada tanque do sistema 1 e 3, durante os meses de Junho e Agosto.

Data	Remoção de algas (g)			
	S1		S3	
	TT-11	TT-16	TT-13	TT-15
16-jun	1738	1955	3768	1298
24-jun	634	666	533	505
6-jul	737	990	544	891
19-jul	1547	533	1038	1152
27-jul	774	664	1257	902
04-ago	547	353	757	489
11-ago	157	314	0	270
19-ago	1100	318	0	348
<b>TOTAL (kg)</b>	7,23	5,79	7,9	5,86
<b>Nova Biomassa (BI n) (kg)</b>	5,32	4,04	6,14	4,10
<b>TOTAL BI n por Sistema (kg)</b>	<b>9,36</b>		<b>10,24</b>	

## 7. Análise de viabilidade

---

Este ponto da dissertação tem como objetivo fazer uma extrapolação do ensaio aqui apresentado em termos produtivos para 1 hectare de produção. A viabilidade desta extrapolação irá utilizar os resultados deste trabalho, bem como os resultados obtidos com base na informação científica recolhida em trabalhos anteriores feitos na EPPO-IPMA, de modo a averiguar a sua rentabilidade. Iremos utilizar os dados do S1 (peixes, ostras e macroalgas) visto ser um sistema completo de IMTA que utiliza as cinco espécies em estudo e onde se obteve no geral os melhores resultados. O objetivo será potencializar a reciclagem de nutrientes dentro do sistema de modo a maximizar o crescimento das espécies tendo em conta os custos de ração, água e eletricidade usadas e o investimento nos organismos, infraestruturas e equipamentos utilizados.

### 7.1. Dados a considerar na extrapolação

Iremos utilizar como referência uma extrapolação para 1 hectare de produção onde dispomos de todas as infraestruturas necessárias (terreno, tanques de terra, arejadores, alimentadores, veículos, material de pesca e proteção pessoal) para levar a cabo esta análise. Considerar-se-á cargas de cultivo  $< 2,5 \text{ kg/m}^3$  para as várias espécies sem recorrer à grande necessidade de arejamento artificial no tanque, permitindo também um melhor controlo da qualidade da água. Os peixes já contam com 145 dias de engorda em tanques de terra, enquanto as ostras contam com 93 dias. O nosso objetivo é fazer com que as corvinas, sargos e tainhas terminem o ciclo produtivo com mais 10 meses de engorda, perfazendo um total de 15 meses de engorda, com um peso médio de 1000 g, 220 g e 750 g, respetivamente. No caso das ostras a engorda irá durar 12 meses, ou seja, iremos considerar mais 259 dias de cultivo com o objetivo de atingir o peso médio comercial de 85 g. A *Ulva* irá ser produzida em 20 compartimentos (3,0 x 2,0 m) semelhantes aos utilizados neste trabalho, com uma área total de  $120 \text{ m}^2$  e recolhida sempre que se atinja a densidade de  $1 \text{ kg/m}^2$ . As densidades e a produção final prevista podem ser observadas na tabela 11:

**Tabela 11.** Densidade final e produção total (kg) correspondente ao ciclo produtivo das cinco espécies no sistema IMTA extrapolado para 1ha.

Área ( $\text{m}^2$ )	Volume ( $\text{m}^3$ )	Densidade final ( $\text{kg/m}^3$ )				Densidade final ( $\text{kg/m}^2$ )
		Corvinas	Sargos	Tainhas	Ostras	Algas
10 000	15 000	1,0	0,22	0,75	0,6	42,36

Kg produzidos					Produção total (kg)
Corvinas	Sargos	Tainhas	Ostras	Algas	
15 000	3 300	11 250	10 500	5083	45 133

## 7.2. Produtividade Esperada

Segundo a tabela de racionamento para corvinas (em ANEXO), podemos calcular a ração consumida nos próximos meses de cultivo sabendo a temperatura da água e o peso médio do peixe. Como podemos observar na tabela 12 as corvinas até Junho atingem um peso médio de 1,0 kg consumindo 10 549,5 kg de ração, correspondendo a uma nova biomassa de 11 932,5 kg no tanque e a uma taxa de conversão alimentar de 0,88.

**Tabela 12.** Crescimento previsto para 15 meses de 15 000 kg de Corvinas (*Argyrosomus regius*) segundo os dados obtidos no ensaio (amarelo) e na EPPO-IPMA e tabela de racionamento de corvinas.

Crescimento Previsto para 22 meses (15 000 kg CORVINAS)						
Meses	Temperatura (°C)	Dias de cultivo	Peso médio (g)	TCE* (%)	QI ** (kg/dia)	QI (kg/mês)
Abril	21,11	0	204,5	-	1,36	30
Maio	21,82	53	-	-	5,8	180
Junho	24,97	83	-	-	45,7	1370
Julho	27,79	114	303,2	0,44	29,35	910
Agosto	27,67	145	365	0,33	53,22	1650
Setembro	26,8	175	-	-	31,15	934,5
Outubro	21,2	205	578	0,77	24	744
Novembro	17,7	235	-	-	15	450
Dezembro	15,7	266	-	-	13,5	418,5
Janeiro	14,9	297	690	0,19	12	372
Fevereiro	15,1	325	-	-	12	336
Março	20,1	356	750	0,25	22,5	697,5
Abril	21	386	-	-	24	720
Maio	24	417	900	0,36	27	837
Junho	26	447	1000	0,35	30	900
<b>Total</b>			<b>15 000</b>			<b>10 549,5</b>

\*TCE – Taxa de Crescimento Especifico

\*\* QI – Quantidade Ingerida

O peso médio dos sargos foi calculado, como anteriormente, segundo a recta de crescimento -  $Y=0.2213X - 26.898$  – onde X – idade dos peixes (dias) e Y – peso estimado (g). Os sargos após 885 dias de idade apresentam um peso médio de 223 g. O consumo de ração para estes animais, segundo os resultados apresentados no trabalho será de 2 000 kg para todo o ciclo produtivo.

Vamos assumir que a tainha tem GMD (Ganhos Médios Diários) em policultivo de 0,78 g/dia (Shpigel, et al., 2016). As tainhas tinham um peso médio de 117 g quando foram introduzidas no tanque. Esta espécie detritívora tem como função melhorar, ao longo destes meses, a qualidade da água no tanque que por conseguinte melhorará as condições do tanque favorecendo o crescimento das outras espécies em produção, sem causar qualquer tipo de prejuízo. A tabela 13 indica o seu peso médio previsto no final do cultivo.

**Tabela 13.** Peso médio final previsto para as tainhas para 814 dias de cultivo. (Pm – Peso médio; GMD – Ganho Médio Diário)

	Pm inicial (g)	Pm previsto final (g)	GMD (g/dia)	Dias de cultivo
Tainhas	117	752	0,78	814

A produção de tainha no tanque representa uma mais valia visto ser uma espécie com baixos custos de produção. A ração fornecida tem como objetivo alimentar os sargos e corvinas, no entanto sabemos que uma boa parte desse alimento (entre 1 a 10 % do total fornecido) poderá ser desperdiçada para o sedimento. Temos em conta que o dinheiro gasto em ração e que eventualmente representaria uma perda de investimento na alimentação converte-se em novo produto com intuito de alimentar a tainhas, logo o custo de produção da tainha torna-se muito próximo de zero e obtemos uma nova receita na exploração com a venda de tainha. No final do cultivo iremos obter, a custos mínimos, 11 250 kg de tainha.

Relativamente à produção das ostras, podemos observar na tabela 14 o peso médio previsto para 12 meses de cultivo, onde a *C. gigas* já possui em Abril-Março, do próximo ano, um peso comercial de venda de aproximadamente 85,0 g, atingindo os nossos objetivos antes do tempo proposto.

**Tabela 14.** Previsão do crescimento da *Crassostrea. gigas* para 12 meses de cultivo em sistema multi-trófico integrado

2016/2017	T Média mensal (°C)	Peso médias ostras (g)	Período (dias)	TCE (%)
Maio	21,8	0,5	-	-
Junho	25,0	3,6	43	4,59
Julho	27,8	12,31	74	1,66
Agosto	27,7	21,9	104	0,55
Setembro	26,8	40,5	135	0,46
Outubro	21,2	53,4	166	0,17
Novembro	17,7	60,2	197	0,06
Dezembro	15,7	65,3	228	0,04
Janeiro	14,9	69,9	259	0,03
Fevereiro	15,1	73,3	290	0,02
Março	20,1	78,7	321	0,02
Abril	21,7	84,1	352	0,02
Maio	22	89,5	383	0,02

No que diz respeito às algas, em cada estrutura (6 m<sup>2</sup>) foram colocados 180 g (30g/m<sup>2</sup>) de *Ulva* logo em 120 m<sup>2</sup> num tanque de 1 hectare serão introduzidos 3,6 kg de alga fresca sempre que se inicie nova produção. Sabendo as taxas de crescimento específico previstas para a *Ulva* com base na bibliografia e nos dados obtidos no ensaio na EPPO foi possível calcular a quantidade de alga que podia ser removida, mês após mês, em 120 m<sup>2</sup> de produção (Tabela 15). A *Ulva* será vendida em seco (15% do valor total da *Ulva* fresca) em embalagens de 30,0 g.

**Tabela 15.** Quantidade de *Ulva* removida em 120 m<sup>2</sup> de produção ao longo dos meses segundo as TCE (Taxas de Crescimento Específico) deste ensaio (amarelo) e valores da EPPO-IPMA.

Meses	Dias de cultivo	Introdução (kg)	Remoção <i>Ulva</i> fresca (kg)	TCE (%)	<i>Ulva</i> seca (kg)
Junho	30	3,6	797	18	120
Julho	31	3,6	1774	20	266
Agosto	31	3,6	23	6	3
Setembro	30	3,6	590	17	89
Outubro	31	3,6	377	15	56
Novembro	30	3,6	72	10	11
Dezembro	31	3,6	54	7	8
Janeiro	31	3,6	17	5	3
Fevereiro	28	3,6	15	5	2
Março	31	3,6	59	9	9
Abril	30	3,6	132	12	20
Maio	31	3,6	377	15	56
Junho	30	3,6	797	18	120
<b>Total</b>	-	-	<b>5083</b>	-	<b>762</b>

### 7.3. Custos e Receitas da Produção

A tabela seguinte mostra os preços previstos para os vários fatores de custos ao longo dos 15 meses de produção.

**Tabela 16.** Custos inerentes à produção para 1 hectare.

<b>Custos</b>	<b>Preço</b>	<b>Unidades</b>	<b>Total (€)</b>
Juvenis corvinas	1,5 €/unid	15 760 juv	23 640
Juvenis sargos	0,7 €/unid	3 340 juv	23 38
Juvenis tainhas	0,3 €/unid	11 820 juv	3546
Juvenis ostras	0,012 €/unid	13 600 juv	163,2
Estruturas algas	3 €/m <sup>2</sup>	120 m <sup>2</sup>	360
Estruturas ostras	3,5 €/m <sup>2</sup>	156 m <sup>2</sup>	546
Ração	0,80 €/kg	12 549,5 kg	10 040
Eletricidade	30€/mês/ha	15 meses	450
Mão-de-obra tempo inteiro	750€/mês	1 trab	11 250
Embalagens	0,1 € /kg/peixe	29 550 kg	2 955
Embalagens algas	0,12 €/ unid	1 524 und	183
Gelo	0,12 kg/ kg de peixe	29 550 kg	3546
Reparações e manutenção	15 €/mês	Variável com o problema	-
Despesas administrativas (Combustível, telefone e internet, secretariado, documentação, marketing)	900 €/mês	15 meses	13 500
Segurança social	158 €/mês	15 meses	2370

Na compra de juvenis, contabilizamos a possíveis perdas por mortalidade. A receita esperada pela venda de cada produto e o seu respetivo preço de venda estão indicados na tabela 17.

**Tabela 17.** Receita esperada para 1 ha de produção

<b>Produto</b>	<b>Preço (€/kg)</b>	<b>Volume de produção (kg)</b>	<b>Total (€)</b>
Corvinas	6,0	15 000	90 000
Sargos	5,5	3 300	18 150
Tainhas	2,0	11 250	22 500
Ostras	5,0	10 500	52 500
Algas	80,0	762	60 960
<b>Total</b>	-	<b>40 812</b>	244 110

### 7.4. Balanço Financeiro

Os dados das tabelas 16 e 17 permitiram fazer o balanço financeiro (tabela 18) deste tipo de produção. Como podemos observar este balanço foi calculado segundo os custos e receitas de 15 meses de produção perfazendo um total de 179 423 euros de receita para a

empresa, indicando, com esta análise, que o sistema multi-trófico integrado é viável economicamente.

**Tabela 18.** Resumo do balanço financeiro da análise de viabilidade

	<b>Produção (€)</b>
Total Custos	64 687
Total Receitas	244 110
<b>Balanço Financeiro</b>	<b>179 423</b>

## 8. Discussão

---

O ensaio teve como objetivo avaliar três sistemas de cultura integrada e comparar os seus resultados, analisando vários parâmetros de crescimento referentes às cinco espécies em cultivo. É de salientar que estes dados são referentes a um ensaio com início em Abril e com finalização prevista para o final do mês de Novembro, portanto todos os resultados apresentados neste trabalho são correspondem a 5 meses de ensaio (Abril a Agosto), considerando-os intermédios e alguns com base numa estimativa. Relativamente aos peixes, só foi possível retirar dados para análise das corvinas. Como foi mencionado anteriormente o cálculo de alguns parâmetros dos sargos (valores estimados) foram necessários para uma melhor estimativa de alguns valores referentes às corvinas, principalmente da taxa de conversão alimentar. No ensaio a água que vem diretamente da Ria Formosa e que é fornecida aos tanques pelo canal de distribuição sofre apenas uma filtração de resíduos maiores, logo todas as espécies possuem condições ambientais favoráveis para que ocorra naturalmente a produção primária dentro do tanque.

### Peixes

Os peixes produzidos em cultura integrada com ostras e algas, S1, apresentaram em geral melhores taxas de conversão alimentar e de crescimento específico do que os peixes cultivados nos outros sistemas.

Nos trabalhos de Nathanailides e Anastasiou (2015), com monocultura de corvinas em tanques de terra verificou-se taxas de conversão alimentar de 1,08 relativamente mais baixas do que as obtidas neste ensaio de, respectivamente 1,76; 1,90 e 2,42 para S1, S2 e S3. Na EPPO-IPMA (Ferreira, H. *com. pess.*), foram feitos vários trabalhos de policultura de corvina com outras espécies de peixes em tanques de terra onde as taxas de conversão alimentar variaram entre 1,59 a 1,86. Uma das grandes dificuldades da produção em policultura em tanques de terra, e se ressentiu neste ensaio, foi calcular a quantidade de alimento ingerida por cada espécie de peixe produzida, sabendo ainda que uma percentagem desse alimento é desperdiçada nos tanques, por esse motivo os valores referentes às taxas de conversão alimentar podem variar significativamente.

A taxa de conversão alimentar em vários trabalhos (Martínez-Llorens et al., 2011; Chatzifotis et al., 2010; Peixoto et al., 2016) foi relativamente mais baixa para corvinas comparativamente aos valores deste ensaio, todavia as condições de cultivo não foram as mesmas. Sabemos, segundo Martinez-Llorens et al. (2011) que a corvina é uma espécie que suporta grandes variações de temperatura, mas a sua temperatura ótima de crescimento encontra-se no intervalo de 17-21°C, sendo recomendado uma concentração mínima de oxigénio dissolvido na água de aproximadamente 5,0 mg/L. A temperatura dos tanques esteve,

com exceção do mês de Abril, sempre acima do valor ótimo de crescimento da corvina e o oxigénio, ao longo do ensaio, esteve sempre acima dos 5,0 mg/L. No entanto, estes parâmetros nos sistemas não foram significativamente diferentes, concluindo que a temperatura e o oxigénio não poderiam justificar a diferença apresentada nas taxas de conversão alimentar dos sistemas.

Para uma melhor compreensão relativamente aos valores da taxa de conversão alimentar iremos agora analisar os valores da taxa de crescimento específico. As taxas de crescimento específico para 145 dias de cultivo foram 0,40% para S1 e S2 e 0,31% para S3. Comparativamente aos trabalhos realizados na EPPO-IPMA em policultura de *A. regius* com *S. aurata* em tanques de terra, corvinas com 515 dias de idade com um peso médio de 429 g tiveram uma taxa média de crescimento de 0,37%/dia, semelhante aos valores obtidos neste ensaio (Ferreira, H. *com. pess.*). As taxas de crescimento no geral apresentaram valores baixos relativamente aos esperados, onde se previa valores mais elevados com a entrada dos meses quentes do ano. Contudo, houve diferenças nos tanques e as respostas podem estar relacionadas com as outras espécies envolvidas em cada sistema, pois todos os sistemas possuíam a mesma densidade de peixes, a mesma alimentação e valores de temperatura e oxigénio semelhantes.

Os resultados dos trabalhos de Peixoto et al. 2016 mostraram que corvinas alimentadas com diferentes percentagens de algas (10-15%) na composição da ração obtiveram aumentos de peso semelhantes comparativamente àquelas onde não era incluída essa percentagem na ração, sem comprometer as taxas de crescimento. De facto, estes dados vão ao encontro com os nossos resultados onde S2, que obteve valores de peso médio de corvinas muito semelhantes a S1, apresentou uma taxa de conversão alimentar maior que S1 para a mesma taxa de crescimento. Na tabela 7 podemos observar que foi fornecido mais 100 kg de ração no S2 em relação aos outros sistemas, no entanto foi S1 que apresentou melhores taxas de conversão alimentar e pesos médios de corvinas praticamente idênticos comparativamente a S2, fazendo parecer que as corvinas tiram partido da presença das algas nos tanques para a sua alimentação como alimento natural. Podemos dizer que estes resultados permitem utilizar uma menor percentagem de proteína animal na composição das rações para peixes substituindo parcialmente por pequenas percentagens de algas, constituindo deste modo uma alimentação muito mais natural para o peixe.

Nos trabalhos de Martinez-Llorens et al. (2011) corvinas de 94 g, produzidas em tanques de 73 m<sup>3</sup>, foram sujeitas a diferentes dietas com diferentes níveis de proteína, durante 173 dias, os valores da taxa de crescimento específico obtidos para 410 g/kg de proteína bruta em cinco meses foram de 0,57% ao dia. Comparativamente aos nossos valores, a taxa de crescimento específico para os peixes com uma dieta à base de 408 g/kg de proteína bruta em 145 dias foi de 0,40% ao dia para S1 e S2 e 0,31% para S3. As condições de cultivo não foram

as mesmas nestes dois trabalhos (peso médio inicial, dias de cultivo e sistema de cultivo), no entanto, a diferença entre as taxas de crescimento é relativamente baixa, visto que este ensaio iniciou-se com corvinas de peso médio com aproximadamente de 204,5 g em tanques de terra, onde as condições de cultivo são muito mais variáveis.

Todavia, teremos que considerar que os peixes foram alvo de grande stress no mês da sua introdução nos sistemas (transferência dos tanques de maternidade para os tanques de terra) e o seu período de adaptação ao novo meio e às novas condições de cultivo foi bastante longo. Na tabela 7 podemos observar que foi fornecido apenas quatro quilos de ração no mês de Abril a cada tanque, com um aumento progressivo até ao final do ensaio, mas os primeiros meses constituíram grandes mudanças (espaço, condições climáticas, alimentação e interação com outras espécies) para estes animais, podendo justificar os valores baixos para a taxa de crescimento deste animais.

Nos trabalhos de Vargas-Chacoff et al. (2014), foram realizados estudos com a *A. regius* utilizando diferentes sistemas de cultivo de modo a comparar as diferentes taxas de crescimento, verificando-se que esta espécie cresce melhor em jaulas de mar (juvenis de 110 g crescem 217,5 g/mês) do que em tanques de terra (corvinas de 230 g crescem 42,8 g/mês). No entanto, os seus trabalhos indicaram que juvenis de 90 g em tanques de terra em 18 meses atingiram 1231,3 g (63,3 g/mês) indicando que a cultura da *A. regius* em tanques de terra apresenta boas taxas de crescimento. Relativamente aos resultados deste ensaio, os ganhos de peso mensais foram em média para S2, que deteve os melhores valores de peso médio das corvinas, de 34,7 g/mês.

Na continuação da justificação para os valores obtidos referentes ao crescimento destes animais no ensaio, podemos pressupor que todas as intervenções referentes ao manejo semanal dos tanques relativos às outras espécies em cultivo como viragem e amostragens das ostras, manejo referente à introdução e remoção de algas semanalmente e amostragens feita aos peixes com cerco de rede total ao tanque podem ter interferido de certo modo nos parâmetros de crescimento das corvinas. Quando o peixe é alvo de stress, a sua capacidade para resistir à agressão é enfraquecida, bem como todos os seus parâmetros produtivos. O stress é considerado um dos principais fatores que leva à fraca performance no cultivo de peixes (Conde, 2004), podendo justificar valores mais baixos relativamente ao desempenho das corvinas nestes cinco meses, comparativamente a outros trabalhos.

Relativamente aos sargos e tainhas nos tanques, podemos presumir por observação e por algumas pescas feitas nos tanques que o seu crescimento foi contínuo, mas esta afirmação não é suportada por dados analisados e corretamente trabalhados. No entanto, acreditamos que a sua produção não prejudicou o crescimento das corvinas. Neste tipo de sistema e visto que nunca tinha sido feito na estação a produção de tainha neste tipo de sistemas, mostrou-se um interesse

acrescido ao longo do ensaio por esta espécie, analisando o modo de como a tainha poderia contribuir para uma melhor produção nos tanques.

Sphigel et al. (2016) com base nos seus resultados da produção de douradas e tainhas em sistema integrado, obteve melhores resultados de taxas de conversão alimentar de douradas em integrado com tainhas do que em monocultivo, reduzindo a taxa de conversão alimentar de 2,41-3,06 para 1,92-2,21 das douradas, extrapolando que numa piscicultura com uma produção de mil toneladas de douradas conseguiria obter 58 toneladas de tainhas sem fornecer qualquer tipo de ração. No nosso ensaio não se constatou tal facto, pois as corvinas apresentaram valores da taxa de conversão alimentar semelhantes a estudo feitos sem produção de tainha nos tanques.

Os resultados obtidos referentes aos parâmetros de crescimento das corvinas não foram concisos entre estudos e é precisamente neste ponto que entra a investigação, para decifrar se é a genética ou o maneio que têm a solução para que a produção de corvina seja cada vez maior.

### Ostras

As ostras produzidas em cultura integrada com peixes e algas, S1, apresentaram no geral maiores pesos médios e maior sobrevivência do que as ostras cultivadas em sistema integrado com peixes e ostras, S2.

O crescimento das ostras pode ser afetado por parâmetros como a temperatura, oxigénio dissolvido, disponibilidade de alimento e salinidade característicos da zona e do período de cultura (Orban et al., 2004). A interação de todos estes parâmetros pode explicar as elevadas mortalidades que ocorrem nos períodos de verão na *C. gigas* (Gagnaire et al., 2006). A espécie em análise é filtradora e regula a quantidade de alimento adaptando o seu ritmo de filtração em função da concentração de alimento (Sarà e Mazzola, 1997).

Relativamente ao crescimento das ostras, estudos demonstraram que em sistema de policultura a *C. gigas* pode alcançar ganhos de peso de 70 a 350 mg/dia (Córdova et al., 2016). Estes dados vão de encontro ao deste estudo onde se obteve ganhos diários 239 mg/dia no S1 e 209 mg/dia no S2. A produção de biomassa aumenta consideravelmente no início de verão, devido às condições climáticas favoráveis e fitoplâncton abundante, que normalmente em meses de maior calor ocorre o seu aumento exponencial na água (Orban et al., 2004), de facto a observação deste fenómeno foi comprovada no decorrer dos meses de verão onde se efetuaram medições com sondas e disco de Secchi, para determinar a turbidez da água que ao longo dos meses se fez notar. Segundo Cardoso et al., (2013) em trabalhos com as *C. gigas* na Ria Formosa afirma que a abundância de fitoplâncton e matéria orgânica suspensa nas águas desta região podem explicar a razão pela qual se observam elevadas taxas de crescimento destes bivalves.

De facto, observou-se que as ostras de Abril até ao final do ensaio tiveram um aumento considerável, excluindo o TT-12 (S2) que apresentou pesos médios muito menores em relação aos outros tanques. Tal resultado faz aparentar que as ostras tiraram partido desta disponibilidade de alimento associada ao aumento da temperatura nos meses de verão, que como é sabido tem uma influência direta na produção de fitoplâncton (Cardoso et al., 2013)

Nos trabalhos realizados anteriormente na estação EPPO-IPMA com a *C. gigas* em sistema de policultivo com peixes, com um peso médio inicial de 0,6 g obtiveram taxas de crescimento de 5,19%/dia, em 31 dias de cultivo, valores comparativamente inferiores aos obtidos neste estudo onde se registou taxas de crescimento de 7,62 %/dia para S1 e 7,49 %/dia para S2 em apenas 14 dias de cultivo (Ferreira, H. *com. pess.*). Outro ensaio realizado na mesma estação EPPO-IPMA com as mesmas condições de cultivo registou taxas de crescimento mais baixas com ostras colocadas em Maio de 10 g de peso médio apresentando em Agosto 26,8 g de peso médio, os nossos valores foram relativamente melhores pois as ostras em Maio foram introduzidas nos tanques com 0,5 g e em Agosto apresentaram 21,9 g de peso médio (Ferreira, H. *com. pess.*).

Lefebvre et al. (2000) refere nos seus trabalhos que as ostras são capazes de filtrar a maioria das partículas derivadas dos efluentes das produções piscícolas. Em outros trabalhos de sistemas integrados com camarões, ostras e macroalgas observou-se consideráveis reduções de amónia na água ao passar por um tratamento com ostras, reduzindo a amónia em 95,6% (Rocha et al. 2009). Segundo Yu et al. (2016) nos seus trabalhos o lodo das explorações piscícolas era consideravelmente maior em relação às explorações com ostras. Estes resultados são vantajosos para os produtores visto que podem reduzir os resíduos presentes nos efluentes evitando punições legislativas dos órgãos ambientais. Do mesmo modo que, a qualidade da água nos tanques melhora produzindo possivelmente um produto de melhor qualidade.

Em todos os tanques verificou-se taxas de sobrevivências muito baixas. Tal facto poderá pressupor uma possível virulência presente nas ostras quando estas foram entregues na EPPO-IPMA, visto que em estudos anteriores na própria estação nunca se verificou sobrevivências tão baixas. No entanto, nos trabalhos de Gagnaire et al. (2006), foi demonstrado que temperaturas e salinidades muito altas induzem a mortalidade das ostras. As ostras são espécies termo conformes, podendo tolerar temperaturas de 35° C sem causar qualquer mortalidade (Gagnaire et al. 2006). A *C. gigas* pode sobreviver a salinidades dos 15 a 40 psu, mas os valores ótimos de crescimento estão entre 20-25 psu (Malham, et al., 2008). A salinidade da Ria Formosa encontra-se entre os 35,5 psu e os 36,6 psu, com a exceção dos períodos de chuva intensa, onde pode chegar aos 30 psu (Falcão et al., 1992). A tabela 6 encontra-se de acordo com estes valores para a salinidade e temperatura em ambos os tratamentos. No verão, com o aumento da temperatura da água, Gagnaire et al. (2006) sugerem que a virulência e agentes parasitários

podem aumentar, diminuindo a resistência das ostras a elevadas salinidades e temperaturas. Malham et al., 2008, sugere ainda que a maior causa da mortalidade no verão pode ser as elevadas e rápidas diferenças de temperaturas a que as ostras estão sujeitas quando são imersas na água e emersas na superfície. De facto, os sacos das ostras eram virados a meio da manhã e no dia seguinte de manhã eram novamente colocados dentro de água, este tempo de emersão dos sacos pode ter afetado as ostras visto que as temperaturas, fora de água principalmente nos meses de Julho e Agosto foram consideravelmente altas.

Nos trabalhos de Deutero et al., 2011, verificou através de uma análise da composição isotópica dos tecidos, que numa cultura de bivalves e *A. regius*, os bivalves encontravam-se enriquecidos com carbono ( $^{13}\text{C}$ ) e azoto ( $^{15}\text{N}$ ) nos tecidos comparativamente aos bivalves produzidos sem a presença de peixes. Estes resultados provam que os bivalves absorvem os resíduos derivados da aquacultura de forma eficiente, concluindo que a incorporação de diferentes estratégias alimentares (peixes e biofiltreadores) poderá garantir uma melhor qualificação ambiental nas pisciculturas. Constatou-se ainda que as algas produzidas em explorações piscícolas e em explorações de ostras tinham concentrações menores de metais pesados nos tecidos nas explorações de ostras (Yu et al., 2016). Fazendo querer que as ostras filtram esses metais melhorando as condições de cultivo para os peixes no caso dos sistemas integrados.

Nos tanques com ostras a água aparentava geralmente muito mais límpida do que nos tanques sem ostras. Sabemos, segundo Bosma e Verdejem (2011), que boa parte do oxigénio presente no tanque é utilizado para a decomposição dos detritos resultantes da produção. A inclusão de ostras e tainhas nos tanques suscitou a possibilidade de uma diminuição da quantidade de matéria orgânica presente nos tanques, melhorando do ponto de vista produtivo a qualidade da água que, conseqüentemente, produziria um melhor produto e a diminuísse os custos de eletricidade com arejadores. De facto, a água dos tanques com ostras apresentou-se menos turva comparativamente aos tanques sem ostras e o recurso a arejadores só foi mais recorrente no final do mês de Julho e Agosto quando a temperatura da água aumentou e, conseqüentemente, houve um maior fornecimento de ração nos tanques. Estes factos suportam os melhores valores obtidos por S1 e S2 para parâmetros de crescimento, comparativamente a S3, sem ostras

Visto que as ostras são produzidas em estruturas flutuantes, estando confinadas a uma certa área do tanque, filtram apenas as partículas que se encontram em suspensão à sua volta na água. No entanto teremos de considerar que a água não é estática e que ocorre o movimento de partículas por todo o tanque. O excesso de ração, principalmente perto dos alimentadores, pode criar problemas no ecossistema dos tanques. Segundo Deutero et al., (2011) nos seus trabalhos com peixes (*Argyrosomus regius*) e bivalves (*Mytilus galloprovincialis* e *Chamys varia*)

concluiu que a utilização de detritívoros nas pisciculturas parece ser interessante para reduzir a matéria orgânica no sedimento (não removida pelos biofiltradores), reduzindo o impacto sobre a fauna e a flora.

Com o aumento da competitividade entre as empresas de aquacultura torna-se essencial produzir, num menor tempo possível, uma maior variabilidade de produtos de alta qualidade e observando as ostras nestes 5 meses constata-se o seu impacto positivo na produção em policultura.

### Algas

Neste trabalho verificou-se que a *Ulva spp.* atinge valores de biomassa consideráveis para a produção de algas na Ria Formosa em cultura integrada. O S3 apresentou melhores taxas de crescimento da *Ulva* em cultivo integrado comparativamente a S1, onde ambos obtiveram melhores taxas de crescimento nos compartimentos com algas sujeitas a baixas densidades do que com altas densidades.

Vários fatores, como a luz, disponibilidade de nutrientes, temperatura da água, salinidade, densidade da biomassa e predação podem regular o crescimento das algas, as taxas de crescimento aumentam normalmente com a disponibilidade de nutrientes e temperatura, no entanto existem outros fatores, em vez da disponibilidade de nutrientes e temperatura, que tem um efeito muito negativo no crescimento das algas (Yu et al., 2016).

Segundo (Yu et al., 2016) o aumento da densidade de biomassa de algas é inversamente proporcional ao seu crescimento, e quando a biomassa excede um certo limite, as macroalgas passam de uma produção ativa para uma rápida inativação do seu crescimento resultante de um auto-sombreamento. O auto-sombreamento pode explicar o porquê das taxas de crescimento da *Ulva* em baixas densidades serem mais altas do que as taxas de crescimento dos compartimentos de altas densidades. De facto, a semana que apresentou melhores taxas de crescimento, tanto para compartimentos de altas e baixas densidades, foi a primeira semana do ensaio onde se introduziu apenas 135 g de *Ulva*, 15 g para compartimentos de baixas densidades e 30 g para compartimentos de alta densidade. Por outro lado, o S1 apresentava uma maior biomassa comparativamente a S3 enquanto S1 apresentava menor turbidez do que S3, o que sugere a igualdade de valores das taxas de crescimento de ambos os sistemas.

Comparativamente aos trabalhos de Yokoyama e Ishihi (2010) onde a taxa de crescimento específico da *Ulva rígida e reticulata* em tanques de terra com peixes apresentaram valores superiores a 13,8% e 4,0%, respetivamente, neste trabalho durante 8 semanas a taxa de crescimento específico para a *Ulva* foi em média para o S1 de 14,0% para altas densidades e 17,13% para baixas densidades e para o S3 de 16,28% para altas densidades e 18,05% para

baixas densidades. Estes resultados vão de encontro ao deste estudo, verificando-se taxas de crescimento superiores.

Segundo os resultados de Rocha et al. (2009) as macroalgas desenvolveram-se melhor quando integradas com peixes, além de promoverem uma melhor qualidade da água por absorção de azoto e fósforo. De acordo com Jones et al. (2001), a qualidade da água pode ser melhorada combinando ostras e macroalgas no mesmo tanque de terra, no entanto, se certos parâmetros, como a temperatura, o fluxo de água e a disponibilidade de luz, não forem os mais apropriados para o crescimento das macroalgas, pode haver uma maior diminuição da biomassa comparativamente àquela que é produzida. Do mesmo modo, pode resultar numa diminuição da qualidade da água que consequentemente diminuirá o crescimento das ostras.

O fitoplâncton, principalmente na época de verão, pode ser competidor com a macroalga, quando este se encontra em densidades muito elevadas pode diminuir a absorção de nutrientes pelas macroalgas e consequentemente, diminuir a sua produção (Brush e Nixon 2010). Segundo os trabalhos realizados por Brush e Nixon (2010), verificou-se que a remoção de fitoplâncton resulta num aumento da biomassa de macroalgas. Tomando estes dados em consideração, podemos deduzir que nos tanques sem ostras não existiu uma predação direcionada para o fitoplâncton. De facto, a água dos tanques do S1 aparentou durante todo o ensaio uma água mais transparente enquanto nos tanques do S3 a água encontrava-se mais turva e a *Ulva* quando removida encontrava-se com mais partículas em deposição oriundas da produção.

Intensidades luminosas muito elevadas podem provocar danos no ADN das algas, e inibir os processos fotossintéticos e enzimas relacionadas com a absorção de azoto inorgânico (Cabello-Pasini et al., 2010). Para evitar o auto-sombreamento das algas, que se vinha a notar nos tanques pelo aumento de turbidez da água, na penúltima semana de ensaio os compartimentos de rede imersos na água são colocados um pouco mais à superfície de modo a que os luminosidade solar atinge-se melhor a superfície total da *Ulva* aumentando a sua taxa de crescimento. De facto, parece que esta diminuição da distância entre a alga submersa e a superfície da água não foi eficaz, visto que não houve qualquer produção de *Ulva* nos TT-11 (S1) e TT-13 (S3) e a taxa de crescimento foi bastante reduzida em TT-15 (S3) e TT-16 (S1). Nesta penúltima semana do ensaio, correspondente à semana de 5 a 11 de Agosto, a temperatura média da água foi de 28,97 °C para o S1 e 27,90 °C para o S3. Um aumento da temperatura e uma aproximação da alga a superfície do tanque podem estar associados a uma inibição dos processos fotossintéticos da alga e um dos resultados dessa ação poderá estar associado à diminuição da taxa de crescimento da *Ulva* nos tanques.

Os trabalhos de Anibal et al. (2013) mostraram que a *Ulva*, em 1 hora de incubação, removeu 98% da amónia proveniente de tanques de corvinas, deixando a água com valores de amónia muito próximos de zero. De facto, parece que a presença de *Ulva* nos tanques será uma boa solução para a mitigação de nutrientes dos efluentes na aquacultura.

No geral, o S1 apresentou resultados muito mais concisos entre tanques e sistemas para as várias espécies em produção demonstrando ser mais eficiente nos parâmetros de crescimento relativamente aos outros sistemas, pressupondo que S1 seja um bom exemplo de uma produção eficientemente sustentável.

## 9. Conclusão

---

As conclusões deste estudo apontam para a vantagem da produção de espécies aquícolas em cultivos multi-tróficos integrados como o sistema 1 (peixes, ostras e macroalgas). Após análise, S1 demonstrou-se viavelmente rentável e com parâmetros de crescimento, das espécies estudadas, melhores relativamente aos outros sistemas analisados.

As corvinas no geral obtiveram resultados bons, onde registaram-se diferenças no seu crescimento e na sua taxa de conversão alimentar entre sistemas. Todas elas apontaram para uma melhor performance dos peixes com ostras. Embora este ensaio não tenha conseguido averiguar o crescimento das outras espécies de peixes presentes nos tanques – tainha e sargo – acreditamos que a sua presença não tenha prejudicado o crescimento das corvinas.

No final do ensaio o sistema S1 produziu uma quantidade de biomassa superior ao do sistema S2 e S3. Este acréscimo de biomassa reflete a melhor utilização dos nutrientes e da matéria orgânica pelo fitoplâncton e pelas ostras sugerindo que a produção das ostras integrada com a produção de peixes poderá ser uma mais valia na produção em tanques de terra. As ostras tiveram um bom crescimento, melhor em S1 do que S2, no entanto a sua sobrevivência foi baixa. As ostras foram colocadas com um peso médio extremamente pequeno - 0,5 g - nos sacos de rede, dentro dos tanques de terra e com a chegada dos meses quentes de verão as elevadas temperaturas podem ter prejudicado a sua produção numa altura que as ostras eram extremamente sensíveis. Este facto poderia ter sido melhorado com um aumento da taxa de renovação da água, introdução de ostras com pesos médios maiores e colocação das próprias nos tanques em meses com temperaturas mais amenas. No entanto, é importante respeitar a capacidade de carga dos tanques, pois se tal acontecer a biomassa produzida e a qualidade do produto e da água serão inferiores.

No que diz respeito às algas, este ensaio careceu de uma análise às concentrações de nitrato, nitrito e fosfato na água. Foi feita apenas uma análise do seu crescimento e produção dentro dos tanques, no entanto seria mais interessante calcular estas concentrações em cada sistema para justificar o verdadeiro papel das algas neste trabalho e o seu impacto nas espécies presentes, bem como no ecossistema. É de salientar que o sistema IMTA envolveu muitas intervenções aos tanques o que poderá prejudicar o ecossistema criado. Seria interessante desenvolver e aplicar tecnologias que pudessem minimizar estas intervenções.

A análise de rentabilidade feita, sendo um pouco teórica, teve como objetivo verificar que por um investimento reduzido conseguimos aumentar a rentabilidade dos tanques produzindo uma maior quantidade de espécies por unidade de área, reutilizando mais eficientemente os recursos presentes em cada tanque.

## 10. Considerações Finais

---

Este trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade da corvina, sargo e tainha ao cultivo integrado com ostra e macroalgas numa perspectiva de contribuir para o desenvolvimento da Aquacultura Multi-trófica Integrada (IMTA) em tanques de terra. Embora não seja muito comum em Portugal este tipo de produção, principalmente de ostras em tanques de terra e macroalgas, foi interessante testar diferentes estruturas de cultivo no sentido de se conhecer as que melhor se adaptariam ao cultivo integrado. A produção em IMTA pode, no seu conjunto, contribuir para aumentar a rentabilidade das pisciculturas, mesmo que algumas das espécies produzidas possam, por si só, render menos do que seria obtido se essa espécie fosse produzida em monocultura. Este tipo de sistema torna-se bastante interessante na aquacultura portuguesa, já que a maior parte da nossa aquacultura é uma aquacultura de esteiro em zonas estuarino-lagunares, semelhantes às que foram usadas neste ensaio. De facto, o sistema IMTA proporciona uma maior possibilidade de diversificação na venda de produtos, muitas vezes sem custos acrescidos, e proporciona produções cada vez mais sustentáveis nas explorações aquícolas, contribuindo para a conservação dos ecossistemas aquáticos. Este foi o grande princípio deste estudo, utilizar os conhecimentos científicos, aplica-los, testá-los e validar a sua aplicabilidade económica e prática. Contudo, este estudo carece de continuidade no sentido de se aperfeiçoar as técnicas aplicadas nos sistemas de produção e investigar cientificamente os ciclos biológicos e parâmetros zootécnicos das espécies de forma a contribuir para uma melhor performance destes animais nas explorações, e deste modo trazer maior rendimento para os produtores.

Com mercados cada vez mais globalizados e diversificados arranjar novas técnicas de cultivo, novos produtos e recorrer ao marketing das próprias com incentivo à sustentabilidade parece ser futuramente uma boa aposta para uma maior valorização deste sector.

## 11. Bibliografia

---

- Abreu, M. H., Pereira, R., Yarish, C., Buschmann, A. H., e Sousa-Pinto, I. (2011). IMTA with *Gracilaria vermiculophylla*: productivity and nutrient removal performance of the seaweed in a land-based pilot scale system. *Aquaculture*,312(1), 77-87.
- Al-Asgah, N. A., Younis, E. S. M., Abdel-Warith, A. W. A., e Shamlol, F. S. (2016). Evaluation of red seaweed *Gracilaria arcuata* as dietary ingredient in African catfish, *Clarias gariepinus*. *Saudi journal of biological sciences*, 23 (2), 205-210.
- Aníbal, J., Madeira, H. T., Carvalho, L. F., Esteves, E., Veiga-Pires, C., e Rocha, C. (2013). Macroalgae mitigation potential for fish aquaculture effluents: an approach coupling nitrogen uptake and metabolic pathways using *Ulva rigida* and *Enteromorpha clathrata*. *Environmental Science and Pollution Research*,21, 13324-13334.
- Barrington, K., Chopin, T., e Robinson, S. (2009). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. *Integrated mariculture: a global review*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 529, 7-46.
- Ben-Ari, T., Neori, A., Ben-Ezra, D., Shauli, L., Odintsov, V., e Shpigel, M. (2014). Management of *Ulva lactuca* as a biofilter of mariculture effluents in IMTA system. *Aquaculture*, 434, 493-498.
- Bixler, H. J., e Porse, H. (2011). A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 321-335.
- Bosma, R. H., e Verdegem, M. C. (2011). Sustainable aquaculture in ponds: principles, practices and limits. *Livestock science*, 139(1), 58-68.
- Brush, M. J., e Nixon, S. W. (2010). Modeling the role of macroalgae in a shallow sub- estuary of Narragansett Bay, RI (USA). *Ecological Modelling*,221(7), 1065-1079.
- Byron, C. J., e Costa-Pierce, B. (2013). Carrying capacity tools for use in the implementation of an ecosystems approach to aquaculture. Site selection and carrying capacity for inland and coastal aquaculture, 87-101.

- Byron, C., Link, J., Costa-Pierce, B., e Bengtson, D. (2011). Calculating ecological carrying capacity of shellfish aquaculture using mass-balance modeling: Narragansett Bay, Rhode Island. *Ecological Modelling*, 222(10), 1743-1755.
- Cabello-Pasini, A., Macías-Carranza, V., Abdala, R., Korbee, N., e Figueroa, F. L. (2011). Effect of nitrate concentration and UVR on photosynthesis, respiration, nitrate reductase activity, and phenolic compounds in *Ulva rigida* (Chlorophyta). *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 363-369.
- Cao, L., Wang, W., Yang, Y., Yang, C., Yuan, Z., Xiong, S., e Diana, J. (2007). Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research-International*, 14(7), 452-462.
- Cárdenas, S. (2011). Acuicultura mundial de corvinas. IPac. Noticia. Disponível em [http://www.ipacuicultura.com/noticias/divulgacion/13246/acuicultura\\_mundial\\_de\\_corvinas.html](http://www.ipacuicultura.com/noticias/divulgacion/13246/acuicultura_mundial_de_corvinas.html) [Consult. a 5 Setembro, 2016].
- Cardoso, J. F., Peralta, N. R., Machado, J. P., & van der Veer, H. W. (2013). Growth and reproductive investment of introduced Pacific oysters *Crassostrea gigas* in southern European waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 118, 24-30.
- Carver, C. E. A., e Mallet, A. L. (1990). Estimating the carrying capacity of a coastal inlet for mussel culture. *Aquaculture*, 88(1), 39-53.
- Castro, C., Pérez-Jiménez, A., Coutinho, F., Pousão-Ferreira, P., Brandão, T. M., Oliva-Teles, A., e Peres, H. (2013). Digestive enzymes of meagre (*Argyrosomus regius*) and white seabream (*Diplodus sargus*). Effects of dietary brewer's spent yeast supplementation. *Aquaculture*, 416, 322-327.
- Chatzifotis, S., Panagiotidou, M., Papaioannou, N., Pavlidis, M., Nengas, I., & Mylonas, C. C. (2010). Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles. *Aquaculture*, 307(1), 65-70.
- Chopin, T., e Robinson, S. (2006). Rationale for developing integrated multi-trophic aquaculture (IMTA): an example from Canada. *Fish Farmer Mag*, 1, 20-21

- Chopin, T., Troell, M., Reid, G. K., Knowler, D., Robinson, S. M. C., Neori, A., Buschmann, A.H. e Pang, S. J. (2010). Integrated multi-trophic aquaculture. Part II Increasing IMTA Adoption. *Global Aquaculture Advocate*, 9(10), 38-39.
- Clements, J. C., e Chopin, T. (2016). Ocean acidification and marine aquaculture in North America: potential impacts and mitigation strategies. *Reviews in Aquaculture*.
- Constatinos, D., e Robles, D. R. (2014). DIVERSIFY. *Aquaculture*, 39, 1.
- Conte, F. S. (2004). Stress and the welfare of cultured fish. *Applied Animal Behaviour Science*, 86(3), 205-223.
- Córdova, J. A., López-Elías, A. M. B., Marco, A., & López-Torres, D. B. F. (2016). PERFORMANCE OF AN EXPERIMENTAL AQUACULTURE EFFLUENTS SYSTEM BASED ON THE NATIVE OYSTER *CRASSOSTREA CORTEZIENSIS* AND THE MACROALGAE *ULVA CLATHRATA*. *Técnica Vitivinícola*, Vol. 31, n.2.
- Cunha, M.E.; Quental-Ferreira, H.; Ribeiro, L.; Moreira, M.; Soares, F.; Caetano, M.; Pousão Ferreira, P., 2016. Aquacultura multi-trófica integrada em tanques de terra. *Relat. Cient. Téc. do IPMA* (<http://ipma.pt>) nº 13, 23p. + Anexo
- Deudero, S., Blanco, A., Tor, A., Alomar, C., Valencia, J. M., e Sarriera, P. (2011). Integrated multitrophic aquaculture: filter feeders bivalves as efficient reducers of wastes derived from coastal aquaculture assessed with stable isotope analyses. INTECH Open Access Publisher.
- DGRM (2014). Plano estratégico para a aquicultura portuguesa 2014-2020. Ministério da Agricultura e do Mar, Direcção-Geral dos Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos
- DGRM (2016). Plano estratégico para a aquicultura portuguesa. DGRM, 26 de Fevereiro, 2016. Disponível em < <http://eaquicultura.pt/plano-estrategico-para-a-aquicultura-portuguesa-2014-2020/>> [Consult. 5 de Setembro, 2016].

- Diana, J. S. (2009). Aquaculture production and biodiversity conservation. *Bioscience*, 59(1), 27-38
- Duncan N., A. Estevez, H. Fernández-Palacios, I. Gairin, C. M. Hernández-Cruz, J. Roo, D. e Schuchardt, R. Vallés. (2013). Aquaculture production of meagre (*Argyrosomus regius*): hatchery techniques, ongrowing and market. In: *Advances in aquaculture hatchery technology*. Ed. By G. Allan and G. Burnell, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 242.
- El-Shebly, A. A., El-Kady, M. A., Hussin, A. B., e Hossain, M. Y. (2007). Preliminary observations on the pond culture of meagre, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801)(Sciaenidae) in Egypt. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 2(5), 345-352.
- Falcão, M., Pissarra, J., e Cavaco, H. (1992). Características químico biológicas da Ria Formosa: Análise de um ciclo anual. *Bol. INIP*, 16, 5-21.
- Fang, J., Zhang, J., Xiao, T., Huang, D., e Liu, S. (2016). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in Sanggou Bay, China. *Aquaculture Environment Interactions*, 8, 201-205.
- FAO (2009). *Integrated mariculture. A global review*. Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Doris Soto, No. 529. Rome
- FAO (2013). *FAO Yearbook - Fishery and Aquaculture Statistics Summary tables*. Disponível em <<ftp://ftp.fao.org/FI/STAT/summary/default.htm>> [Consult. 20 de Setembro, 2016]
- FAO (2014a). *The state of world fisheries and aquaculture*. FAO Fisheries Department. Food and Agriculture organizations of the United Nations. Rome
- FAO (2014b). *Relatório destaca o crescente papel do peixe na alimentação mundial*. Food and Agriculture organizations of the United Nations. Disponível em <<http://www.fao.org/news/story/pt/item/232037/icode/>> [Consult. 20 de Junho, 2016].
- FAO (2016a). *CWP Handbook of Fishery Statistical Standards. Section J: Aquaculture*. Disponível em <<http://www.fao.org/fishery/cwp/handbook/j/en>> [Consult. 6 de Setembro, 2016].

FAO (2016b). The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. FAO Fisheries Department. Food and Agriculture organizations of the United Nations. Rome. 200 pp.

FAO (2016c). FAO Aquaculture Newsletter (FAN) 54 - March 2016. Food and Agriculture organization of the United Nations. Disponível em < <http://www.fao.org/3/a-bc866e.pdf>> [Consult. 20 de Junho, 2016].

FAO (2016d). Cultured aquatic species information programme. Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em < [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Argyrosomus\\_regius/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Argyrosomus_regius/en)> [Consult. 28 de Agosto, 2016].

FAO (2016e). Cultured aquatic species information programme. Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em < <http://www.fao.org/fishery/species/2370/en>> [Consult. 28 de Agosto, 2016].

FAO (2016f). Cultured aquatic species information programme. Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em <<http://www.fao.org/fishery/species/3050/en>> [Consult. 28 de Agosto, 2016].

FAO (2016g). Cultured aquatic species information programme. Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em < [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea\\_gigas/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/es)> [Consult. 5 de Setembro, 2016].

Ferreira, J. G., Hawkins, A. J. S., Monteiro, P., Moore, H., Service, M., Pascoe, P. L., e Sequeira, A. (2008). Integrated assessment of ecosystem-scale carrying capacity in shellfish growing areas. *Aquaculture*, 275(1), 138-151.

Ferreira, B., Rice, J., e Rosenberg, A. (2016). *The Oceans as a Source of Food*. United Nations

Fezzardi, D., Massa, F., Àvila-Zaragoza, P., Rad, F., Gier, G., Deniz, H., Salem, M., Hamza, H., e Salem, S. (2013). Indicators for sustainable aquaculture in mediterranean and black sea countries. Guide for the use of indicators to monitor sustainable development of aquaculture. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean. No 93. Rome, FAO. 60 pp

- Firmino, T. (2014). "Mapa onde se mostra que 97% de Portugal é mar chega hoje às escolas". O Público, 2 de Abril. Disponível em <<https://www.publico.pt/ciencia/noticia/mapa-que-mostra-que-97-de-portugal-e-mar-chega-as-escolas-1630635>> [ Consult. 20 de Julho, 2016].
- Gagnaire, B., Frouin, H., Moreau, K., Thomas-Guyon, H., e Renault, T. (2006). Effects of temperature and salinity on haemocyte activities of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Fish & Shellfish Immunology*, 20(4), 536-547.
- Gonçalves, A. S. R. (2012). Comportamento agonístico nos juvenis de sargo (*Diplodus sargus*): implicações na aquacultura. Tese de Candidatura ao grau de Doutor em Ciência Animal, Especialidade em Sistemas de Produção, submetida ao Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto.
- Guerrero, S., Cremades, J. (2012). Integrated Multi-trophic Aquaculture (IMTA): A sustainable, pioneering alternative for marine cultures in Galicia.
- Hunghes, A. e Black, K. (2016). "Going beyond the search for solutions: understanding trade-offs in European integrated multi-trophic aquaculture development". *AQUACULTURE ENVIRONMENT INTERACTIONS*, Vol. 8:191-199.
- INE. (2016). Estatísticas da Pesca 2015. Lisboa, Portugal: Instituto Nacional de Estatística, I. P.
- Jones, A. B., Dennison, W. C., e Preston, N. P. (2001). Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. *Aquaculture*, 193(1), 155-178.
- Kluger, L. C., Taylor, M. H., Mendo, J., Tam, J., e Wolff, M. (2016). Carrying capacity simulations as a tool for ecosystem-based management of a scallop aquaculture system. *Ecological Modelling*, 331, 44-55.
- Kružić, N., Mustać, B., Župan, I., e Čolak, S. (2016). Meagre (*Argyrosomus regius* Asso, 1801) aquaculture in Croatia. *Croatian Journal of Fisheries*, 74(1), 14-19.
- Lefebvre, S., Barille, L., e Clerc, M. (2000). Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) feeding responses to a fish-farm effluent. *Aquaculture*, 187(1), 185-198.

- Lovatelli, A., 2004, Hatchery Culture of Bivalves, FAO Fisheries Technical Paper Vol. 471, pp19-30.
- Lucas, J. S., e Southgate, P. C. (2003). Aquaculture: Farming aquatic animals and plants. USA: John Wiley & Sons.
- Machado, M., e Cancela da Fonseca, L. (1997). Nota sobre o macrozoobentos de uma instalação de piscicultura semi-intensiva (Olhão, Portugal). In *Actas do 9 Congresso do Algarve* (pp. 907-919).
- M.A.G.R.A.M.A. (2014). Plan Estratégico Plurianual de la Acuicultura Española 2014-2020. Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Madrid, España
- Malham, S. K., Cotter, E., O'Keeffe, S., Lynch, S., Culloty, S. C., King, J. W., e Beaumont, A. R. (2009). Summer mortality of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in the Irish Sea: the influence of temperature and nutrients on health and survival. *Aquaculture*, 287(1), 128-138.
- Martínez Llorens, S., Espert Real, J., Moya, V. J., Salvador, M., Javier, V., Jover Cerdá, M., e TOMAS VIDAL, A. N. A. (2011). Growth and Nutrient Efficiency of Meagre (*Argyrosomus regius*, Asso, 1801) fed Extruded Diets with Different Protein and Lipid levels. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 195-203.
- Martinez-Porchas, M., e Martinez-Cordova, L. R. (2012). World aquaculture: environmental impacts and troubleshooting alternatives. *The Scientific World Journal*, 2012.
- McKindsey, C. W., Thetmeyer, H., Landry, T., e Silvert, W. (2006). Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. *Aquaculture*, 261(2), 451-462.
- Milstein, Ana. (1992). Ecological aspects of fish species interactions in polyculture ponds. *Hydrobiologia*, 231(3), 177-186.
- Mo, W. Y., Cheng, Z., Choi, W. M., Man, Y. B., Liu, Y., e Wong, M. H. (2014). Application of food waste based diets in polyculture of low trophic level fish: Effects on fish growth, water quality and plankton density. *Marine pollution bulletin*, 85(2), 803-809.

- Monfort, M. C. (2010). Present market situation and prospects of meagre (*Argyrosomus regius*), as an emerging species in Mediterranean aquaculture. *Studies and Reviews-General Fisheries Commission for the Mediterranean*, (89).
- Nathanailides, C., e Anastasiou, S. (2015). Economic Efficiency of Filleting Yield of Farmed Mediterranean Marine Fish Species.
- Navarrete-Mier, F., Sanz-Lázaro, C., e Marín, A. (2010). Does bivalve mollusc polyculture reduce marine fin fish farming environmental impact?. *Aquaculture*, 306(1), 101-107.
- Ning, Z., Liu, S., Zhang, G., Ning, X., Li, R., Jiang, Z., e Zhang, J. (2016). Impacts of an integrated multi-trophic aquaculture system on benthic nutrient fluxes: a case study in Sanggou Bay, China. *Aquaculture Environment Interactions*, 8, 221-232.
- Nunes, J. P., Ferreira, J. G., Gazeau, F., Lencart-Silva, J., Zhang, X. L., Zhu, M. Y., e Fang, J. G. (2003). A model for sustainable management of shellfish polyculture in coastal bays. *Aquaculture*, 219(1), 257-277.
- Peixoto, M. J., Salas-Leitón, E., Brito, F., Pereira, L. F., Svendsen, J. C., Baptista, T., e de Almeida Ozório, R. O. (2016). Effects of dietary *Gracilaria sp.* and *Alaria sp.* supplementation on growth performance, metabolic rates and health in meagre (*Argyrosomus regius*) subjected to pathogen infection. *Journal of Applied Phycology*, 1- 15.
- Pereira, L. e Correia, F. (2015). *Macroalgas Marinhas da Costa Portuguesa – biodiversidade, ecologia e utilizações*. Paris: Nota de Rodapé Edições.
- Pestana D. (2016). Aquicultura+ Novo pacote para a aquicultura com dotação de 80 milhões de euros. Partido Socialista (PS) de 30 de Agosto. Disponível em <http://www.ps.pt/2016/08/30/aquicultura-novo-pacote-para-a-aquicultura-com-dotacao-de-80-milhoes-de-euros/> [Consult. 2 de Setembro, 2016].
- Piccolo, G., Bovera, F., De Riu, N., Marono, S., Salati, F., Cappuccinelli, R., e Moniello, G. (2008). Effect of two different protein/fat ratios of the diet on meagre (*Argyrosomus regius*) traits. *Italian Journal of Animal Science*, 7(3), 363-371.

- Pogoda, B., Buck, B. H., e Hagen, W. (2011). Growth performance and condition of oysters (*Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis*) farmed in an offshore environment (North Sea, Germany). *Aquaculture*, 319(3), 484-492.
- Polymeros, K., Kaimakoudi, E., Mitsoura, A., Nikouli, E., e Mente, E. (2014). The determinants of consumption for organic aquaculture products - evidence from Greece. *Aquaculture Economics & Management*, 18(1), 45-59.
- Pomeroy, R., Dey, M. M., e Plesha, N. (2014). The social and economic impacts of semi-intensive aquaculture on biodiversity. *Aquaculture Economics & Management*, 18(3), 303-324.
- Porse, H., e Bixler, H. J., (2010). A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *Springer Science*, 23:321-335.
- Prista, N.; Costa, J.L.; Costa, M.J. e Jones, C., (2009). Age determination in meagre *Argyrosomus regius*. *Relatórios Científicos e Técnicos do IPIMAR*, nº49, 54 pp.
- Prista, N. M. G. G. (2014). *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) fishery and ecology in Portuguese waters, with reference to its relationships to other European and African populations.
- ONU (2012). Mensagem do Secretário-Geral da ONU no Dia Mundial do Combate à Desertificação, dia 17 de Junho de 2012. Disponível em <<http://www.unric.org/pt/mensagens-do-secretario-geral/30874-mensagem-do-secretario-geral-da-onu-no-dia-mundial-do-combate-a-desertificacao-dia-17-de-junho-de-2012>> [Consult. 18 de Maio, 2016].
- Orban, E., Di Lena, G., Masci, M., Navigato, T., Casini, I., Caproni, R., e Pellizzato, M. (2004). Growth, nutritional quality and safety of oysters (*Crassostrea gigas*) cultured in the lagoon of Venice (Italy). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(14), 1929-1938.
- Oren, O.H. (1981). *Aquaculture of grey mullets*. (International Biological Programme No. 26). Cambridge University Press, Cambridge, England. 507 pp.

- Ostroumov, S. A. (2005). Suspension-feeders as factors influencing water quality in aquatic ecosystems. In *The comparative roles of suspension-feeders in ecosystems*. Springer Netherlands, pp. 147-164
- World Bank (2013). *FISH TO 2030. Prospects for Fisheries and Aquaculture*. USA, Washington DC
- World Bank (2007). *Changing the Face of Waters. The promise and Challenge of Sustainable Aquaculture*. USA, Washington DC
- Rahman, M. M., Nagelkerke, L. A., Verdegem, M. C., Wahab, M. A., e Verreth, J. A. (2008). Relationships among water quality, food resources, fish diet and fish growth in polyculture ponds: A multivariate approach. *Aquaculture*, 275(1), 108-115.
- Reid, G. K., Cranford, P. J., Robinson, S. M. C., Filgueira, R., e Guyondet, T. (2011). Open-water integrated multi-trophic aquaculture (IMTA): modelling the shellfish component. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*, 109(2), 3-12.
- Robinson, S. M. C., Martin, J. D., Cooper, J. A., Lander, T. R., Reid, G. K., Powell, F., e Griffin, R. (2011). The role of three dimensional habitats in the establishment of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) systems. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*, 109(2), 23-29.
- Rocha, N. M., de Souza Júnior, J., e Farias, W. R. L. (2009). Reutilização de água em um sistema integrado com camarões, sedimentação, ostras e macroalgas marinhas. *Revista Ciência Agronômica*, 39(4), 540-547.
- Ross, L. G., Telfer, T. C., Falconer, L., Soto, D., e Aguilar-Majarrez, J. (2013). Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture. FAO. Rome
- Sá, R., Pousão-Ferreira, P., e Oliva-Teles, A. (2007). Growth performance and metabolic utilization of diets with different protein: carbohydrate ratios by white seam bream (*Diplodus sargus*, L.) juveniles. *Aquaculture Research*, 38(1), 100-105.
- Sarà, G., e Mazzola, A. (1997). Effects of trophic and environmental conditions on the growth of *Crassostrea gigas* in culture. *Aquaculture*, 153(1), 81-91.

- Saleh, M. (2008). Capture-based aquaculture of mullets in Egypt. Capture-based aquaculture. Global overview. FAO fisheries technical paper, (508), 109-126.
- Sasikumar, G., e Viji, C. S. (2015). Integrated Multi-Trophic Aquaculture Systems (IMTA). Central Marine Fisheries Research Institute.
- Sharma, K. R., Leung, P., Chen, H., e Peterson, A. (1999). Economic efficiency and optimum stocking densities in fish polyculture: an application of data envelopment analysis (DEA) to Chinese fish farms. *Aquaculture*, 180(3), 207-221.
- Shpigel, M. (2005). Bivalves as biofilters and valuable byproducts in land-based aquaculture systems. In *The comparative roles of suspension-feeders in ecosystems*. Springer Netherlands, pp. 183-197
- Shpigel, M. (2013). Mariculture mariculture Systems, Integrated Land-Based. In *Sustainable Food Production* (pp. 1111-1120). Springer New York.
- Shpigel, M., Ari, T. B., Shauli, L., Odintsov, V., & Ben-Ezra, D. (2016). Nutrient recovery and sludge management in seabream and grey mullet co-culture in Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA). *Aquaculture*, 464, 316-322.
- Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A. H., e Fang, J. G. (2009). Ecological engineering in aquaculture - potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture*, 297(1), 1-9.
- U.E. (2014). Compreender as políticas da União Europeia. Assuntos marítimos e pescas. Bruxelas, Bélgica
- U.E. (2015). Aquaculture-facts. Comissão Europeia. Disponível em < [http://ec.europa.eu/fisheries/documentation/publications/2015-aquaculture-facts\\_pt.pdf](http://ec.europa.eu/fisheries/documentation/publications/2015-aquaculture-facts_pt.pdf) > [Consult a 20 de Setembro, 2016].
- van den Burg, S., Bikker, P., van Krimpen, M. e van Duijn, A. (2016). The economic feasibility of seaweed production in the North Sea. *Aquaculture Economics & Management*. Vol. 20, No.3, 235-252.

Vargas-Chacoff, L., Ruiz-Jarabo, I., Páscoa, I., Gonçalves, O., e Mancera, J. M. (2014). Yearly growth and metabolic changes in earthen pond-cultured meagre (*Argyrosomus regius*). *Scientia Marina*, 78(2), 193-202.

Yokoyama, H., e Ishihi, Y. (2010). Bioindicator and biofilter function of *Ulva* spp.(Chlorophyta) for dissolved inorganic nitrogen discharged from a coastal fish farm—potential role in integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture*,310(1), 74-83.

Yu, Z., Robinson, S. M., Xia, J., Sun, H., e Hu, C. (2016). Growth, bioaccumulation and fodder potentials of the seaweed *Sargassum hemiphyllum* grown in oyster and fish farms of South China. *Aquaculture*, 464, 459-468.

## 12. Anexos

Tabela Composição do alimento composto para peixes de 5 mm

<b>Constituintes Analíticos</b>	
Proteína Bruta	40,8 %
Gordura Bruta	15,7 %
Humidade	8,3 %
Fosforo	0,9%
Cinzas	6,9 %
Celulose Bruta	2,5 %
<b>Aditivos por Kg de Alimento</b>	
Vitamina A (E 672)	6000,0 UI
Vitamina C	50,0 mg
Vitamina D3 (E 671)	1200,0 UI
Vitamina E (E 307)	100,0 mg
CU (E 4)	3,0 mg
E324/E330/E310/E282/E238/E562	

Tabela de Arraçoamento para Corvinas (EPPO-IPMA)

<b>CORVINA</b>	<b>% peso vivo/dia</b>
----------------	------------------------

Tamanho Peixe (g)	12 °C	15 °C	18 °C	21 °C	24 °C	26 °C	28 °C
50-100	0,4	1,5	2	3	3,4	3,8	4
100-150	0,4	1,2	1,6	2,4	2,8	3	3,2
150-200	0,4	1,1	1,5	2,2	2,6	2,8	3
200-250	0,4	1	1,4	2	2,4	2,6	2,8
250-300	0,3	0,8	1,1	1,6	2	2	2,4
300-350	0,3	0,8	1,1	1,6	1,8	2	2,2
350-400	0,3	0,8	1,1	1,6	1,8	2	2,2
400-450	0,2	0,8	1,1	1,6	1,8	2	2,2
450-500	0,2	0,8	1	1,6	1,8	2	2