



**IPL**

**escola superior de turismo  
e tecnologia do mar**  
instituto politécnico de leiria

***Estudo da mariponia como sistema de produção  
hortícola e aquícola***

Cátia Filipa Marques Fernandes

2017





***Estudo da mariponia como sistema de produção  
hortícola e aquícola***

Cátia Filipa Marques Fernandes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Aquacultura

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Raul José Silvério  
Bernardino

2017



Título: Estudo da mariponia como sistema de produção hortícola e aquícola

*Copyright* © Cátia Filipa Marques Fernandes

Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Peniche

Instituto Politécnico de Leiria

2017

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



### Agradecimentos

Aos meus pais, por tudo o que sempre fizeram por mim, pelos valores que me passaram em todos estes anos e por me apoiarem incondicionalmente, mesmo que o caminho não pareça o mais correto e fácil!

Ao meu querido irmão que tantas vezes me chateia a cabeça mas que eu adoro! Que de alguma forma possa ser um exemplo para ti.

À minha família, que sempre acreditaram em mim e que muitas vezes foram o meu conforto nos momentos mais difíceis. Tudo isto é para vocês que são sem dúvida o meu pilar e um exemplo a seguir!

A ti Filipe, por estares sempre do meu lado e por me apoiares em todas as minhas decisões.

Às minhas duas estrelas que tanta falta me fazem, mas ao mesmo tempo tanta força me dão.

Aos meus amigos que estiveram sempre do meu lado e muito me ajudaram, Catarina Mendes, Vera Sousa, Tânia Faria, Fábio Miranda, Ana Sofia, Flávia Fernandes.

Ao Doutor Raul José Bernardino por ter aceitado ser orientador desta tese, por toda a disponibilidade e ajuda prestada ao longo deste trabalho.

À Flying Sharks por ter fornecido os robalos para a realização deste trabalho.

Ao Orlando Rodriguez da Silva e ao João Cotter pela ajuda na concepção de todo o sistema de aquaponia, sem vocês teria sido muito mais difícil. Ao João Reboleira por toda a ajuda no laboratório.

A todos aqueles que estiveram por perto e que acreditaram em mim, ou até mesmo, aqueles que não acreditaram e me fizeram querer fazer mais e melhor.

O meu sincero Obrigada a todos!



## Resumo

A aquaponia é um sistema bio-integrado inovador que integra duas áreas de conhecimento, a hidroponia e a aquacultura, gerando assim duas fontes de rendimento num só sistema (Bernstein, 2011; Dediu, 2012; Rakocy, 2012; Marklin Jr, 2013; Buzby, 2014; FAO, 2014; Buzby, 2016; Espinosa Moya, 2016; Nozzi, 2016). Vários têm sido os estudos sobre aquaponia em sistemas de água doce, contudo, pode-se recorrer a peixes de água salgada que suportem salinidades mais baixas, e a plantas que suportem salinidade, permitindo o estudo do crescimento de ambas as espécies em aquaponia de água salgada/salobra também referenciada como mariponia (Chopin, 2001; Nozzi, 2016).

O primeiro ensaio do presente estudo, pretendeu aumentar o conhecimento existente sobre o cultivo de robalo, *Dicentrarchus labrax*, em diferentes salinidades. Para tal foi necessário estudar inicialmente a adaptabilidade do robalo a diferentes salinidades, mais propriamente, 3 ppt, 6 ppt e 12,5 ppt (Eroldoğan, 2004). Após a análise dos dados obtidos, crescimento, índices biométricos e composição nutricional (teor de proteína, teor de gordura e teor de cinzas), foi possível verificar que não existiram diferenças estatisticamente significativas quando comparadas as salinidades em estudo.

No segundo ensaio, os objetivos foram o cultivo de robalo, acelga, *Beta vulgaris var. cicla* e espinafre, *Tetragonia tetragonioides*, a salinidade de 3 ppt em sistema aquapónico. Obtendo valores relativos ao crescimento e composição nutricional para as três espécies, e mais especificamente teor de clorofilas e cloretos para a acelga. Os dados obtidos em relação ao crescimento foram favoráveis para o robalo e para a acelga. Contudo, em relação ao espinafre, algumas plantas acabaram por morrer e outras diminuíram o peso. Relativamente à composição nutricional, todas as espécies em estudo aumentaram os valores relativos ao teor de proteínas, gorduras e cinzas, ficando assim mais “ricos” do ponto de vista nutricional. Já nas acelgas, relativamente ao teor de clorofilas e cloretos registou-se em ambos um aumento relativamente ao valor obtido inicialmente.

De um modo geral, verificou-se que é possível o cultivo de robalo e acelga em sistema aquapónico. Não tendo a salinidade afetado o crescimento e os parâmetros estudados da composição nutricional dos mesmos.

Palavras-chave: *Dicentrarchus labrax*; Salinidade; Aquaponia; *Beta vulgaris var.cicla*; *Tetragonia tetragonioides*



**Abstrat**

Aquaponics is an innovative bio-integrated system that integrates two areas of knowledge, hydroponics and aquaculture, thus generating two sources of income in a single system (Bernstein, 2011; Rakocy, 2012; Marklin Jr, 2013; Buzby , 2014, FAO, 2014, Buzby, 2016, Espinosa Moya, 2016, Nozzi, 2016). Several studies have been carried out on aquaponics in freshwater systems, however, it is possible to use saltwater fishes that support lower salinities and to plants that support higher salinities, allowing the simultaneous growth of both species in salt water / brackish, also referred to as seaponics (Chopin, 2001; Nozzi, 2016).

In the present study, it was intended to verify and extend the existing knowledge about the cultivation of sea bass, *Dicentrarchus labrax*. For this it was necessary to study initially the adaptability of the sea bass to different salinities, more specifically, 3 ppt, 6 ppt and 12,5 ppt (Eroldoğan, 2004). After analysing the data obtained, growth, biometric indexes and nutritional composition (protein content, fat content and ash content), it was possible to verify that there were no statistically significant differences when comparing salinities under study.

In the second trial, the objectives were the cultivation of sea bass, chard, *Beta vulgaris var. cicla*, and spinach, *Tetragonia tetragonioides*, at salinity of 3 ppt, in an aquaponic system, obtaining values related to growth and nutritional composition for the three species, and more specifically content of chlorophylls and chlorides for the chard. The data obtained in relation to growth were favorable for sea bass and chard. However, in relation to spinach, some plants eventually died and others even decreased weight during the test. Regarding the nutritional composition, all the species under study increased the values related to the protein, fat and ash contents, thus becoming more "nutritional rich". On the chard, in relation to the chlorophyll content and chlorides content there was an increase in both in relation to the initial value.

In general, it has been found that culture of sea bass and chard is possible in the aquaponic system. The salinity did not affect the growth and the nutritional composition of the referred.

Keywords: *Dicentrarchus labrax*; Salinity; Aquaponics; *Beta vulgaris var. cicla*; *Tetragonia tetragonioides*



**Índice**

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	iii
Abstrat .....	v
Índice de figuras.....	xi
Índice de tabelas .....	xiii
1- Introdução.....	1
1.1- Aquaponia.....	3
1.2- Técnicas de Aquaponia.....	7
1.2.1- NFT ( <i>Nutrient Film Technique</i> ) .....	7
1.2.2- DWC ( <i>Deep Water Culture Technique</i> ) .....	9
1.3- Robalo .....	11
1.3.1 Cultivo de robalo em aquacultura.....	12
1.4- Acelga.....	14
1.5- Espinafre .....	15
2- Objetivos .....	17
3- Materiais e métodos .....	19
3.1- Aquisição de juvenis: .....	19
3.2- 1º Ensaio – Estudo da adaptabilidade do robalo a diferentes salinidades----	19
3.2.1- Desenho experimental:.....	19
3.2.2- Alimentação: .....	20
3.2.3- Amostragem: .....	21

---

3.2.4- Análises: -----	21
3.2.5- Análise Estatística: -----	22
3.3- Ensaio preliminar ao 2º ensaio -----	22
3.3.1- Alimentação: -----	23
3.3.2- Conclusão: -----	23
3.4- 2º Ensaio – Estudo do crescimento de robalo, acelga e espinafre em aquaponia -----	24
3.4.1- Desenho experimental:-----	24
3.4.2- Alimentação:-----	25
3.4.3- Amostragem: -----	25
3.4.4- Análises: -----	26
3.4.5- Análise Estatística: -----	26
4- Resultados -----	27
4.1- Resultados 1º Ensaio-----	27
4.1.1- Crescimento -----	27
4.1.2- Índices Biométricos -----	28
4.1.3- Composição Nutricional -----	30
4.2- Resultados 2º Ensaio-----	32
4.2.1- Crescimento dos peixes: -----	32
4.2.1.1- Índices Biométricos:-----	33
4.2.1.2- Composição nutricional -----	33
4.2.2- Crescimento das plantas:-----	34

4.2.2.1- Composição Nutricional: -----	36
4.2.2.2- Teor de clorofilas e carotenoides: -----	37
4.2.2.3- Teor de cloretos: -----	38
5- Discussão -----	39
5.1- Discussão 1º Ensaio -----	39
5.2- Discussão 2º Ensaio -----	44
5.2.1- Análise do crescimento dos robalos -----	44
5.2.2- Análise do crescimento das plantas -----	47
6- Conclusão e Perspetivas Futuras -----	53
7- Referências bibliográficas -----	55



**Índice de figuras**

Figura 1- Ciclo de um sistema de aquaponia (fonte: *Aquaponic source*). -----6

Figura 2- Tubos de crescimento de plantas utilizados na técnica NFT. -----9

Figura 3- Canal de cultivo utilizado na técnica DWC. -----10

Figura 4- Sistema de cultivo de robalo no 1º ensaio (salinidade 3 ppt, 6 ppt e 12,5 ppt). --  
-----20

Figura 5- Resultado obtido após o ensaio preliminar (salinidade 3 ppt, 6 ppt e 12,5 ppt). --  
-----23

Figura 6- Sistema aquapónico para crescimento de robalo, acelga e espinafre a  
salinidade 3 ppt. -----25

Figura 7- Crescimento, peso em gramas, durante o ensaio (60 dias) nas diferentes  
salinidades. TC: salinidade 32 ppt; T1: tanque com salinidade 3 ppt; T2: salinidade 6 ppt e  
T3: salinidades 12,5 ppt. As linhas representam a média e o desvio-padrão do peso dos  
peixes em cada tratamento no dia da pesagem. -----27

Figura 8- Crescimento do robalo, peso em gramas, durante o ensaio (30 dias) a  
salinidade 3 ppt. Sendo o TC: o tanque controlo; T1- tanque com salinidade 3 ppt. As  
barras representam o valor médio em gramas  $\pm$  desvio-padrão.-----32

Figura 9- Crescimento da acelga, peso em gramas, ao longo do ensaio (30 dias) nos  
diferentes tratamentos, técnicas de cultivo. As linhas representam a média e o desvio-  
padrão do peso das plantas no início e no fim do ensaio.-----35

Figura 10- Crescimento do espinafre, peso em gramas, ao longo do ensaio (30 dias) nos  
diferentes tratamentos, técnicas de cultivo. As linhas representam a média e o desvio-  
padrão do peso das plantas no início e no fim do ensaio. -----35



**Índice de tabelas**

Tabela I- Valores de SGR,  $SGR = ((\ln \text{ peso final} / \ln \text{ peso inicial}) / (\text{dias})) \times 100$ , obtidos no decorrer do ensaio (60 dias).-----28

Tabela II- Valores de FY (peso do filete em relação ao peso total) obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .  $FY \% = (\text{peso do filete} / \text{peso total}) \times 100$ .-----28

Tabela III- Valores de VSI (peso das vísceras relativamente ao peso total) obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .  $VSI \% = (\text{peso das vísceras} / \text{peso total}) \times 100$ .-----29

Tabela IV- Valores de HSI (peso do fígado em comparação com o peso total) obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .  $HSI \% = (\text{peso do fígado} / \text{peso total}) \times 100$ .-----29

Tabela V- Valores de proteína obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .-----30

Tabela VI- Valores do teor de cinzas obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .--31

Tabela VII- Valores de gordura obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .-----31

Tabela VIII- Valores dos índices viscerossomático, hepatossomático e *fillet yield* obtidos no decorrer do ensaio, início e no fim (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .-----33

Tabela IX- Valores do teor de proteínas, teor de gordura e teor de cinzas no robalo ao longo do ensaio (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .-----34

Tabela X- Valores do teor de proteína nas diferentes espécies de plantas ao longo do ensaio (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .-----36

Tabela XI- Valores do teor de gordura nas diferentes espécies de plantas ao longo do ensaio (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um n = 3.-----36

Tabela XII- Valores do teor de cinzas nas diferentes espécies de plantas ao longo do ensaio (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um n = 3-----36

Tabela XIII- Evolução do teor de clorofilas e carotenoides na acelga no decorrer do estudo (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um n = 3-----37

Tabela XIV- Evolução do teor de cloretos para a acelga no decorrer do estudo (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um n = 3-----38

### 1- Introdução

O aumento crescente da população, a má gestão dos recursos naturais, a sobre-exploração dos recursos e os desequilíbrios ambientais têm levado à redução da produtividade de uma das fontes de proteína animal mais importante: o pescado. Face ao declínio nas capturas comerciais mundiais provenientes da pesca tradicional, devido a uma prática piscatória insustentável, assiste-se atualmente a um aumento do custo dos produtos do mar e à quebra da sua qualidade (Zhang, 2011). A aposta estratégica a nível mundial na aquacultura surge da necessidade de aumentar a capacidade produtiva do sector das pescas, em resposta ao baixo stock de peixe selvagem e ao aumento da procura de peixe por parte dos consumidores. A médio prazo, pretende-se que a aquacultura seja uma forma de fornecer, em grande escala, produtos de qualidade e de preservar a biodiversidade ambiental (Verbeke, 2007). O objetivo desta indústria é contribuir para resolução dos problemas mundiais de escassez de alimentos (Di Trapani, 2014).

A aquacultura, ou seja, a produção de animais em cativeiro (como por exemplo, peixes, moluscos, crustáceos e equinodermes) ou ainda de plantas cujo habitat seja predominantemente aquático, em pelo menos uma fase da sua vida, assume assim o papel de uma importante fonte de alimento em todo o mundo, como mostra o seu crescente desenvolvimento (FAO, 2016). A aquacultura é um dos setores de produção de alimentos que mais tem crescido e evoluído, sendo um componente importante na segurança alimentar. O desenvolvimento da aquacultura intensiva, tem sido acompanhado por uma crescente preocupação com o impacto ambiental, uma vez que é uma atividade que gera efluentes ricos em nutrientes, compostos orgânicos e inorgânicos tais como amónia, nitritos, nitratos e fosfatos (Zhang, 2011). Assim, o tratamento dos efluentes é muito importante quer pela vertente ambiental, quer pela escassez dos recursos de água em muitos lugares (Enduta, 2011; Dediu, 2012; Waller, 2015).

Contudo, a expansão da aquacultura, encontra-se dependente do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias com o objetivo de intensificar o cultivo e, ao mesmo tempo, maximizar a reutilização de água e nutrientes por forma a diminuir os impactos ambientais (Tyson, 2011). Os sistemas de recirculação em aquacultura (RAS) podem ser assim uma solução para este problema. Estes sistemas permitem um maior controlo das condições de cultivo, otimizando assim a produção e obtendo produtos de elevada qualidade. Apesar de todas as mais-valias deste sistema, quando

comparado com outros sistemas de cultivo já existentes, este é muito menos rentável. O maior obstáculo para o sucesso dos sistemas RAS está associado ao grande investimento inicial que é necessário. Contudo, têm sido aplicadas novas abordagens de modo a tornar o sistema mais rentável. Uma delas está relacionada com o aumento da densidade de cultivo, o que muitas vezes leva a uma diminuição do bem-estar animal (Zhang, 2011; Dediú, 2012; Medina, 2016).

Outra solução inovadora e altamente sustentável é a aquaponia, apresentando-se como um sistema bio-integrado de recirculação com a capacidade de produzir peixes e vegetais (integra duas áreas): a aquacultura e a hidroponia (Tyson, 2011). A aquaponia tenta imitar algo que existe na natureza, como por exemplo, nos rios e nos lagos, onde habitam peixes e plantas em simultâneo (Marklin Jr, 2013).

Uma boa gestão da aquaponia permite melhorar a eficiência de retenção de nutrientes, reduzir o excesso do uso de água e aumentar a retenção de resíduos e descargas para o meio ambiente, melhorando a rentabilidade através da produção simultânea de duas culturas com rendimento (Tyson, 2011).

Posto isto, pode afirmar-se que a aquaponia apresenta condições bastante favoráveis para permitir uma produção sustentável, quer de vegetais quer de animais, nomeadamente peixes, para o consumo humano (Hu, 2015).

### 1.1- Aquaponia

A aquaponia é um sistema bio-integrado inovador que integra duas áreas de conhecimento, a hidroponia e a aquacultura, gerando assim duas fontes de rendimento num só sistema, os vegetais e o peixe (Bernstein, 2011; Rakocy, 2012; Buzby, 2014; FAO, 2014; Espinosa Moya, 2016).

O sistema em estudo é composto por três partes integradas: a cultura de peixes, o crescimento de vegetais e a filtração biológica, como representa a figura 1. Existem ainda componentes essenciais, como por exemplo, a bomba de circulação de água, que é encarada como o “coração do sistema”.

A manutenção da qualidade da água, o controlo da temperatura, da oxigenação e do pH são muito importantes para o sucesso da aquaponia. Um exemplo da importância desses parâmetros é a temperatura, uma vez que está diretamente ligada ao fator crescimento, à maturação do sistema, à taxa de alimentação e à proliferação de doenças. A falta de controlo desses parâmetros pode levar a fatores de stress, falta de apetite ou ainda a elevada mortalidade. A água é bombeada do tanque dos peixes para a *sump* (filtro externo, dividido em filtração física e biológica) e depois para o sistema dos vegetais, sendo por fim devolvida ao tanque dos peixes por gravidade (Dediu, 2012; Marklin Jr, 2013; Buzby, 2016; Nozzi, 2016).

Os peixes são responsáveis pela introdução de nutrientes no sistema através dos seus produtos de excreção. É a amónia resultante da excreção a responsável por estimular o “sistema das bactérias”, que posteriormente irão converter a amónia em nitritos e por fim em nitratos, sendo estes utilizados como nutrientes para as plantas. Este sistema tem a capacidade de utilizar os resíduos orgânicos dos peixes, transformando-os em alimento para as plantas, sendo este o elo entre a aquacultura e a hidroponia: o ciclo do azoto. No ciclo do azoto, ao existirem níveis mensuráveis de amónia (tóxica para os peixes) e não sendo esta absorvida pelas plantas, as estirpes de bactérias nitrificantes convertem-na em nitritos, muito tóxicos para os peixes, por fim, outras estirpes de bactérias nitrificantes convertem-nos em nitratos, inofensivos para os peixes e fonte nutritiva para as plantas (Bernstein, 2011). Posteriormente, as plantas serão então responsáveis pela reutilização da água, uma vez que, retiram da água os nitratos e outros nutrientes, podendo assim, a água voltar de novo ao tanque dos peixes, retomando deste modo, o novo ciclo do azoto (Roosta, 2012). De salientar que quanto maior o teor de

proteínas presente na ração (no caso peixes carnívoros, com cerca de 45 % - 50 % de proteína na ração) e, quanto maior peso médio dos peixes a cultivar, maior é a produção de resíduos orgânicos (Bernstein, 2011; Dediu, 2012; Rakocy, 2012).

O sucesso da aquaponia está inteiramente ligado ao equilíbrio entre a quantidade de resíduos orgânicos produzidos pelos peixes e a capacidade que o filtro biológico tem de converter resíduos orgânicos em compostos nutritivos para os vegetais (Nozzi, 2016). No caso de existir muito desperdício orgânico, o biofiltro ficará sobrecarregado, tornando-se insuficiente (anaeróbico) e os peixes ficarão expostos a grandes quantidades de amónia que é tóxica. Na presença de baixa concentração de resíduos orgânicos, haverá uma diminuição dos nutrientes essenciais ao crescimento dos vegetais (Bernstein, 2011; Dediu, 2012; FAO, 2014). Segundo Rakocy, 2012, a proporção entre o volume do cultivo das plantas e o volume do tanque de cultivo dos peixes é de 2 m<sup>3</sup> para 1 m<sup>3</sup> respetivamente.

Uma das vantagens da aquaponia consiste na sua elevada eficiência na conversão do azoto (Rakocy, 2012; FAO, 2014). O azoto é um elemento vital a todos os organismos vivos, estando diretamente relacionado com a alimentação dos peixes em especial quando a alimentação é rica em proteínas. A proteína é a principal fonte de azoto no cultivo de peixes, representando cerca de 50 % a 70 % dos custos de uma aquacultura (Valente, 2011). Nos sistemas de aquacultura, apenas cerca de 25 % da entrada de azoto consegue ser aproveitada no metabolismo do peixe, sendo que, mais de 70 % é excretado para o meio envolvente na forma de amónia (Martins, 2010). Quando a amónia (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) entra em contacto com a água - e permanece no sistema durante algum tempo - acaba por sofrer uma oxidação bacteriana (*Nitrossomas spp.*), convertendo-se em nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e, em seguida, em nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) por bactérias (*Nitrobacter spp.*). De acordo com os sistemas de aquaponia, e uma vez que os efluentes das aquaculturas tendem a ser libertados para o ecossistema com elevados níveis de nitrato, observa-se um reduzido ou quase nulo desperdício de água, sendo que o nitrato é absorvido pelas plantas, mantendo a qualidade da água que volta a ser introduzida no cultivo animal (Najmiah Radiah, 2013; Hu, 2015).

Contudo, apresenta outras vantagens, tais como o facto de não necessitar de solo, uma vez que se baseia em métodos de jangadas, onde as plantas são cultivadas sobre a água. Sendo dispensável a utilização de um terreno, assim como a utilização de qualquer equipamento agrícola de tratamento de solos, é evitado o uso de combustíveis,

e ainda se evita o uso de pesticidas (dado a existência de uma barreira física, a água). Tratando-se de um sistema fechado, outra vantagem está relacionada com o desperdício de água. Deste modo, a quantidade de água de reposição diária necessária é muito pouca em relação aos cultivos em aquacultura sem sistema RAS e cerca de menos de um décimo da quantidade de água comparativamente ao uso de água num solo (Rakocy, 2012; FAO, 2014). Além do exposto, a aquaponia pode representar um impacto nulo sobre o meio ambiente, especialmente através do uso de fontes de energias renováveis, como painéis fotovoltaicos, inibindo as emissões de dióxido de carbono (Bernstein, 2011).

Como em todas as técnicas, a aquaponia também apresenta desvantagens, nomeadamente os elevados custos iniciais e de manutenção. De salientar ainda que apesar de não depender de combustíveis fósseis, depende de energia elétrica para o sistema de bombagem e arejamento. Para minimizar os custos, podem ser utilizados painéis solares fotovoltaicos como foi referido (Bernstein, 2011; FAO, 2014).

Os sistemas de aquaponia variam em tamanho desde de pequenas unidades de interior ou exterior, para grandes unidades comerciais de acordo com o os produtos e objetivos de produção, utilizando o mesmo conceito (Enduta, 2011; Tyson, 2011; Dediu, 2012; Najmiah Radiah, 2013).

Muitos têm sido os estudos sobre aquaponia em sistemas de água doce. No entanto, este tipo de cultivo é também muito interessante para espécies de água salgada, uma vez que existem vários países onde tradicionalmente se consomem peixes de água salgada, tendo estes um grande impacto na economia local (Nozzi, 2016).

A maior desvantagem no cultivo de aquaponia em água salgada está relacionada com o número limitado de plantas possíveis de cultivar, pois o seu crescimento pode ser afetado quando estão sob condições de salinidade elevadas, sendo apenas as halófitas, plantas capazes de viver em ambientes salinos, ou as plantas que toleram o sal, próprias para o cultivo em água salgada, ou salobra (Parida, 2005; Nozzi, 2016). De modo a ultrapassar esta desvantagem, pode-se recorrer a peixes de água salgada que suportem salinidades mais baixas, águas salobras, como por exemplo, o robalo, encontrando “equilíbrio”, na salinidade que ambos consigam suportar, permitindo assim o crescimento conjunto de peixes e plantas (Nozzi, 2016).

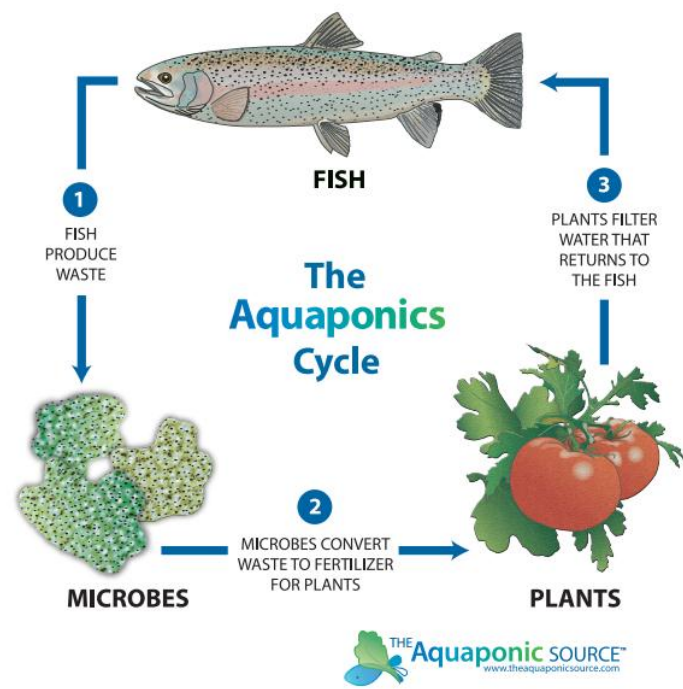


Fig. 1- Ciclo de um sistema de aquaponia (fonte: *The Aquaponic source*).

### 1.2- Técnicas de Aquaponia

Dentro da aquaponia existem várias técnicas que podem ser desenvolvidas e que variam de acordo com a produção e o tipo de produtos a produzir. São exemplos, a técnica de NFT (*Nutrient Film Technique*), DWC (*Deep water culture system*), sistema vertical, sistema de cascalho (*Media Based System*) e cama de absorção (*Wicking bed*) (Rakocy, 2012; FAO, 2014).

De seguida são descritas as técnicas utilizadas para a realização dos ensaios.

#### 1.2.1- NFT (*Nutrient Film Technique*)

Na técnica de NFT, as plantas são colocadas num tubo horizontal e são capazes de utilizar uma fina camada de água que contém os nutrientes essenciais. Este sistema é composto pelo tanque dos peixes e por vários tubos horizontais nos quais a água (uma fina camada) circula no interior, passando depois, por gravidade, novamente para o tanque de cultivo dos peixes. Na parte de cima, os tubos possuem furos onde são colocadas as plantas (dentro de vasos e com substrato para melhor fixação das raízes, como por exemplo argila expandida – LECA) (Rakocy, 2012).

A LECA é um substrato de forma esférica e muito pouco denso, quando comparado com outros substratos. É muito fácil de manusear e é muito bom para o crescimento das raízes. Contudo, é relativamente cara e não está disponível em todo o mundo (FAO, 2014).

O circuito da água faz-se do seguinte modo: a água da *sump*/biofiltro, é bombeada para os tubos de NFT. Posteriormente, por gravidade, passa para os tanques de cultivo, seguindo depois para o filtro mecânico e, por fim, novamente para a *sump*, completando o ciclo de recirculação. Deste modo, esta técnica assegura que a água filtrada passa tanto para o tanque de cultivo, como para os tubos de NFT - zona de crescimento de plantas (Rakocy, 2012).

A capacidade de filtração é muito importante num sistema de aquaponia. Assim, são essenciais a construção de um filtro mecânico, geralmente na forma cilíndrica, para retenção de sólidos e depois um filtro biológico, bem oxigenado e com biobolas que permitam o crescimento das bactérias, para que possa ocorrer a nitrificação dos

compostos azotados por parte das bactérias. Uma filtração deficiente pode levar ao entupimento das tubagens e criar uma situação de anoxia, prejudicando tanto o crescimento dos peixes, como o das plantas. Esta técnica possui baixos níveis de evaporação (FAO, 2014).

Em relação aos tubos de NFT, estes devem possuir uma forma retangular. Esta forma vai permitir aumentar a área disponível para o crescimento das raízes e possibilitar uma camada fina de água, aumentando assim a área de absorção de nutrientes e de troca de ar por parte das raízes. Consequentemente o crescimento das plantas é favorecido. O fluxo de água no tubo de NFT não deve ser superior a valores entre 1 a 2 litros por minuto.

De salientar que a escolha dos tubos a utilizar deve ter em conta o tipo de planta a cultivar, uma vez que o diâmetro dos furos na parte de cima dos tubos tem de ser adequado ao crescimento da planta. Se o objetivo for cultivar produtos hortícolas de maiores dimensões, devem utilizar-se os tubos com furos de 11 cm de diâmetro, enquanto vegetais de crescimento rápido e folha pequena, requerem tubos com apenas 7,5 cm de diâmetro, de modo a evitar limitações ao crescimento da planta. Contudo há que ter em atenção que as plantas que possuem um sistema radicular muito volumoso podem entupir os tubos e provocar perdas de água. No que diz respeito ao comprimento dos tubos, este pode ser variado (FAO, 2014). Para que a água passe ao longo do tubo é necessário haver uma ligeira inclinação do mesmo. Os tubos recomendados são de PVC e com dimensões de 10 cm x 7 cm, uma vez que são mais baratos e mais fáceis de adquirir. Devem ser brancos de modo a refletir a luz solar e a manter o interior dos tubos fresco, representados na figura 2. Quanto aos furos na parte de cima, devem estar de acordo com os vasos a utilizar (Rakocy, 2012).

Depois de montado o sistema, as plantas são colocadas em vasos com substrato: LECA, cascalho, ou lã de rocha (servindo este de suporte para a planta). Por fim as plantas são colocadas no tubo de NFT para crescimento. Aquando do transplante, será necessário garantir que as raízes da plântula conseguem ter acesso ao fluxo contínuo de água, de modo garantir que a mesma não desidrate. Além disso, é aconselhável que na semana que antecede o transplante a plântula seja regada com a água do sistema de modo a minimizar o choque do transplante (FAO, 2014).

Esta técnica é já muito utilizada a nível comercial, em água doce, pois permite a rentabilização de espaço, uma vez que os tubos podem ser dispostos de várias formas (Rakocy, 2012; FAO, 2014).



**Fig. 2-** Tubos de crescimento de plantas utilizados na técnica NFT.

### 1.2.2- DWC (*Deep Water Culture Technique*)

A técnica de DWC baseia-se na suspensão das plantas com recurso a placas flutuantes de poliestireno expandido com furos que sustentam os vasos que as contêm. Essas placas flutuam em canais de cultivo anexos aos tanques de cultivos, ligados por tubagens, como mostra a figura 3. É o método mais usado em grande escala comercial. Tal como na técnica de NFT, a água flui das plantas para o tanque dos peixes com recurso à gravidade, possuindo igualmente uma *sump*. O fluxo de água ocorre no sentido *sump*, plantas, tanque dos peixes, voltando por fim, à *sump* e completando assim um ciclo (Dediu, 2012).

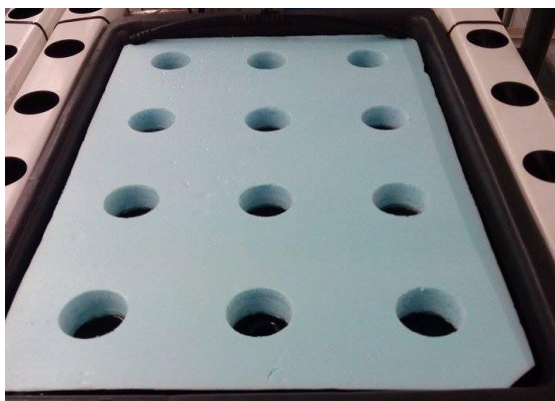
Ao contrário da técnica NFT, na DWC existe uma grande disponibilidade de nutriente de forma permanente. Enquanto na NFT flui apenas um pequeno filme de água, na DWC o grande volume de água presente nos canais de cultivo permite quantidades consideráveis / suplementação ideal de nutrientes a serem utilizados pelas plantas, não esgotando tão facilmente como na NFT. De salientar que nesta técnica, as raízes das

plantas encontram-se permanentemente submersas na água. Tal como na técnica de NFT, os vasos que contêm as plantas devem estar espaçados entre si de acordo com a espécie a cultivar. Devem ainda conter, nos vasos, também o substrato para fixação das raízes: LECA, lã de rocha ou cascalho (Rakocy, 2012).

A nutrição adequada das plantas deve ter em conta a correta entrada e fluxo de água, bem como uma adequada reoxigenação, de modo a garantir que os nutrientes não se esgotem e que as raízes possam respirar. Os canais de cultivo podem apresentar variadas dimensões. Canais estreitos permitem uma maior velocidade da água, o que pode beneficiar as raízes com o fornecimento de nutrientes. Taxas de fluxo elevadas beneficiam o crescimento, devido às raízes estarem sob mais turbulência estando assim em contacto com mais nutrientes. Fluxos mais lentos têm um impacto negativo nas raízes e, conseqüentemente, no crescimento das plantas (Rakocy, 2012).

É ainda essencial que o sistema de fornecimento de oxigénio esteja a trabalhar corretamente. As pedras de arejamento devem ser colocadas tanto no cultivo de plantas, como nos tanques dos peixes. Pode ainda ser adicionado um Tubo de Venturi na entrada de água, de modo a melhor arejar a água. A ter em conta que não podem ser adicionados peixes aos canais de cultivo de plantas, uma vez que podem comer ou danificar as raízes das plantas comprometendo assim o crescimento das mesmas (FAO,2014).

Por fim, as principais diferenças entre o NFT e DWC, consistem no design dos canais de cultivo e quantidade de água disponível para as plantas, bem como de nutrientes. Já as semelhanças baseiam-se nos vasos, substrato, fluxo de água, composição do sistema, tanques de cultivos, canais de cultivo, arejamento e *sump* (Rakocy, 2012; FAO, 2014).



**Fig. 3-** Canal de cultivo utilizado na técnica DWC.

### 1.3- Robalo

O robalo, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) pertence à Classe *Actinopterygii*, Ordem Perciformes e à Família Moronidae. Juntamente com a dourada, faz parte do expoente máximo da aquacultura mediterrânea que em 2010 superou as 118.000 toneladas (FAO, 2016).

O robalo possui um corpo longo e robusto, provido de escamas grandes cicloides. A cabeça é pontiaguda, a boca grande e terminal. A sua cor é cinza, sendo mais escuro na parte dorsal. A parte ventral é amarelada e as laterais são prateadas. Contudo, estas cores podem variar de acordo com a área de distribuição e do fundo em que se encontra. Possui uma mancha negra no ângulo superior do opérculo. O preopérculo é serrilhado na margem posterior e o opérculo possui espinhas características. Possui dentes. O comprimento máximo pode alcançar os 80 - 100 centímetros, no entanto o comprimento mais comum está compreendido entre os 40 e os 55 centímetros (com este comprimento o peso oscila entre os 2 Kg e os 5 Kg). Não apresenta dimorfismo sexual. Não obstante, as fêmeas apresentam a cabeça mais larga e o corpo mais alto que os machos, ou seja, crescem mais rapidamente e alcançam um tamanho maior (Ortega, 2013).

É uma espécie de águas costeiras pouco profundas. Geralmente vive em grupos quando jovem, contudo, quando adulto, vive sozinho ou em pares. Pode ser encontrado perto de zonas rochosas, na foz dos rios e em salinas. Entra muitas vezes nos estuários e por vezes chega a viver nos leitos dos rios. É um animal muito voraz, alimentando-se de pequenos peixes e invertebrados, como por exemplo camarões (Ortega, 2013).

A sua área de distribuição estende-se por todo o Mediterrâneo, o Mar Negro e o Oceano Atlântico, chegando muitas vezes até à Noruega, Marrocos, Canárias e podendo alcançar as costas do Senegal. É uma espécie de grande plasticidade ecológica, eurihalina e euri térmica. Assim, tanto pode viver em águas quase doces (salinidade 0,5 ppt) como suportar salinidades muito altas, até maiores de 60 ppt. Apesar de estas trocas de salinidade deverem ser progressivas, estudos demonstram que suporta trocas bruscas de salinidade na ordem dos 8 ppt a 10 ppt. Quanto à temperatura, é capaz de suportar temperaturas compreendidas entre os 3 °C e os 30 °C (Barnabé, 1976; Eroldoğan, 2004; Arechavala-Lopez, 2012; Di Trapani, 2014).

O robalo é um predador muito ativo, sendo carnívoro. Alimenta-se fundamentalmente de outros peixes, cefalópodes, lagostins e, em menor quantidade, outros crustáceos, como os caranguejos. Fora da estação reprodutora, a maioria dos seus movimentos estão relacionados com a busca de alimentos, perto de ambientes costeiros e estuários. Quando as temperaturas atingem os 10 °C - 12 °C a sua taxa de alimentação diminui consideravelmente, por isso, no Inverno, costuma abandonar as zonas costeiras e voltar para o mar aberto (Kelley, 1988; Arechavala-Lopez, 2012).

### 1.3.1 Cultivo de robalo em aquacultura

O cultivo de robalo é já bem conhecido. O robalo foi das primeiras espécies, depois dos salmonídeos, a ser cultivada industrialmente na Europa. Recentemente, apesar de ter sido superado pelo cultivo de dourada, o robalo constitui a segunda espécie mais cultivada no Mediterrâneo. Os principais produtores são a Grécia, a Turquia, a Espanha, a Itália, a Croácia e o Egito (FAO, 2016).

A engorda de robalos realiza-se, maioritariamente, em tanques sob regime extensivo e semi-extensivo e também, embora em menor quantidade, sob regime intensivo. Nos últimos anos têm-se registado o uso de sistemas de recirculação para engorda de robalo. Durante a engorda, tanto em tanques como em jaulas, a mortalidade é baixa, oscilando entre os 5 % e os 10 %. O tamanho comercial (350 g - 400 g) é atingido cerca de 12-18 meses após o início da engorda (Ortega, 2013).

O robalo é um peixe que se alimenta nas horas de menos luz. Em aquacultura o alimento consiste exclusivamente em rações comerciais secas, sendo que atualmente são cada vez mais utilizadas as rações extrudidas. A taxa de alimentação varia entre 0,5 % e 3,0 % do peso do animal por dia, em função do tamanho do peixe e da temperatura do cultivo (Ortega, 2013).

A produção de robalo a nível mundial em 2014 atingiu as 156449 toneladas. Desde 2002 até 2008 a produção de robalo duplicou na Europa, o que representa um aumento anual de 12 %. Contudo, esta tendência tem sido revertida nos últimos anos, havendo uma redução de 6,6 % na produção em 2009 e de 0,3 % em 2010, o que faz do robalo a terceira espécie mais produzida na Europa, tendo sido ultrapassado pelo salmão e pela dourada (FAO, 2016).

Em Portugal a produção de robalo em 2016 atingiu as 297 toneladas, tendo sido o pico de produção atingido em 2006 com a produção de 1584 toneladas de robalo. Esta diminuição na produção de robalo pode ser explicada pela diminuição do número de instalações de aquacultura devido à diminuição do preço de venda do robalo. O valor apurado em 2016 da produção de robalo foi cerca de 1948 milhares de euros (INE, 2017).

### 1.4- Acelga

A acelga, *Beta vulgaris var.cicla*, é um membro da família *Chenopodiaceae*, família que contém várias culturas importantes para a alimentação, como por exemplo, o espinafre (*Spinacia oleracea*) e a beterraba (*Beta vulgaris*).

É uma planta herbácea de folha bienal cultivada em muitas partes do mundo, uma vez que é uma planta de fácil cultivo, disponível durante todo o ano. É ainda muito utilizada na alimentação tradicional, sob a forma de salada ou cozida.

É uma planta com uma grande capacidade de adaptação aos ambientes e solos, sendo capaz de suportar diferentes concentrações salinas e uma vasta gama de pH. Consegue ainda crescer em solos com escassa disponibilidade de água, matéria orgânica e tolerar baixas condições de luminosidade, tendo mesmo demonstrado o rendimento máximo de crescimento em condições de pouca luz (Gao, 2009; Sacan, 2010; Ninfali, 2013; Casierra-Posada, 2014; Liu, 2014; Kaburagi, 2015).

A acelga possui também um grande potencial nutracêutico, uma vez que as suas folhas possuem concentrações significativas de vitaminas A, B e C, cálcio, ferro e fósforo. Contém ainda ácidos gordos, tais como: ácido ascórbico, ácido fólico, ácido linoleico, ácido oleico, ácido palmítico, ácido esteárico e ácido linolénico. Contém também fosfolípidos, glicolípidos, polissacáridos, pectina, saponinas, flavonoides. É uma fonte rica de antioxidantes que apresentam um potencial terapêutico, baixa toxicidade e atividade anti-proliferativa em células tumorais, com valor para serem utilizados como agentes quimiopreventivos do cancro (Bolkent, 2000; Kugler, 2004; Ozsoy-Sacan, 200; Pyo, 2004; Gao, 2009; Ninfali, 2013; Casierra-Posada, 2014).

Vários têm sido os estudos clínicos que provaram que o consumo de alimentos e bebidas ricas em fitoquímicos antioxidantes pode ter um efeito benéfico sobre a saúde. Estas conclusões fazem com que estes produtos sejam vistos como uma importante fonte de antioxidantes, devido aos seus elevados níveis de prolina, flavonoides, fenóis, e ainda de anti-acetilcolinesterase, trazendo benefícios para a saúde e podendo vir a prevenir doenças neuro degenerativas como a *Parkison* (Sacan, 2010). Por fim, a acelga pode ser ainda utilizada como uma medicação hipoglicémica alternativa para os diabéticos, estudos anteriores relataram que a acelga tem um potencial redutor da glicose no sangue (Bolkent, 2000; Yanardağ, 2002; Ozsoy-Sacan, 2004; Sacan, 2010).

### 1.5- Espinafre

O espinafre, *Tetragonia tetragonioides*, pertence à família *Aizoaceae*, uma grande família de folhas suculentas com cerca de 2600 espécies (Prakash, 1967).

É uma planta perene, com um caule principal, folhosa e de cor verde-escuro. As folhas são mais pequenas quando comparadas com as do espinafre da espécie *Spinacea oleracea* (Haase, 1990; Ahmed, 2000; Jaworska, 2005).

É muito utilizado na agricultura, característico de climas temperados, tropicais e sub-tropicais, devido ao seu rápido crescimento (elevada taxa de biomassa), fácil cultivo (disponível durante todo o ano) e resistência a pragas e doenças e facilidade de adaptação a ambientes adversos, tais como elevadas temperaturas e elevada salinidade (Ahmed, 2000; Wilson, 2000; Denton, 2004; Matraszek, 2008; Słupski, 2010; Yousif, 2010; Choi, 2016). É ainda muito utilizado na alimentação sob a forma de sopas ou saladas (Prakash, 1967; Wilson, 2000; Jaworska, 2005; Neves, 2008; Liebman, 2009; Yousif, 2010).

A composição do espinafre depende da sua origem e das condições climáticas em que se desenvolve, entre outros fatores. Contudo, este possui proteínas, gorduras, vitaminas, A, B e C, fibras e sais minerais, como o cálcio, ferro, potássio, sódio e ainda ácido fólico. Foi ainda reportado que é um alimento rico em luteína (Moeller, 2000; de Azevedo-Meleiro, 2005) e que é uma planta que acumula grandes quantidades de nitratos e oxalatos (Jaworska, 2005).

O espinafre é igualmente conhecido pelas suas propriedades terapêuticas. Destacam-se a presença de polifenóis, compostos bioativos ou fitoquímicos com benefícios para a saúde (Boffetta, 2010).

Foram ainda isolados compostos em folhas de espinafre que indicam ter atividades anti-ulcerogénicas e anti-inflamatórias (Wilson, 2000; Cambie, 2003; Hara, 2008; Yousif, 2010).



### 2- Objetivos

O presente trabalho teve como objetivos estudar a adaptabilidade do robalo, *Dicentrarchus labrax*, a diferentes salinidades e estudar o crescimento conjunto do robalo, da acelga, *Beta vulgaris var.cicla*, e do espinafre, *Tetragonia tetragonioides*, em sistema de aquaponia.

A avaliação do crescimento e da composição nutricional das espécies em estudo.

Estudar o efeito da salinidade no crescimento (peso) do robalo, na sua composição nutricional (proteínas, lípidos e cinzas), nos índices biométricos (índice hepatossomático e viscerossomático) e ainda no peso do filete em relação ao peso total do indivíduo.

Pretendeu ainda estudar-se, em aquaponia, o efeito da baixa salinidade (3 ppt) no crescimento do robalo e das plantas (acelga e espinafre): peso, altura e largura das folhas. Pretendeu igualmente estudar-se a composição nutricional das plantas, ao nível do teor de lípidos, proteínas e cinzas e, para a acelga, ainda o teor de clorofilas carotenoides e cloretos.



### 3- Materiais e métodos

Este estudo foi desenvolvido no edifício CETEMARES, Centro de I&D, Formação e Divulgação do Conhecimento Marítimo, MARE-IPLeiria, Instituto Politécnico de Leiria, Peniche, Portugal.

#### 3.1- Aquisição de juvenis:

Os juvenis de robalo, *Dicentrarchus labrax*, com um peso inicial de  $22,00 \pm 0,73$  g (média  $\pm$  desvio-padrão,  $n = 105$ ) foram gentilmente comprados pela empresa *Flying Sharks* à empresa *Maresa* em Ayamonte, Huelva, Espanha. O transporte dos mesmos até Peniche foi assegurado pela mesma empresa.

Os peixes foram mantidos num sistema RAS, cerca de 45 dias, à salinidade 32 ppt, antes do início do 1º ensaio. Durante esse período foi possível observar que o comportamento dos peixes não apresentou alterações.

#### 3.2- 1º Ensaio – Estudo da adaptabilidade do robalo a diferentes salinidades

##### 3.2.1- Desenho experimental:

Os juvenis de robalo foram separados em quatro grupos (salinidade 3 ppt, 6 ppt, 12,5 ppt e 32 ppt). O grupo sujeito à salinidade 32 ppt, grupo controlo, constituído por 30 indivíduos, foi colocado num tanque de 1000 litros. Já os restantes grupos, salinidade 3 ppt, 6 ppt e 12,5 ppt, constituídos por 25 indivíduos cada um, foram colocados em tanques de 200 litros. Uma vez que no segundo ensaio deste estudo, sobre o cultivo em aquaponia, existe uma necessidade de proporção entre peixes e plantas, cerca de 2,7 Kg de peixe por  $m^2$  de plantas (Rakocy, 2012; Buzby, 2014), e uma vez que a base do sistema será o mesmo, desde o 1º ensaio que se respeitou essa mesma proporção, resultando assim nesta diferença de divisão dos peixes pelos tanques. Os sistemas com tanques de 200 litros possuíam ainda um tanque de sedimentação com 100 litros, um filtro biológico (*sump*) com 90 litros, onde estava uma bomba (Jebo AP2000;  $H_{m\acute{a}x}$ : 1,9 m;  $Q_{m\acute{a}x}$ : 1100L/h) responsável pela recirculação da água, perfazendo assim uma capacidade total de 400 litros cada sistema, como mostra a figura 4. O caudal médio dos três tanques foi de aproximadamente 2 litros por minuto. O sistema com salinidade 32

ppt, consiste num tanque de 1000 litros com um sistema de filtração da TMC, constituído por filtração física, química e biológica.



**Fig. 4-** Sistema de cultivo de robalo, no 1º ensaio (salinidade 3 ppt; 6 ppt e 12,5 ppt).

A aclimação às baixas salinidades demorou cerca de 6 semanas (cerca de 30 dias), através de uma substituição diária de 20 litros de água do sistema por água doce. Cada substituição foi seguida de controlo da salinidade obtida.

Durante o período experimental, 60 dias, o arejamento da água foi realizado com recurso a pedras difusoras. Diariamente foram medidos os parâmetros da qualidade da água, nomeadamente, oxigénio dissolvido, temperatura, salinidade e pH, com recurso a uma sonda multiparâmetros, modelo HI9829 da marca *Hanna Instrument*. A manutenção/limpeza dos tanques foi realizada diariamente, ao início e fim do dia.

### 3.2.2- Alimentação:

Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia, com um peso de ração de cerca de 3 % do peso dos indivíduos, por dia (Eroldoğan, 2004). A ração fornecida foi a “*Gold 5*” da empresa *Aquasoja*, com um tamanho do granulado entre 2 - 4 mm e com a seguinte informação nutricional: 46 % de proteína, 18 % de gordura, 10 % de cinzas, 2 % de fibras, 1,2 % de fósforo, 8,0 UI/Kg de vitamina A, 1,5 UI/Kg de vitamina D3, 300 UI/Kg de vitamina E, 100 mg/kg de vitamina C e 18 kJ/g de energia digestível.

### 3.2.3- Amostragem:

Os peixes foram pesados com recurso a uma balança analítica (AE ADAM PLG 3002, peso máximo de 3000 g e uma precisão de 0,01 g) a cada 10 dias, de modo a determinar o crescimento. Para a realização das análises teor de proteína, teor de gordura, teor de cinzas, índice hepatossomático (HSI), índice viscerossomático (VSI) e *fillet yield* (FY), foram recolhidas amostra no início (dia 0), meio (dia 30) e fim (dia 60) do ensaio.

### 3.2.4- Análises:

De modo a determinar o teor de proteínas, foi utilizado o método de Kjeldahl (Mattisek, 1988) e para o teor de lípidos, o método de Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente (AOAC, 1984). Para o teor de cinzas, as amostras foram colocadas primeiramente na estufa e posteriormente na mufla a 500 °C durante 4 horas. O *fillet yield* foi determinado através da média do peso final do peixe e a média do peso do filete:  $FY = 100 \times (\text{peso do filete} / \text{peso do peixe})$ .

De modo a determinar os índices biométricos e a composição nutricional do robalo em cada tanque (diferentes salinidades), 5 peixes de cada tanque foram capturados aleatoriamente e posteriormente pesados e dissecados. De seguida, foram obtidos todos os valores necessários, tais como: o peso total dos indivíduos, peso da víscera (que inclui o fígado e o trato gastrointestinal desde o esófago ao ânus), o peso do fígado e do filete. Finalmente, o SGR, taxa de crescimento específico, os índices hepatossomático (HSI) e viscerossomático (VSI), o *fillet yield* (FY), o teor de proteínas, o teor de gordura e o teor de cinzas foram calculados (Eroldoğan, 2004)

Taxa de crescimento específico:

$$\text{SGR (\% dia}^{-1}\text{)} = \frac{\ln \text{ peso final (g)} - \ln \text{ peso inicial (g)}}{\text{N}^{\circ} \text{ dias}} \times 100$$

Fillet yield:

$$\text{FY} = \frac{\text{peso do filete (g)}}{\text{peso total (g)}} \times 100$$

Índice Hepatosomático:

$$\text{HSI} = \frac{\text{peso do fígado (g)}}{\text{peso total (g)}} \times 100$$

Índice Viscerosomático:

$$\text{VSI} = \frac{\text{peso das vísceras (g)}}{\text{peso total (g)}} \times 100$$

**3.2.5- Análise Estatística:**

A análise estatística foi feita com recurso ao MS Excel 2013, de modo a verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tratamentos ao nível do crescimento, índices biométricos e análises bioquímicas. A análise de Variâncias (ANOVA) foi feita, com um intervalo de confiança de 95 %. A homogeneidade de variâncias das amostras foi previamente verificada.

**3.3- Ensaio preliminar ao 2º ensaio**

O ensaio preliminar deste estudo teve como objetivo o crescimento de plantas e robalo num sistema de aquaponia. Assim, de modo a determinar qual o valor da salinidade utilizado no 1º ensaio que mais se adequa ao crescimento de quatro espécies de plantas com interesse comercial e ainda ao crescimento de robalo, foi realizado um ensaio preliminar.

Durante um mês (30 dias), foram colocadas várias plantas (espinafre, acelga, tomate e espinafre da nova zelândia) nos sistemas a salinidade 3 ppt, 6 ppt e 12,5 ppt, de modo a verificar o crescimento e sobrevivência das plantas face às condições ambientais apresentadas.

Para tal, foi necessário a conceção de três sistemas de aquaponia, compostos por 3 tanques de PVC de 200 litros, 1 filtro de decantação de 100 litros, uma *sump* de 90 litros, dividida em filtração física e biológica, onde estava uma bomba (Jebo AP2000;  $H_{\text{máx}}$ : 1,9 m;  $Q_{\text{máx}}$ : 1100 L/h) responsável pela recirculação da água perfazendo assim

uma capacidade total de 400 litros cada sistema. O caudal médio dos três tanques foi de aproximadamente 2 litros por minuto, num sistema de hidroponia NFT e DWC. Para o crescimento das plantas foi utilizada ainda uma calha composta por 2 lâmpadas fluorescentes T5, 2 lâmpadas HQI de 150 W e 2 lâmpadas LED de 54 W, da marca *Biopur* (Bavaria Aquaristik).

### 3.3.1- Alimentação:

Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia com ração de peso igual a 3 % do seu peso por dia. A ração fornecida foi a “*Gold 5*” da empresa *Aquasoja*, como no ensaio anterior.

### 3.3.2- Conclusão:

Após esse período, e com recurso a registo visual, como mostra a figura 5, foram selecionadas a acelga e o espinafre da Nova Zelândia, uma vez que foram as espécies que melhor se desenvolveram nestas condições. No tanque de salinidade 3 ppt, foi onde se observou um maior crescimento das plantas e onde, segundo o 1º ensaio, não houve diferenças significativas no crescimento dos peixes.



**Fig. 5-** Resultado obtido após o ensaio preliminar (salinidade 3 ppt; 6 ppt e 12,5 ppt).

### **3.4- 2º Ensaio – Estudo do crescimento de robalo, acelga e espinafre em aquaponia**

#### **3.4.1- Desenho experimental:**

O objetivo do último ensaio, com duração de 30 dias, foi testar o crescimento de robalo, *Dicentrarchus labrax*, acelga, *Beta vulgaris var.cicla* e espinafre, *Tetragonia tetragonoides*, em sistema de aquaponia.

Para tal, foi necessário a utilização de 3 sistema de aquaponia, iguais aos descritos anteriormente no ensaio preliminar, compostos por 3 tanques de PVC de 200 litros, 1 filtro de decantação de 100 litros, uma *sump* de 90 litros (dividida em filtração física e biológica) e onde estava uma bomba (Jebo AP2000;  $H_{m\acute{a}x}$ : 1,9 m;  $Q_{m\acute{a}x}$ : 1100 L/h) responsável pela recirculação da água, perfazendo assim uma capacidade total de 400 litros cada sistema. O caudal médio dos três tanques foi de aproximadamente 2 litros por minuto, num sistema de hidroponia NFT e DWC. Para o crescimento das plantas foi ainda utilizada como fonte de luz uma lâmpada HQI composta por 2 lâmpadas fluorescentes T5, 2 lâmpadas HQI de 150 W e 2 lâmpadas LED de 54 W, da Marca *Biopur* (Bavaria Aquaristik), como descrito no ensaio preliminar.

Assim, os juvenis de robalo, com peso médio inicial de  $59,79 \pm 13,31$  g, foram distribuídos pelos 3 tanques à salinidade 3 ppt e ainda um tanque controlo à salinidade 32 ppt, cada tanque com 10 peixes. Estes foram pesados no início (dia 0) e fim do ensaio (dia 30), de modo a reduzir o *stress* causado.

As plantas foram transplantadas, cerca de uma semana antes do ensaio. Para tal foram lavadas e colocadas em vasos com LECA (argila expandida), sendo pesadas e medidas (o comprimento, altura e largura da folha) para posteriormente serem colocadas em cada sistema.

Cada sistema possuía 6 exemplares de cada espécie de plantas em cada técnica de hidroponia, ou seja 6 acelgas e 6 espinafres nas 2 calhas de NFT e 6 acelgas e 6 espinafres na cama de flutuação da técnica DWC. Foram ainda identificadas com cores (vermelho, verde, azul e amarelo) com recurso a uma fita colocada em cada vaso, de modo a conseguir verificar o crescimento individual de cada planta. Com o objetivo de determinar o crescimento das plantas ao longo do ensaio, estas foram então pesadas

com recurso a uma balança (OHAUS Scout Pro, peso máximo de 4000 g e precisão de 0,1 g) e medidas, no início, meio e fim do ensaio.



**Fig. 6-** Sistema aquapónico para crescimento de robalo, acelga e espinafre a salinidade 3 ppt.

### 3.4.2- Alimentação:

Os peixes foram alimentados do modo descrito anteriormente. A ração fornecida foi a “Gold 5” da empresa *Aquasoja*, como no ensaio anterior.

### 3.4.3- Amostragem:

Durante a pesagem dos peixes, com recurso à balança (OHAUS Scout Pro, peso máximo 4000 g e precisão 0,1 g), no início (dia 0) e no fim (dia 30) do ensaio, foram escolhidos aleatoriamente 2 indivíduos de cada tanque para análise. Tal como no 1º ensaio, procedeu-se à realização do SGR, teor de proteína, teor de lípidos, teor de cinzas, índice hepatossomático (HSI), índice viscerossomático (VSI) e *fillet yield* (FY).

Em relação às plantas, também foram recolhidas amostras de tecido vegetal no início (dia 0) e no fim (dia 30) do ensaio. As análises efetuadas ao tecido vegetal foram o teor de proteínas, o teor de lípidos, o teor de cinza e cloretos e ainda quantificação de clorofilas e carotenoides. De salientar que no espinafre, devido ao crescimento mais lento comparativamente à acelga, não foi possível a quantificação de clorofilas e carotenoides e ainda a determinação de cloretos, devido à falta de tecido vegetal.

### 3.4.4- Análises:

De modo a determinar o teor de proteínas, foi utilizado o método de Kjeldahl (Mattisek, 1988), para o teor de lípidos, o método de Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente (AOAC, 1984). Para o teor de cinzas, as amostras foram colocadas primeiramente na estufa e posteriormente na mufla a 500 °C durante 4 horas.

Em relação ao teor de cloretos, este foi determinado de acordo com o método de Mohr, titulação de precipitação (AOAC, 1984; Gaines, 1984; Silva, 1998). Já a medição do teor de clorofilas e carotenos, teve como base o estudo de Lichtenthaler, 1987.

### 3.4.5- Análise Estatística:

A análise estatística foi feita com recurso ao MS Excel 2013, de modo a verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tratamentos ao nível do crescimento, índices biométricos e análises bioquímicas. A análise de Variâncias (ANOVA) foi feita, com um intervalo de confiança de 95 %. A homogeneidade de variâncias das amostras foi previamente verificada.

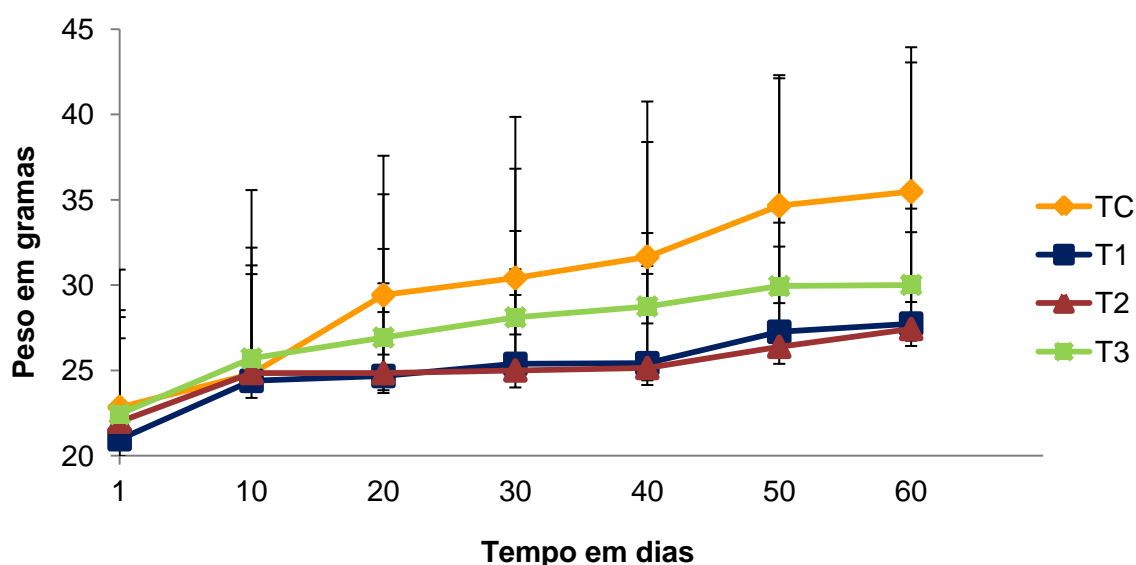
## 4- Resultados

### 4.1- Resultados 1º Ensaio

No 1º ensaio foram testadas três salinidades e o efeito das mesmas no crescimento e composição nutricional do robalo.

#### 4.1.1- Crescimento

Na figura 7 podemos observar a evolução do peso, em gramas, ao longo do tempo de estudo, 60 dias, nos diferentes tratamentos: salinidade 3 ppt, 6 ppt, 12,5 ppt e 32 ppt (controlo).



**Fig. 7-** Crescimento, peso em gramas, durante o ensaio (60 dias) nas diferentes salinidades. TC: salinidade 32 ppt; T1: salinidades 3 ppt; T2: salinidade 6 ppt e T3: salinidades 12,5 ppt. As linhas representam a média e o desvio-padrão do peso dos peixes em cada tratamento no dia da pesagem.

Na figura 7, é possível observar o efeito da salinidade no crescimento de juvenis de robalo ao longo dos 60 dias de estudo. Como é possível verificar, em todas as salinidades houve um crescimento em gramas ao longo do ensaio, sendo este crescimento mais acentuado no tratamento T3 (12,5 ppt) e no tratamento controlo (32 ppt), sobretudo entre o dia 10 e o dia 40.

Ao final dos 60 dias o peso médio foi de  $26,83 \pm 5,47$  g,  $28,87 \pm 5,43$  g,  $30,01 \pm 12,36$  g e  $35,48 \pm 7,46$  g para os tratamentos T1, T2, T3 e TC, respetivamente, não existindo diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes ensaios.

O SGR calculado com base nos pesos iniciais e finais, demonstraram que, a maior percentagem de peso ganho registou-se no tanque controlo, onde a salinidade é de 32 ppt, seguido pelo tanque à salinidade 12,5 ppt, posteriormente o tanque com salinidade 6 ppt e finalmente o tanque com salinidade 3 ppt, com uma taxa de crescimento específico (SGR) de 0,73 %, 0,48 %, 0,45 % e 0,41 % respetivamente, como se pode observar na tabela I.

**Tabela I-** Valores de SGR,  $SGR = ((\ln \text{ peso final} / \ln \text{ peso inicial}) / (\text{dias})) \times 100$ , obtidos no decorrer do ensaio (60 dias).

Salinidade (ppt)	SGR (%)
3	0,41 %
6	0,45 %
12,5	0,48 %
32	0,73 %

#### 4.1.2- Índices Biométricos

Na tabela II é possível observar a evolução do *fillet yield* (razão entre o peso do filete e o peso total do indivíduo) durante o ensaio, início, dia 0, meio, dia 30 e fim, dia 60 do ensaio.

**Tabela II-** Valores de FY (peso do filete em relação ao peso total) obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .  $FY \% = (\text{peso do filete} / \text{peso total}) \times 100$ .

Salinidade (ppt)	FY Inicial (%)	FY Meio (%)	FY Final (%)
3	35,22 $\pm$ 1,35	36,31 $\pm$ 1,48	36,46 $\pm$ 4,37
6		36,57 $\pm$ 1,65	37,56 $\pm$ 2,62
12,5		36,65 $\pm$ 1,51	37,32 $\pm$ 3,01
32		37,10 $\pm$ 1,29	39,06 $\pm$ 3,73

É possível verificar que durante o tempo de estudo, o peso do filete em relação ao peso total do peixe, tem tendência a aumentar, sendo maior à salinidade 32 ppt. Contudo, após análise estatística (ANOVA com  $p < 0,05$ ), quando comparadas as diferentes salinidades, não se verificam a existência de diferenças estatisticamente significativas.

Na tabela III, verificou-se a evolução do índice viscerossomático (peso das vísceras em relação ao peso total), durante o ensaio, início, dia 0, meio, dia 30 e fim, dia 60.

**Tabela III-** Valores de VSI (peso das vísceras relativamente ao peso total) obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .  $VSI \% = (\text{peso das vísceras} / \text{peso total}) \times 100$ .

Salinidade (ppt)	VSI Inicial (%)	VSI Meio (%)	VSI Final (%)
3	9,90 $\pm$ 1,10	9,34 $\pm$ 1,45	7,74 $\pm$ 1,94
6		8,21 $\pm$ 0,88	8,92 $\pm$ 1,38
12,5		9,09 $\pm$ 1,41	8,85 $\pm$ 1,06
32		9,80 $\pm$ 1,72	9,66 $\pm$ 1,56

Como se pode observar na tabela III, durante o decorrer do ensaio (60 dias), o peso das vísceras relativamente ao peso total do peixe tem tendência a diminuir, contudo é à salinidade 32 ppt que se registam os maiores valores de VSI, tanto no dia 30, como no dia 60 do ensaio. Após análise estatística, ANOVA  $p < 0,05$ , é possível verificar que não existem diferenças estatisticamente significativas quando se comparam as diferentes salinidades em estudo.

Por fim, na tabela IV é possível verificar a evolução do índice hepatossomático (razão entre o peso do fígado e o peso total), durante o ensaio, início, dia 0, meio, dia 30 e fim, dia 60.

**Tabela IV-** Valores de HSI (peso do fígado em comparação com o peso total) obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .  $HSI \% = (\text{peso do fígado} / \text{peso total}) \times 100$ .

Salinidade (ppt)	HSI Inicial (%)	HSI Meio (%)	HSI Final (%)
3	2,25 $\pm$ 0,44	2,36 $\pm$ 0,51	1,69 $\pm$ 0,34
6		2,18 $\pm$ 0,16	2,12 $\pm$ 0,01
12,5		2,43 $\pm$ 0,50	1,87 $\pm$ 0,34
32		2,32 $\pm$ 1,12	2,24 $\pm$ 0,40

Na análise da tabela IV, verificou-se que o peso do fígado em relação ao peso total, tem tendência a diminuir ao longo do ensaio. Ao dia 30 do ensaio, o valor mais alto encontra-se na salinidade 12,5 ppt. O mesmo não se registou no final do ensaio, onde o maior valor obtido foi à salinidade 32 ppt. No entanto, após análise estatística, ANOVA  $p < 0,05$ , os resultados obtidos não apresentam diferenças estatisticamente significativas ao longo do ensaio, quando comparadas as diferentes salinidades.

#### 4.1.3- Composição Nutricional

Na tabela V é possível observar os valores do teor de proteína no robalo obtidos no decorrer do ensaio, início, dia 0, meio, dia 30 e fim, dia 60.

**Tabela V-** Valores de proteína obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .

Salinidade (ppt)	Proteína Inicial (%)	Proteína Meio (%)	Proteína Final (%)
3	15,12 $\pm$ 0,11	21,20 $\pm$ 0,09	18,98 $\pm$ 0,62
6		20,77 $\pm$ 0,55	19,02 $\pm$ 0,33
12,5		20,79 $\pm$ 0,40	18,76 $\pm$ 0,37
32		21,30 $\pm$ 0,24	19,84 $\pm$ 0,16

Como se pode observar, o teor de proteína tem tendência a aumentar ao longo do ensaio. É possível observar um aumento acentuado até ao dia 30, acabando depois por diminuir até ao final do ensaio. Os valores mais altos de proteína foram registados na salinidade 32 ppt. No entanto, após análise estatística (ANOVA  $p < 0,05$ ), podemos concluir que não existem diferenças estatisticamente significativas quando comparados os valores obtidos nas diferentes salinidades testadas.

Na tabela seguinte, tabela VI, é possível verificar a evolução do teor de cinzas ao longo do ensaio, início, meio e fim, respetivamente, o dia 0, dia 30 e dia 60.

**Tabela VI-** Valores do teor de cinzas obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .

Salinidade (ppt)	Cinzas Inicial (%)	Cinzas Meio (%)	Cinzas Final (%)
3	2,47 $\pm$ 0,47	1,43 $\pm$ 0,04	1,54 $\pm$ 0,19
6		1,45 $\pm$ 0,07	1,81 $\pm$ 0,31
12,5		1,50 $\pm$ 0,02	2,66 $\pm$ 0,75
32		1,48 $\pm$ 0,04	1,60 $\pm$ 0,12

Em relação ao teor de cinzas, verifica-se que este tem tendência a diminuir ao longo do ensaio, sendo a salinidade com a percentagem de teor de cinzas mais elevada a 12,5 ppt, tanto no meio, como no final do ensaio. Após análise estatística (ANOVA  $p < 0,05$ ) é possível verificar que não há diferenças estatisticamente significativas entre as salinidades estudadas.

Por fim, na tabela seguinte, a tabela VII, é possível observar as variações no teor de gordura, no início, dia 0, no meio, dia 30, e no fim, dia 60 do ensaio.

**Tabela VII-** Valores de gordura obtidos no decorrer do ensaio, início, meio e fim (60 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .

Salinidade (ppt)	Gordura Inicial (%)	Gordura Meio (%)	Gordura Final (%)
3	1,65 $\pm$ 0,58	3,28 $\pm$ 0,19	2,72 $\pm$ 0,26
6		3,62 $\pm$ 0,05	2,46 $\pm$ 1,37
12,5		3,10 $\pm$ 0,71	2,03 $\pm$ 1,19
32		3,94 $\pm$ 1,24	3,53 $\pm$ 0,79

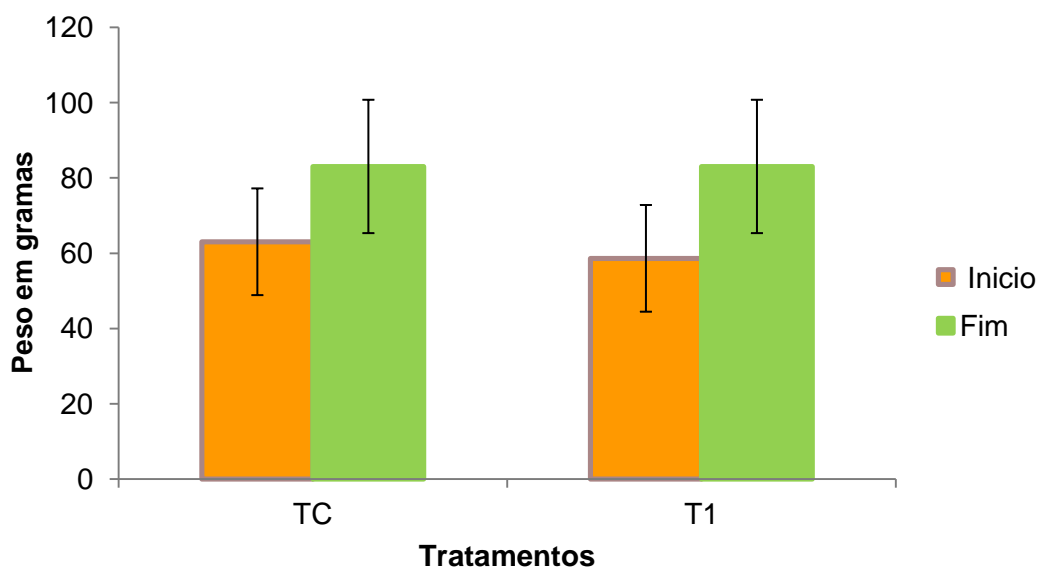
No que concerne ao teor de gordura, tabela VII, pode observar-se que este tem tendência a aumentar ao longo do ensaio, tendo este valor aumentado muito até ao dia 30 e acabado por diminuir até ao final do ensaio, tal como o teor de proteína. O maior valor de teor de gordura registado no meio e no final do ensaio foi à salinidade de 32 ppt. Após a análise estatística (ANOVA  $p < 0,05$ ) não foram, de novo, encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos nas diferentes salinidades.

## 4.2- Resultados 2º Ensaio

O 2º ensaio deste estudo, teve como objetivo o crescimento de robalo, acelga e espinafre em sistema aquapónico com salinidade 3 ppt.

### 4.2.1- Crescimento dos peixes:

Na figura 8 pode observar-se a evolução do peso do robalo durante o ensaio no tanque controlo, salinidade 32 ppt e no tanque a salinidade 3 ppt.



**Fig. 8-** Crescimento do robalo, peso em gramas, durante o ensaio (30 dias) a salinidade 3 ppt. Sendo o TC: tanque controlo; T1: tanque com salinidade 3 ppt. As barras representam o valor médio em gramas  $\pm$  desvio-padrão.

Na figura 8, é possível observar o efeito da salinidade 3 ppt no crescimento de juvenis de robalo ao longo dos 30 dias de estudo. Como é possível verificar, houve um crescimento em gramas ao longo do ensaio para ambos os tratamentos.

No final dos 30 dias o peso médio foi de  $81,65 \pm 16,26$  g e  $77,80 \pm 13,41$  g, para os tratamentos T1 e TC, respetivamente, não existindo diferenças estatisticamente entre as salinidades.

Relativamente à taxa de crescimento específico SGR, para a salinidades 3 ppt o valor obtido foi de  $1,16 \pm 0,19$  %, indicando assim que por dia, os peixes aumentaram cerca de 1,16 % do seu peso.

#### 4.2.1.1- Índices Biométricos:

Na tabela VIII, é possível observar a evolução dos valores de *fillet yield* do índice hepatossomático e índice viscerossomático obtidos no decorrer do ensaio.

**Tabela VIII-** Valores dos índices viscerossomático, hepatossomático e *fillet yield* obtidos no decorrer do ensaio, início e no fim (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .

	FY (%)	HSI (%)	VSI (%)
Início	36,06 $\pm$ 2,57	1,12 $\pm$ 0,42	5,47 $\pm$ 1,75
Fim	40,69 $\pm$ 0,71	1,42 $\pm$ 0,10	6,57 $\pm$ 0,91

Na tabela acima apresentada é possível verificar os dados obtidos relativamente aos índices biométricos no início (dia 0) e no final do ensaio (dia 30).

O valor inicial do *fillet yield*, 36,06  $\pm$  2,57 %, aumentou para o valor final de 40,69  $\pm$  0,71 %. Este facto mostra que o peso do filete, relativamente ao peso total do indivíduo, aumentou ao longo do ensaio.

Em relação ao valor de HSI, no início do estudo o valor apresentado foi de 1,12  $\pm$  0,42 %, aumentando depois no final do ensaio para 1,42  $\pm$  0,10 %, ou seja, registou-se um aumento do peso do fígado relativamente ao peso do indivíduo ao longo do ensaio.

Por fim, relativamente ao VSI, é possível verificar que o valor aumentou ao longo do ensaio, tal como nos índices anteriores, ou seja, o peso das vísceras em relação ao peso do indivíduo aumentou, sendo o valor inicial de 5,47  $\pm$  1,75 % e o final de 6,57  $\pm$  0,91 %.

#### 4.2.1.2- Composição nutricional

Na tabela IX, é possível observar a evolução do teor de proteínas, teor de gordura e teor de cinzas ao longo do ensaio, no robalo, *Dicentrarchus labrax*.

**Tabela IX-** Valores do teor de proteínas, teor de gordura e teor de cinzas no robalo ao longo do ensaio (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .

	<b>Proteína (%)</b>	<b>Gordura (%)</b>	<b>Cinzas (%)</b>
<b>Início</b>	19,03 $\pm$ 0,75	1,56 $\pm$ 0,38	1,54 $\pm$ 0,04
<b>Fim</b>	19,67 $\pm$ 0,29	3,57 $\pm$ 1,04	1,60 $\pm$ 0,07

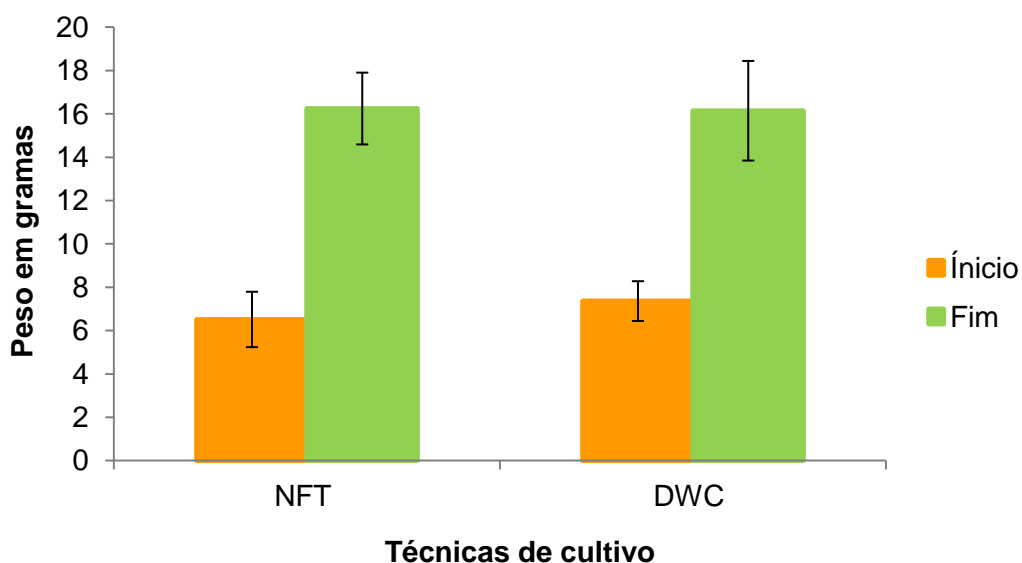
Relativamente à composição nutricional do peixe, é possível verificar que tanto o teor de proteína, como o de gordura e o de cinzas, aumentou ao longo dos 30 dias de ensaio. Desta análise pode inferir-se que o peixe se tornou mais rico sob o ponto de vista nutricional, pois o valor do teor de proteína inicial de 19,03  $\pm$  0,75 % passou a ser no final de 19,67  $\pm$  0,29 %, o valor do teor de gordura no início de 1,56  $\pm$  0,38 % passou a ser no final de 3,57  $\pm$  1,04 % e o valor do teor de cinzas no início de 1,54  $\pm$  0,04 % aumentou para 1,60  $\pm$  0,07 % no final.

#### 4.2.2- Crescimento das plantas:

Relativamente ao crescimento das plantas, existem algumas diferenças registadas entre as duas espécies estudadas:

No caso da acelga a taxa de sobrevivência foi de 100 %, verificando-se um crescimento (aumento de peso) em todas as plantas em estudo. O SGR obtido foi de 2,71  $\pm$  1,02 %.

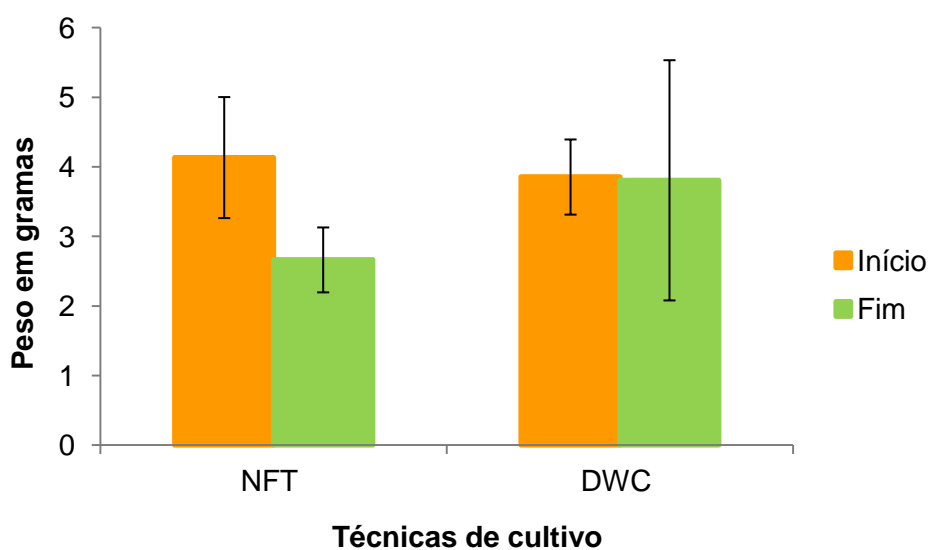
Relativamente ao espinafre, a taxa de sobrevivência foi de 90 % e vários espinafres em estudo diminuíram o seu peso. Apenas 35% dos espinafres aumentaram de peso. Baseado nos indivíduos sobreviventes, foi calculado o SGR de 1,02  $\pm$  0,66 %.



**Fig. 9-** Crescimento da acelga, peso em gramas, ao longo do ensaio (30 dias) nos diferentes tratamentos, técnicas de cultivo. As linhas representam a média e o desvio-padrão do peso das plantas no início e no fim do ensaio.

Na figura 9, é possível observar o efeito da salinidade 3 ppt no crescimento da acelga, ao longo dos 30 dias de estudo. Como é possível verificar, houve um crescimento do peso em gramas ao longo do ensaio em ambas as técnicas.

No final dos 30 dias o peso médio foi de  $16,24 \pm 1,66$  g e  $16,14 \pm 2,30$  g, para as técnicas NFT e DWC, respetivamente, não existindo diferenças estatisticamente entre as técnicas estudadas.



**Fig. 10-** Crescimento do espinafre, peso em gramas, ao longo do ensaio (30 dias) nos diferentes tratamentos, técnicas de cultivo. As linhas representam a média e o desvio-padrão do peso das plantas no início e no fim do ensaio.

Na figura 10, é possível observar o efeito da salinidade 3 ppt no crescimento do espinafre ao longo dos 30 dias de estudo. Como é possível verificar, houve um decréscimo do peso em gramas ao longo do ensaio em ambas as técnicas.

No final dos 30 dias o peso médio foi de  $2,66 \pm 0,47$  g e  $3,80 \pm 1,73$  g, para as técnicas NFT e DWC, respetivamente, não existindo diferenças estatisticamente entre as técnicas estudadas.

#### 4.2.2.1- Composição Nutricional:

Na tabela X é possível observar as alterações no teor de proteínas ao longo do ensaio, na acelga, *Beta vulgaris var. cicla* e Espinafre, *Tetragonia tetragonioides*. Já na tabela XI, é possível observar as alterações no teor de gordura. Na tabela XII, as alterações no teor de cinzas.

**Tabela X-** Valores do teor de proteína nas diferentes espécies de plantas ao longo do ensaio (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .

Proteína (%)	Acelga	Espinafre
Início	$1,51 \pm 0,05$	$1,08 \pm 0,09$
Fim	$1,52 \pm 0,41$	$1,10 \pm 0,11$

**Tabela XI-** Valores do teor de gordura nas diferentes espécies de plantas ao longo do ensaio (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .

Gordura (%)	Acelga	Espinafre
Início	$0,23 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,07$
Fim	$0,41 \pm 0,16$	$0,30 \pm 0,12$

**Tabela XII-** Valores do teor de cinzas nas diferentes espécies de plantas ao longo do ensaio (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .

Cinzas (%)	Acelga	Espinafre
Início	$1,18 \pm 0,01$	$1,44 \pm 0,01$
Fim	$1,76 \pm 0,09$	$2,76 \pm 0,34$

Em relação às plantas, é possível observar que houve um aumento no teor de proteínas, gordura e cinzas ao longo do ensaio em ambas as espécies de plantas em cultivo.

#### 4.2.2.2- Teor de clorofilas e carotenoides:

Na tabela seguinte, tabela XIII, pode-se observar o teor de clorofilas e carotenoides na acelga obtido no presente estudo.

**Tabela XIII-** Evolução do teor de clorofilas e carotenoides na acelga no decorrer do estudo (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .

	Início	Fim
<b>Clorofilas a + b (mg/m<sup>2</sup>)</b>	5,85 $\pm$ 0,51	6,81 $\pm$ 1,73
<b>Clorofilas a / b (mg/m<sup>2</sup>)</b>	2,96 $\pm$ 0,13	2,21 $\pm$ 0,06
<b>Carotenoides (x+c) (mg/m<sup>2</sup>)</b>	1,27 $\pm$ 0,02	0,77 $\pm$ 0,21
<b>(a+b)/(x+c) (mg/m<sup>2</sup>)</b>	4,62 $\pm$ 0,35	8,86 $\pm$ 0,76

Ao analisar a tabela, é possível verificar que a quantidade de clorofilas aumentou ao longo do ensaio (30 dias). É possível também verificar que apesar de haver um aumento de clorofilas, esse aumento deveu-se, em grande parte, às clorofilas do tipo b, uma vez que após analisar o rácio clorofilas a em relação às clorofilas b, esse rácio diminuiu com o tempo de estudo.

Em relação aos carotenoides, verificou-se uma diminuição no peso por m<sup>2</sup> (área foliar) no decorrer do estudo.

Por fim, houve um grande aumento no rácio clorofilas em relação aos carotenoides, o que já era previsível, uma vez que se verificou uma diminuição dos carotenoides ao longo do tempo.

#### 4.2.2.3- Teor de cloretos:

Por fim, na Tabela XIV, registam-se os valores do teor de cloretos obtidos para a acelga no decorrer do ensaio.

**Tabela XIV-** Evolução do teor de cloretos para a acelga no decorrer do estudo (30 dias). Os valores apresentados representam a média  $\pm$  desvio-padrão, com um  $n = 3$ .

	Início	Fim
Cloretos (%)	0,18 $\pm$ 0,06	1,21 $\pm$ 0,18

Após análise dos resultados é possível observar que houve um aumento significativo do teor de cloretos ao longo do ensaio. Os valores registados mostram que houve uma acumulação de cloretos no tecido foliar durante o estudo.

### 5- Discussão

#### 5.1- Discussão 1º Ensaio

O robalo é um peixe com um elevado valor comercial e uma das espécies mais incidentes na aquacultura mediterrânea. Com o objetivo de aumentar a produção desta espécie, vários têm sido os estudos realizados manipulando as condições de cultivo, nomeadamente a salinidade, a temperatura e a concentração de oxigénio dissolvido. O objetivo destes estudos é obter dados sobre a influência de cada um dos fatores no crescimento e na composição nutricional dos peixes (Hidalgo, 1987; Tsevis, 1992; Azzaydi, 2000; Eroldogan, 2002; Eroldoğan, 2004; Ertan, 2015).

Neste estudo foram testadas várias salinidades, 3 ppt, 6 ppt, 12,5 ppt e 32 ppt e a sua influência no crescimento e composição nutricional do robalo.

Após análise dos dados obtidos, é possível observar que houve um aumento do peso do robalo em todas as salinidades testadas, tendo sido obtidos os resultados mais significativos nas salinidades 12,5 ppt e 32 ppt. Este resultado era esperado, uma vez que estas são as salinidades estudadas mais próximas da salinidade da água do mar, ou áreas estuarinas, ou seja, o habitat mais comum deste peixe (Ortega, 2013). Contudo, após análise estatística dos dados, verificou-se que não existem diferenças estatisticamente significativas, quando comparado o crescimento nas diferentes salinidades, sugerindo assim que a salinidade não afeta significativamente o crescimento do robalo.

Em estudos anteriores, Person-Le Ruyet, 2004, observou que o valor SGR diminuiu com a temperatura. No mesmo ano, um estudo de Eroldoğan, onde são testadas duas salinidades diferentes e também diferentes taxas de alimentação, verificou que altas salinidades e altas taxas de alimentação correspondem a valores maiores de SGR. Em 2015, Piccolo que estudou o efeito de uma dieta com probióticos no crescimento de robalo, obteve valores de SGR de 0,58 % e 0,61 %. Já Ertan, 2015, verificou o efeito de diferentes salinidades e da qualidade da água sobre o crescimento do robalo e obteve valores de SGR entre 0,82 % e 2,24 %. Em outro estudo, Haas, em 2016 que estudou o efeito de microalgas como fonte de alimentação do robalo, obteve valores que variaram de  $1,56 \pm 0,08$  % a  $1,76 \pm 0,06$  %. Finalmente, Gasco, 2016, estudando o efeito da inclusão de farelo de insetos no crescimento do robalo, obteve valores de SGR entre 1,66

% e 1,99 %. Toda esta diversidade de valores de SGR obtidos nos diferentes estudos, pode ser explicada com base em vários fatores, tais como condições de cultivo e tipo de alimentação. Isto porque vários são os fatores que afetam o crescimento dos peixes, como a temperatura, o pH, o oxigênio dissolvido e a densidade de cultivo (Brett, 1979; Dendrinós, 1985; Jobling, 1997; Lemarié, 2004; Person-Le Ruyet, 2004).

De salientar que as baixas taxas de crescimento específico obtidas no presente estudo, entre 0,41 % e 0,73 %, podem estar relacionadas com a temperatura da água em que foi realizado o ensaio, cerca de  $18,62 \pm 0,46$  °C, baixa, quando comparada com a temperatura ótima de crescimento desta espécie, 22 °C a 24 °C de acordo com Barnabe, 1987. Eroldoğan, em 2004, afirmou que, de modo a determinar corretamente o crescimento do robalo, é necessário considerar parâmetros de eficiência alimentar e condições de cultivo.

Em relação aos índices biométricos, no que diz respeito ao fillet yield (FY), observou-se um aumento ao longo do ensaio, sendo o valor inicial aproximadamente 35 % e o valor final aproximadamente 38 %. Verificou-se assim que ao longo do ensaio, o peso do filete em relação ao peso total do peixe, vai sempre aumentando. De salientar, que durante o tempo de estudo, o maior valor de FY obtido, foi registado no tratamento a salinidade 32 ppt. Facto que pode ser explicado com recurso à afinidade do robalo com a água salgada, uma vez que é um peixe marinho. Por fim, após análise estatística, quando comparados os valores de FY obtidos nos diferentes tratamentos, salinidade 3 ppt, 6 ppt, 12,5 ppt e 32 ppt, não foram registadas diferenças estatisticamente significativas, sugerindo assim que a salinidade não afeta a relação peso do filete / peso total do indivíduo. Em estudos prévios desenvolvidos por Saillant, 2003, obtiveram-se valores para FY de  $33,7 \pm 2,4$  %, mostrando assim valores próximos dos obtidos no presente estudo. Um outro estudo, realizado em 2004 por Eroldoğan, cujo objetivo foi estudar o efeito de duas salinidades e diferentes taxas de alimentação diária, revelou que quando o valor de salinidade foi de 0,4 ppt, o valor de FY obtido foi  $51,5 \pm 3,9$  %, valor muito superior ao obtido neste estudo. Estas diferenças de valores nos diferentes estudos, podem ser, uma vez mais, explicadas com as diferentes condições de cultivo.

Em relação ao índice viscerossomático (VSI), foi possível verificar que este diminuiu ao longo do estudo, ou seja, o peso das vísceras, em relação ao peso total do indivíduo durante o estudo, teve tendência a diminuir, em todos os tratamentos testados, indicando assim que possivelmente a ração não é a mais indicada, ou ainda que existe

um maior gasto de energia nos processos metabólicos (Peres, 1999). Verificou-se que durante os 60 dias de estudo, este valor foi maior à salinidade 32 ppt. Contudo, após análise estatística, ao comparar os resultados obtidos em cada salinidade, verificou-se que não existem diferenças estatisticamente significativas, sugerindo assim que a salinidade não afetou o peso das vísceras nos peixes ao longo do tempo de estudo. Comparando os valores obtidos neste ensaio, entre  $7,74 \pm 1,94$  % e  $9,66 \pm 1,56$  %, com estudos anteriores, é possível constatar que estão de acordo com os dados apresentados, por Saillant, 2003, onde o valor de VSI registado foi de  $10,5 \pm 2,3$  %. Já em relação ao estudo realizado por Eroldoğan em 2004, onde a salinidade testada foi de 0,4 ppt durante 30 dias e cujo valor de VSI apresentado foi de  $6,7 \pm 0,9$  %, verifica-se que esse valor é inferior ao obtido no presente estudo. Piccolo, 2015, obteve valores de VSI entre 8,45 % e 9,08 %. Também em 2015, Castro obteve valores de VSI entre 10,0 % e 13,6 %. Gasco em 2016, obteve valores entre 7,15 % e 7,89 %. Ainda em 2016, Peixoto reportou valores entre  $7,9 \pm 0,4$  % e  $8,6 \pm 0,6$  %. De modo a perceber melhor esta diferença de valores entre os estudos, é importante perceber que existem vários fatores, como condições de cultivo e também a alimentação fornecida que condicionam o crescimento dos peixes e conseqüentemente a % VSI. Assim, como cada estudo teve condições diferentes e alimentações diferentes, é então esperada esta diferença de valores. De salientar ainda que segundo Peres, 2002 e Castro, 2015, o conteúdo de hidratos de carbono na alimentação de peixes carnívoros deve ser baixo, uma vez que quanto maior for o teor de hidratos de carbono na ração, maior será a acumulação de gordura nos peixes e, conseqüentemente, haverá um maior depósito de gordura nas vísceras, alterando assim o valor do índice viscerossomático.

O índice hepatossomático (HIS) estabelece uma relação entre o peso do fígado e o peso total do peixe. Na tabela IV é possível observar que, em média, o valor de HIS decresceu ao longo do tempo, sendo o maior valor registado no meio do ensaio à salinidade 12,5 ppt e no final do ensaio à salinidade 32 ppt. Este facto mostrou que o peso total do fígado tem tendência a diminuir à medida que os peixes crescem, o que pode significar que a energia fornecida pela alimentação é baixa, ou que o consumo de energia nos processos metabólicos é alto (Dias, 1998; Peres, 1999). Quando comparados os diferentes tratamentos e o seu efeito no índice hepatossomático, através de uma ANOVA com  $p < 0,05$ , estes não apresentam diferenças estatisticamente significativas, o que sugere que a salinidade não afeta o peso do fígado, mais propriamente, o índice hepatossomático. Eroldoğan em 2004, com uma salinidade de 0,4 ppt obteve um valor HSI de  $1,5 \pm 0,4$  %. Em 2015, Piccolo obteve valores entre 1,56 % e

1,67 %. Também em 2015, Castro obteve valores entre 1,5 % e 2,7 %. Haas, em 2016, obteve valores entre  $1,84 \pm 0,20$  % e  $2,40 \pm 0,45$  %. Também em 2016, Gasco obteve valores entre 1,25 % e 1,52 %. Finalmente, Peixoto, em 2016 obteve valores  $1,2 \pm 0,1$  % e  $1,5 \pm 0,3$  %. Valores semelhantes ao obtido no presente estudo. Esta diferença de valores pode dever-se às diferentes condições de cultivo nos vários estudos, tais como a origem do peixe, a qualidade da água, a qualidade da alimentação, a temperatura e as respectivas taxas de alimentação. Segundo Peres, 2002 e Castro, 2015, os índices hepatossomático e viscerossomático têm tendência a aumentar quando a alimentação é rica em gorduras.

Relativamente à composição nutricional, onde foi estudado o teor de proteínas, cinzas e gordura, começando por analisar o teor de proteínas, apresentado na tabela V, verifica-se que este tende a aumentar durante o estudo para todas as salinidades. Ao analisar os dados obtidos, é então possível verificar que durante o ensaio em todas as salinidades, o valor máximo de proteína foi registado à salinidade 32 ppt. É ainda possível verificar que em todas as salinidades em estudo, o valor máximo de proteína foi registado a meio do ensaio, resultado que pode dever-se ao facto do período de adaptação às baixas salinidades demorar cerca de 30 dias, podendo assim indicar que após o período de adaptação, e quando as salinidades estabilizaram, os peixes tiveram mais dificuldade em manter o teor de proteína ocorrendo assim uma diminuição. Podendo a energia estar canalizada para a manutenção do equilíbrio osmótico, ou ainda a ração não ser a mais indicada (Dias, 1998; Peres, 1999). No entanto, após análise estatística,  $p < 0,05$ , não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos nas diferentes salinidades. Em estudos realizados anteriormente com salinidades baixas, 0,4 ppt, Eroldoğan, 2004, obteve um valor de  $19,5 \pm 1,5$  % de proteína em robalo. Noutro estudo realizado por Türkmen, em 2012, no qual foram testados diferentes regimes de alimentação, resultaram valores de proteína entre  $17,0 \pm 0,5$  % e  $19,5 \pm 0,7$  %. Valores que estão em concordância com os valores aqui apresentados. Castro, em 2015, obteve teores de proteínas entre 16,7 % e 17,4 %; Peixoto, 2016, obteve valores de proteína entre  $16,9 \pm 1,0$  % e  $18,1 \pm 1,0$  %, por fim, também em 2016 Gasco obteve valores entre 16,57 % e 16,93 %, valores inferiores quando comparados com os valores deste estudo.

O teor de cinzas é utilizado para determinar a percentagem de matéria inorgânica presente nos peixes proveniente de micro e macronutrientes e também de minerais. De acordo com a tabela VI, o teor de cinzas diminuiu com o tempo, 60 dias de estudos, em

todas as salinidades, excepto a 12,5 ppt. O que significa que, ao longo do tempo de estudo, o teor nutricional inorgânico do peixe diminuiu, tornando-se assim mais “pobre” em minerais, com excepção dos robalos à salinidade 12,5 ppt, uma vez que o valor do teor de cinzas aumentou. Tal facto, pode ser explicado com recurso ao estudo de Dendrinós em 1985, onde este afirma que à salinidade 12,5 ppt os robalos encontram a isotonia com o meio, não perdendo sais por osmorregulação, aumentando assim o seu teor nutricional inorgânico. É ainda possível observar que após o dia 30 do ensaio se assiste a uma subida generalizada do teor de cinzas. No entanto, após a realização de uma ANOVA,  $p < 0,05$ , não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos em cada salinidade em estudo. Teor de cinzas em estudos anteriores: Eroldoğan, 2004, obteve valores que variaram entre  $2,4 \pm 0,0$  % e  $2,9 \pm 0,3$  %; Türkmen, 2012, obteve valores entre  $3,5 \pm 0,3$  % e  $5,7 \pm 0,3$  %; Castro, 2015, obteve valores entre 3,8 % e 4,1 %; Haas, 2016, obteve valores entre  $3,84 \pm 0,13$  % e  $4,25 \pm 0,53$  %; Peixoto, 2016, obteve valores entre  $4,1 \pm 0,4$  % e  $8,6 \pm 0,6$  %; Gasco, 2016, obteve valores entre 3,98 % e 4,37 % para o teor de cinzas. A discrepância encontrada entre os valores apresentados neste trabalho e os encontrados na literatura pode ser justificada pelas condições de cultivo nos vários estudos, uma vez que existem vários fatores que podem afetar o crescimento dos peixes e consequentemente a sua composição nutricional, como é o caso da temperatura da água, a densidade de cultivo, o peso inicial dos peixes, entre outros. De acordo com Castro, 2015, o teor de proteína e o teor de cinzas não são afetados pela composição da alimentação fornecida aos peixes durante o ensaio.

Por fim em relação ao teor de gordura, apresentados na tabela VII, mostram que em todas as salinidades testadas houve um aumento do teor de gordura ao longo do ensaio (60 dias) atingindo o seu pico a meio do ensaio (30 dias) em todas as salinidades, acabando depois por diminuir. Esta diminuição pode, uma vez mais, indicar que a energia fornecida pela ração pode não ser suficiente, ou ainda que os peixes estão a gastar mais energia nos processos metabólicos perante as condições de cultivo (Dias, 1998; Peres, 1999). No entanto, após análise estatística, ANOVA,  $p < 0,05$ , não foram detetadas diferenças significativas no teor de gordura entre as salinidades que estavam a ser testadas. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Eroldoğan, 2004, com valores entre  $2,1 \pm 0,2$  % e  $4,2 \pm 0,1$  %, mas muito mais baixos do que os obtidos por Castro, 2015, entre 15,3 % e 18,2 % e Peixoto, 2016, que obteve valores entre  $9,1 \pm 0,5$  % e  $10,6 \pm 2,1$  %.

Em suma, os resultados indicam que, após análise estatística, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas nem nos dados biométricos (FY, VSI, HSI) nem na composição nutricional (% de proteína, % de cinza e % de gordura) sugerindo assim que a salinidade não afeta o crescimento/composição nutricional dos organismos em estudo, *D.labrax*.

### 5.2- Discussão 2º Ensaio

Relativamente ao segundo ensaio, este foi desenvolvido num sistema aquapónico, com salinidade 3 ppt, onde cresciam robalos, um sistema NFT e DWC, com acelgas e espinafres, constituído por três réplicas.

#### 5.2.1- Análise do crescimento dos robalos

Recorrendo à figura 8, é possível verificar o crescimento do robalo ao longo do tempo de estudo. O valor de SGR obtido foi de  $1,16 \pm 0,19$  %, indicando assim que em média, por dia, os peixes aumentaram cerca de 1,16 % do seu peso. Quando comparados estes resultados com os obtidos anteriormente, SGR entre 0,41 % e 0,73 %, é possível verificar que houve um aumento no crescimento dos peixes, por dia. Isto pode dever-se quer ao facto de todos os peixes estarem ambientados às condições do estudo há cerca de 1 mês, quer de estarem todos sobre as mesmas condições de cultivo ou, ainda, sujeitos à temperatura média de  $22,3 \pm 2,6$  °C (muito próxima da temperatura ótima para o crescimento do robalo segundo Barnabé, 1987, cerca de 22 °C a 24 °C). Quando comparados estes dados com os obtidos por Gasco em 2016, SGR entre 1,66 % e 1,99 % e Haas, em 2016, SGR entre  $1,56 \pm 0,08$  % e  $1,76 \pm 0,06$  %, pode verificar-se que o valor obtido é inferior aos dos estudos enumerados anteriormente. Já em relação aos estudos de Piccolo, 2015, SGR entre 0,58 % e 0,61 % e Ertan em 2015, SGR entre 0,82 % e 2,24 %, pode verificar-se que o valor obtido no presente estudo é superior aos valores destes estudos. Toda esta diversidade de valores de SGR obtidos nos diferentes estudos, pode ser explicada com base em vários fatores, tais como condições de cultivo e tipo de alimentação, pois vários são os fatores que afetam o crescimento dos peixes: a temperatura, o pH, a concentração de oxigénio dissolvido e a densidade de cultivo (Brett, 1979; Dendrinós, 1985; Jobling, 1997; Lemarié, 2004; Person-Le Ruyet, 2004).

Em relação aos índices biométricos, começando pelo FY, é possível verificar que este aumentou ao longo do ensaio, indicando assim que o peso do filete em relação peso

total do indivíduo aumentou. Quando comparado o valor obtido neste ensaio,  $40,69 \pm 0,71$  %, com o valor do ensaio anterior,  $36,46 \pm 4,37$  %, verifica-se que houve também um aumento deste valor, o que pode dever-se, entre outros fatores, à diferença de temperatura entre os ensaios: no 1º cerca de  $18,62 \pm 0,46$  °C e no 2º ensaio,  $22,3 \pm 2,6$  °C. Estudos como Saillant, 2003, obteve valores de  $33,7 \pm 2,4$  %, inferior ao obtido no presente este estudo, e Eroldoğan, 2004, obteve valores de  $51,5 \pm 3,9$  %, valor muito superior ao obtido neste ensaio. Mais uma vez, toda esta diversidade de valores, pode dever-se a diferentes condições de cultivo, origem dos peixes, alimentação fornecida, temperatura, entre outros fatores.

Quanto ao índice hepatossomático, este aumentou ao longo do ensaio, indicando assim que o peso do fígado teve tendência a aumentar em relação ao peso total do indivíduo. Quando comparado o valor obtido neste ensaio com o valor obtido no ensaio anterior, é possível verificar que este diminuiu, sendo o valor do 1º ensaio  $1,69 \pm 0,34$  % e o valor do 2º ensaio,  $1,42 \pm 0,10$  %. Estes valores podem levar a inferir que a energia fornecida pelo alimento é baixa ou ainda que existe um grande gasto de energia nos processos metabólicos, devido à necessidade de manter o equilíbrio osmótico (Dias, 1998; Peres, 1999). Comparando o valor obtido neste ensaio com estudos anteriores, como por exemplo, Eroldoğan, 2004, HSI de  $1,5 \pm 0,4$  %, Piccolo, 2015, com um valor obtido entre 1,56 % e 1,67 % e Peixoto, 2016, com valores entre  $1,2 \pm 0,1$  % e  $1,5 \pm 0,3$  %, é possível verificar que estes valores não são muito diferentes do valor obtido neste estudo. Já em relação aos estudos de Castro, 2015, com um HSI entre 1,5 % e 2,7 %, e Haas em 2016 com valores entre  $1,84 \pm 0,20$  % e  $2,40 \pm 0,45$  %, é possível verificar que estes valores são superiores ao obtido no presente estudo. De salientar que o índice hepatossomático pode estar diretamente relacionado com o teor de gordura da ração fornecida, e uma vez que cada estudo utilizou um tipo de ração, é então normal encontrar esta diversidade de valores (Peres, 2002; Castro, 2015).

Em relação ao índice viscerossomático, é possível verificar que este aumentou ao longo do ensaio, mostrando assim que à medida que o tempo de estudo avança, o peso das vísceras em relação ao peso total do peixe tem tendência a aumentar. Quando comparado o valor obtido no presente estudo,  $6,57 \pm 0,91$  % com o valor obtido no 1º ensaio,  $7,74 \pm 1,94$  %, verifica-se que o valor é inferior ao do ensaio anterior. Quando comparado com estudos anteriores, enumerados de seguida, é possível verificar que o valor apurado neste ensaio, está um pouco abaixo dos valores de VSI reportados anteriormente por Saillant em 2003, que registou um valor de VSI de  $10,5 \pm 2,3$  %.

Eroldoğan, 2004, apresentou valores de VSI de  $6,7 \pm 0,9$  %. Piccolo em 2015, obteve valores de VSI entre 8,45 % e 9,08 %. Também em 2015, Castro, obteve valores de VSI entre 10,0 % e 13,6 %. Gasco, em 2016, obteve valores entre 7,15 % e 7,89 %. Ainda em 2016, Peixoto reportou valores entre  $7,9 \pm 0,4$  % e  $8,6 \pm 0,6$  %. Segundo Peres, 2002 e Castro, 2015, o conteúdo de hidratos de carbono na alimentação de peixes carnívoros deve ser baixo. Quanto maior for o teor de hidratos de carbono na ração, maior será a acumulação de gordura nos peixes e conseqüentemente maior o depósito de gordura nas vísceras, alterando assim o valor do índice viscerossomático.

Relativamente à composição nutricional, é possível verificar que o teor de proteínas, teor de gordura e teor de cinzas aumentou neste 2º ensaio, quando comparado com o 1º ensaio. O valor do teor de proteínas passou de  $18,98 \pm 0,62$  % no 1º ensaio para  $19,67 \pm 0,29$  %, no 2º ensaio. O teor de gordura no 1º ensaio, registou um valor de  $2,72 \pm 0,26$  % e no 2º ensaio de  $3,57 \pm 1,04$  %. Por fim, o teor de cinzas no 1º ensaio apresentou um valor de  $1,54 \pm 0,19$  % e no 2º ensaio um valor de  $1,60 \pm 0,07$  %. De salientar que estes valores seriam os esperados, uma vez que, como dito anteriormente, o valor de FY aumentou neste 2º ensaio, ou seja, a relação do peso do filete em relação ao peso total aumentou, esperando-se uma alteração nos valores do teor de proteína, gordura e cinzas.

Em relação ao teor de proteínas, o valor obtido,  $19,67 \pm 0,29$  % está de acordo com valores apresentados em estudos anteriores. Eroldoğan, 2004, obteve um valor de  $19,5 \pm 1,5$  % de proteína em robalo e Türkmen, 2012, apresentou valores de proteína entre  $17,0 \pm 0,5$  % e  $19,5 \pm 0,7$  %. Já em relação aos estudos de Castro, 2015 que obteve teores de proteína entre 16,7 % e 17,4 %, Peixoto, 2016 que obteve valores de  $16,9 \pm 1,0$  % e  $18,1 \pm 1,0$  %, por fim, também em 2016, Gasco que apresentou valores entre 16,57 % e 16,93 % de proteína, em robalo, é possível verificar que o valor obtido neste ensaio é superior.

Em relação ao teor de gordura, quando comparado o valor obtido de  $3,57 \pm 1,04$  %, com o estudo de Eroldoğan, 2004, que reportou valores entre  $2,1 \pm 0,2$  % e  $4,2 \pm 0,1$  %, pode verificar-se que os valores estão próximos. Contudo, este valor é muito inferior aos valores obtidos por Castro, 2015, que se situam entre 15,3 % e 18,2 % e Peixoto, 2016, que obteve valores entre  $9,1 \pm 0,5$  % e  $10,6 \pm 2,1$  %. Evidencia-se, deste modo, que pode haver uma menor acumulação de gordura, devido ao esforço necessário para manter o equilíbrio osmótico.

Por fim, em relação a teor de cinzas, quando comparado com estudos anteriores realizados para a mesma espécie, é possível verificar que o valor obtido de  $1,60 \pm 0,07$  %, é muito inferior aos valores obtidos por Eroldoğan, 2004, que relatou valores de teor de cinzas que variaram entre  $2,4 \pm 0,0$  % e  $2,9 \pm 0,3$  %. Türkmen, 2012, obteve valores entre  $3,5 \pm 0,3$  % e  $5,7 \pm 0,3$  %. Castro, 2015, reportou valores entre 3,8 % e 4 1 %. Haas, 2016, apresentou valores entre  $3,84 \pm 0,13$  % e  $4,25 \pm 0,53$  %. Peixoto, 2016, obteve valores entre  $4,1 \pm 0,4$  % e  $8,6 \pm 0,6$  %. Finalmente, também em 2016, Gasco obteve valores entre 3,98 % e 4,37 % para o teor de cinzas. A análise destes dados evidencia que os robalos deste ensaio podem ser nutricionalmente inferiores ao dos estudos já realizados, uma vez que podem conter uma quantidade inferior de nutrientes e minerais.

### 5.2.2- Análise do crescimento das plantas

Sobre o crescimento das plantas, mais concretamente da acelga, é possível observar na figura 9, que esta registou um grande aumento de peso ao longo do ensaio (30 dias) e em todas as réplicas nos dois tratamentos em estudo (NFT e DWC). Tal pode dever-se ao facto de esta ser uma planta muito resistente e de fácil adaptação a ambientes adversos (Saillant, 2003; Gao, 2009; Sacan, 2010; Ninfali, 2013; Casierra-Posada, 2014). Verificou-se uma taxa de crescimento diária de  $2,71 \pm 1,02$  %, ou seja, a acelga consegue diariamente aumentar cerca de 2,71 % do seu peso.

Em relação ao crescimento do espinafre, figura 10, o cenário não é tão otimista: algumas plantas diminuíram de peso e outras morreram (em todas as réplicas e em ambas as técnicas de cultivo em estudo). O sucedido pode estar ligado ao facto de as plantas apresentarem um baixo peso inicial, em média  $3,99 \pm 0,67$  g, podendo ser menos resistentes à mudança das condições de cultivo. Contudo, estes resultados não eram os esperados, uma vez que o espinafre é muito resistente a pragas e doenças, adapta-se facilmente a ambientes adversos, tais como elevadas temperaturas e elevada salinidade (Ahmed, 2000; Wilson, 2000; Denton, 2004; Matraszek, 2008; Słupski, 2010; Yousif, 2010). Apesar destes resultados, nas plantas que sobreviveram, foi possível verificar que estas conseguiram aumentar cerca de  $1,02 \pm 0,66$  % do seu peso por dia.

Quando comparadas as duas técnicas em estudo, por intermédio de uma ANOVA  $p < 0,05$ , não se verificou a existência de diferenças estatisticamente significativas,

sugerindo assim que ambas as técnicas de hidroponia foram favoráveis ao crescimento da acelga e do robalo.

Relativamente à composição nutricional, sabe-se que as proteínas são moléculas compostas por cadeias longas de aminoácidos unidas por ligações peptídicas. As proteínas vegetais, foram das primeiras proteínas a serem estudadas, com a descrição das proteínas do trigo, em 1745 (Kawakatsu, 2017).

Em relação aos dados obtidos neste ensaio, relativamente ao teor de proteínas, tanto na acelga como no espinafre, o valor aumentou ao longo do ensaio, indicando que do ponto de vista nutricional as plantas tornaram-se mais ricas. Os valores encontrados sugerem assim que a salinidade pode ter um efeito positivo sobre o teor de proteínas e, conseqüentemente, na composição das plantas tornando-as mais ricas do ponto de vista nutricional. O que é desejável, uma vez que os animais que as consomem têm necessidade de ter uma fonte de proteínas para poderem crescer e desenvolver-se, uma vez que só conseguem sintetizar cerca de metade dos 20 aminoácidos presentes nas proteínas, sendo os restantes aminoácidos, igualmente essenciais (Kawakatsu, 2017).

Segundo um estudo realizado pelo Instituto de Alimentação Becel, para análise de dietas em 1993 (PIABAD, 1993), o valor de proteínas obtido para a beterraba, *Beta vulgaris*, planta do mesmo género e mesma espécie que a acelga, foi cerca de 1 g por 100 g de planta, valor este muito próximo ao obtido no presente ensaio, cerca de 1,48 g de proteínas em 100 g de planta para a acelga, *Beta vulgaris var. cicla*. Já em relação aos valores de proteína no espinafre, em 1993, num estudo de PIABAD, o valor registado foi de 2 g de proteína por 100 g de planta, valor muito diferente do obtido neste ensaio, cerca de 1g de proteína por 100g de planta. Contudo, segundo Kawakatsu, 2017, o teor de proteínas nas folhas depende das condições de cultivo e não da idade da planta. A diferença de valores obtidos no espinafre, uma vez que as condições de cultivo não foram replicadas, pode deste modo ser justificada.

Os lípidos são moléculas orgânicas que nas plantas se encontram principalmente nas membranas celulares, tendo função estrutural e de armazenamento de energia (Harwood, 1989). Relativamente ao teor de gordura, durante o ensaio, houve um aumento em ambas as espécies de plantas estudadas, acelga e espinafre. Comparando o resultado obtido neste estudo para a acelga, cerca de 0,41 g de gordura por 100 g de planta, com o obtido por Kolesnik em 1988, de 0,18 g de gordura por 100 g de planta é

possível verificar que apresenta um valor superior. Um outro estudo, realizado pelo Instituto de Alimentação Becel para análise de dietas em 1993 (PIABAD, 1993), revelou valores de 0 g de gordura para 100 g de planta (beterraba). Mais uma vez o resultado obtido neste estudo foi superior.

No que diz respeito ao teor de gordura obtido para o espinafre registou-se neste ensaio cerca de 0,3 g de gordura por 100 g de planta. É possível verificar que a quantidade de gordura obtida é inferior à registada no estudo realizado pelo Instituto de Alimentação Becel para análise de dietas em 1993 (PIABAD, 1993) em espinafre, que foi cerca de 0,9 g de gordura por 100 g de planta. De salientar que esta diversidade de resultados pode estar diretamente ligada aos diferentes fatores externos associados ao cultivo de cada planta, uma vez que a qualidade da luz desempenha um papel fundamental na síntese de lípidos. Também a temperatura e a salinidade afetam a síntese de lípidos. Vários têm sido os estudos onde se verifica uma diminuição da quantidade de lípidos, quando se está perante elevadas salinidades, uma vez que os lípidos desempenham um papel muito importante na regulação da permeabilidade da membrana celular (Harwood, 1989).

O teor de cinzas indica a quantidade de matéria inorgânica presente numa dada amostra. Assim, após a deterioração/queima de todos os compostos orgânicos, restam os minerais presentes nessa mesma amostra. Após análise dos dados obtidos neste ensaio, foi possível verificar que em ambas as plantas cultivadas, acelga e espinafre, o teor de cinzas aumentou no decorrer do ensaio, sugerindo assim, que estas plantas, perante o cultivo em água salgada, têm tendência para acumular minerais. Comparando o resultado obtido para a acelga, cerca de  $1,76 \pm 0,09$  % com um estudo anterior de Nemzer, 2011, cujo valor reportado foi cerca de 5 %, é possível verificar que o valor obtido é bastante inferior. Contudo, esta diferença de valores pode ser justificada, com recurso ao facto de terem sido utilizados métodos diferentes de determinação (Nemzer, 2011). Ainda em relação aos resultados obtidos, é possível verificar que o conteúdo de cinzas do espinafre foi superior ao conteúdo obtido para a acelga, cerca de  $2,76 \pm 0,34$  % e  $1,76 \pm 0,09$  % respetivamente. Tal facto, pode ser justificado, devido ao facto de o espinafre ser uma planta com um conteúdo de minerais elevado, tal como descreve Neves, 2005. Toda esta variabilidade apresentada nos valores do teor de cinzas leva a crer que este valor depende de vários fatores, como genéticos, ambientais e ainda a diferenças fisiológicas e morfológicas entre culturas (Monti, 2008).

Por fim em relação ao teor de clorofilas e carotenoides, sabe-se que as clorofilas são o principal pigmento fotossintético: consistem na sua maioria em clorofilas *a* e, como pigmento acessório, clorofilas *b*. São constituintes das membranas fotossintéticas e ocorrem segundo o rácio (*a/b*) que normalmente apresenta valores de (3/1), sendo que as condições de crescimento e fatores ambientais podem modificar esta relação. Quanto maior a exposição solar, maior o rácio entre os dois tipos de clorofilas (Lichtenthaler, 1987). Já os carotenoides são pigmentos fotossintéticos que se dividem em 2 grupos, as xantofilas, como a luteína e outro grupo, os carotenos, como o  $\alpha$ -caroteno e o  $\beta$ -caroteno. Os carotenoides do tecido vegetal verde, fotossinteticamente ativos, são designados de carotenoides primários, enquanto os que estão presentes nos frutos vermelhos e flores são denominados de carotenoides secundários. São muito importantes na proteção do aparelho fotossintético, protegendo dos danos causados pela exposição solar. Possuem ainda um papel importante no complexo de captação de luz e na proteção dos fotossistemas. Funcionam, assim, no processo de captação de luz, excitação de clorofilas, dissipação de energia em excesso e possuem ainda um papel de estabilização da membrana. (Lichtenthaler, 1987; Frank, 1996; Young, 1997; Ort, 2001). Legumes verdes como a acelga, são conhecidos pela sua quantidade considerável de carotenoides. Pesquisas indicam que os carotenoides estão ligados à prevenção de câncros, como o da próstata, o do cólon e o da pele (Giovannucci, 1995; Slattery, 1999; González-Fernández, 2016). Os carotenoides também estão associados à prevenção de doenças cardiovasculares e podem ajudar a prevenir as doenças oculares (Rao, 2000; Semba, 2003).

Ao analisar os dados obtidos sobre as clorofilas, é possível verificar que o número de clorofilas ao longo do ensaio aumentou. O teor de clorofilas *a* e *b* obtido inicialmente de  $5,85 \pm 0,51$  %, passou para  $6,81 \pm 1,73$  % no final do ensaio. Apesar deste aumento de clorofilas, quando calculada a quantidade de clorofilas *a* em relação às clorofilas *b*, esse valor diminuiu de  $2,96 \pm 0,13$  % no início para  $2,21 \pm 0,06$  % no final, indicando assim que a proporção de clorofilas *a* em relação às clorofilas *b* diminuiu. Esta relação funciona como um indicador do estado dos pigmentos, adaptação à luz e aclimação do aparelho fotossintético. Esta diminuição da relação entre clorofilas pode indicar uma dificuldade na adaptação às condições de cultivo (salinidade) por parte das acelgas, bem como a presença de uma luz deficiente para a correta função da fotossíntese, uma vez que as plantas expostas ao sol apresentam valores da relação entre clorofilas superiores às plantas com luz deficiente (Lichtenthaler, 1987; Barickman, 2016; Karaca, 2016).

Em relação aos carotenoides, verifica-se que o teor diminuiu ao longo do ensaio, alterando o valor de  $1,27 \pm 0,02$  % no início do ensaio para  $0,77 \pm 0,21$  % no final do ensaio. Uma vez que os carotenoides desempenham um papel muito importante no processo de captação de luz, essencial para a realização da fotossíntese, é possível interligar os resultados obtidos na relação entre as clorofilas e o teor de carotenoides. Uma vez que existe uma diminuição da quantidade de carotenoides, a captação de luz para a realização da fotossíntese tem tendência a diminuir, tendo como consequência uma deficiência na realização deste processo importante para a sobrevivência das plantas.

Uma diminuição das clorofilas pode levar a uma fragilidade da planta, não sendo fácil adaptar-se a diferentes condições de cultivo (Young, 1997; Ort, 2001). Esta diminuição de valores não coincide com a bibliografia encontrada, onde os legumes verdes como a acelga, são conhecidos pela quantidade considerável de carotenoides (Giovannucci, 1995; Slattery, 1999; González-Fernández, 2016). Quando calculada a relação entre o teor de clorofilas e o teor de carotenoides, é possível verificar que esse valor aumentou ao longo do ensaio, sendo o valor obtido inicialmente de  $4,62 \pm 0,35$  % e o valor final de  $8,86 \pm 0,76$  %. Através da análise destes dados, é possível perceber que o teor de clorofilas aumentou, enquanto o teor de carotenoides diminuiu, tal como descrito anteriormente. Esta relação é um indicador da intensidade da cor verde nas folhas das plantas. Em plantas muito expostas ao sol, o valor é superior ao obtido em plantas pouco expostas ao sol. Valores baixos são indicadores de senescência e *stress*, bem como de danos na planta e no aparelho fotossintético. Valores entre 5,5 % e 7,0 % são comuns em plantas expostas ao sol, tendo tendência a diminuir em plantas que não estão expostas ao sol, ou em estado de senescência, onde é comum registar valores que descem de 3,5 % até 2,0 % ou até inferiores, à medida que o estado de senescência avança. O valor obtido neste estudo está próximo dos valores obtidos em plantas expostas ao sol, o que pode indicar que a luz utilizada neste estudo é adequada ao crescimento da acelga (Lichtenthaler, 1987; Young, 1997; Ort, 2001).

O cloro, o sódio e o silício têm sido considerados, desde há muito tempo, elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento da beterraba, *Beta vulgaris*, e de outras plantas. Em relação ao teor de cloretos na acelga ao longo do ensaio, foi possível observar um aumento acentuado desse valor. De  $0,18 \pm 0,06$  % para  $1,21 \pm 0,18$  %. Tal aumento pode dever-se ao facto de esta planta crescer em condições salinas (NaCl), absorvendo de uma forma progressiva iões  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  (Günes, 1996), aumentando

assim a concentração de cloretos nos seus tecidos. Segundo Mengel, 1987, uma elevada absorção de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  leva a uma diminuição da absorção de água por parte da planta. Comparando o resultado obtido de 1,21 g de cloretos por 100 g de planta, no presente estudo, com um estudo de Günes, 1996 com *Beta marítima*, planta do mesmo género que a acelga, onde reportou valores de 2,18 g de cloretos por 100 g de planta, é possível verificar que o valor do presente estudo é inferior ao anteriormente reportado. Ulrich, 1956 reportou que uma característica da deficiência de cloro nas plantas é o crescimento estranho de raízes secundárias. Afirmou ainda que o cloro era necessário para o crescimento superior e radicular e que está associado à formação de açúcar em vez da utilização do mesmo.

### 6- Conclusão e Perspetivas Futuras

No presente estudo, pretendeu-se aumentar o conhecimento existente sobre o cultivo de robalo em aquaponia. Assim, foi necessário proceder primeiramente a um ensaio para estudar a adaptabilidade do robalo a diferentes salinidades, mais propriamente, 3 ppt, 6 ppt e 12,5 ppt. Após a análise dos dados obtidos, crescimento, índices biométricos e composição nutricional (teor de proteína, teor de gordura e teor de cinzas) e de análise estatística foi possível verificar que não existem diferenças estatisticamente significativas em nenhum dos dados obtidos. Estes dados sugerem que a salinidade não tem qualquer efeito no crescimento do robalo, bem como na sua composição nutricional, levando a crer que é viável a aquacultura de robalo a baixas salinidades. Contudo, será importante salientar que a adaptação do robalo às baixas salinidades, neste estudo, foi um processo bastante gradual, dando a possibilidade deste se adaptar às novas condições de uma forma progressiva, não representando assim um *stress* para os mesmos. Não obstante, será importante a realização de mais estudos com condições de cultivo diferentes, de modo a confirmar as tendências observadas com os dados aqui apresentados.

No segundo ensaio, os objetivos foram alargados e após a escolha da salinidade de 3 ppt, foi estudado o crescimento do robalo, da acelga e do espinafre em sistema aquapónico. Obtiveram-se valores relativos ao crescimento e composição nutricional para as três espécies e, mais especificamente, teor de clorofilas, carotenoides e cloretos para a acelga. Os dados obtidos em relação ao crescimento foram favoráveis para o robalo e para a acelga, havendo um crescimento registado em todos os peixes e plantas em estudo. Contudo, os dados não foram tão otimistas para o espinafre, pois algumas plantas diminuíram de peso e outras acabaram por morrer. Relativamente à composição nutricional, todas as espécies em estudo aumentaram os valores relativos ao teor de proteínas, gorduras e cinzas, ficando assim mais “ricos” do ponto de vista nutricional. Já nas acelgas, relativamente ao teor de clorofilas e cloretos, registou-se em ambos um aumento em relação ao valor obtido inicialmente.

De um modo geral, verificou-se que é possível o cultivo de robalo e acelga em sistema aquapónico, tendo os dados obtidos no presente estudo, sugerido que a salinidade afeta o crescimento ou a composição nutricional dos mesmos.

Como perspetivas futuras, seria interessante verificar os dados obtidos com condições de cultivo diferentes, *indoor* e *outdoor*, com maior tempo de estudo, com novas espécies tanto de peixes como de plantas, bem como com diferentes fontes de iluminação. Mais estudos poderão levar ao conhecimento das condições ideais para um crescimento favorável de todas as espécies, permitindo assim a aplicação à escala comercial da aquaponia em água salgada ou salobra, mariponia.

## 7- Referências bibliográficas

Ahmed, A. K. and K. A. Johnson (2000). "The effect of the ammonium: nitrate nitrogen ratio, total nitrogen, salinity (NaCl) and calcium on the oxalate levels of *Tetragonia tetragonioides* Pallas. Kunz." The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 75(5): 533-538.

AOAC (1984). Methods of Analysis (14th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Arechavala-Lopez, P., et al. (2012). "Morphological differences between wild and farmed Mediterranean fish." Hydrobiologia 679(1): 217-231.

Azzaydi, M., et al. (2000). "The influence of nocturnal vs. diurnal feeding under winter conditions on growth and feed conversion of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.)." Aquaculture 182(3): 329-338.

Barickman, T. C. and D. A. Kopsell (2016). "Nitrogen form and ratio impact Swiss chard (*Beta vulgaris* subsp. *cicla*) shoot tissue carotenoid and chlorophyll concentrations." Scientia Horticulturae 204: 99-105.

Barnabé, G. (1976). "Contribution a la connaissance de la biologie du loup, *Dicentrarchus labrax* (L.)(poisson Serranidae) de la region de Sete."

Barnabe, G. and C. Le Coz (1987). "Large-scale cage rearing of the European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.), in tropical waters." Aquaculture 66(3): 209-221.

Bernstein, S. (2011). Aquaponic gardening: a step-by-step guide to raising vegetables and fish together, New society publishers.

Boffetta, P., et al. (2010). "Fruit and vegetable intake and overall cancer risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)." Journal of the National Cancer Institute 102(8): 529-537.

Bolkent, Ş., et al. (2000). "Effects of chard (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) extract on pancreatic B cells in streptozotocin-diabetic rats: a morphological and biochemical study." Journal of Ethnopharmacology 73(1-2): 251-259.

Brett, J. R. and T. D. D. Groves (1979). 6 - Physiological Energetics. Fish Physiology. D. J. R. W.S. Hoar and J. R. Brett, Academic Press. Volume 8: 279-352.

Buzby, K. M. and L.-S. Lin (2014). "Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output." aquacultural Engineering 63: 39-44.

Buzby, K. M., et al. (2016). "Evaluating aquaponic crops in a freshwater flow-through fish culture system." Aquaculture 460: 15-24.

Cambie, R. C. and L. R. Ferguson (2003). "Potential functional foods in the traditional Maori diet." Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis 523-524: 109-117.

- Casierra-Posada, F., et al. (2014). "Growth analysis in chard plants (*Beta vulgaris* L. *Cicla*, cv. 'Pencas Blancas') exposed to different light quality." *Agronomía Colombiana* 32: 205-212.
- Castro, C., et al. (2015). "Dietary carbohydrate and lipid source affect cholesterol metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles." *British Journal of Nutrition* 114(8): 1143-1156.
- Choi, H. S., et al. (2016). "Phenolics, acyl galactopyranosyl glycerol, and lignan amides from *Tetragonia tetragonioides* (Pall.) Kuntze." *Food Science and Biotechnology* 25(5): 1275-1281.
- Chopin, T., et al. (2001). "INTEGRATING SEAWEEDS INTO MARINE AQUACULTURE SYSTEMS: A KEY TOWARD SUSTAINABILITY." *Journal of Phycology* 37(6): 975-986.
- de Azevedo-Meleiro, C. H. and D. B. Rodriguez-Amaya (2005). "Carotenoids of endive and New Zealand spinach as affected by maturity, season and minimal processing." *Journal of Food Composition and Analysis* 18(8): 845-855.
- Dediu, L., et al. (2012). "Waste production and valorization in an integrated aquaponic system with bester and lettuce." *African Journal of Biotechnology* 11(9): 2349-2358.
- Dendrinou, P. and J. Thorpe (1985). "Effects of reduced salinity on growth and body composition in the European bass *Dicentrarchus labrax* (L.)." *Aquaculture* 49(3): 333-358.
- Denton, O., et al. (2004). *Plant resources of tropical Africa, 2: Vegetables*, Backhuys Publishers, Netherlands/CTA, Wageningen.
- Di Trapani, A. M., et al. (2014). "Economic comparison between offshore and inshore aquaculture production systems of European sea bass in Italy." *Aquaculture* 434: 334-339.
- Dias, J., et al. (1998). "Regulation of hepatic lipogenesis by dietary protein/energy in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*)." *Aquaculture* 161(1): 169-186.
- Enduta, A., et al. (2011). "Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system." *Desalination and water treatment* 32(1-3): 422-430.
- Eroldoğan, O. T., et al. (2004). "Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater." *Aquaculture* 231(1-4): 501-515.
- Eroldogan, T. and M. Kumlu (2002). "Growth performance, body traits and fillet composition of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reared in various salinities and fresh water."
- Ertan, E., et al. (2015). "The effects of salinity, temperature and feed ratio on growth performance of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) in the water obtained through reverse osmosis system and a natural river." *Pakistan J. Zool* 47(3): 625-633.
- Espinosa Moya, E. A., et al. (2016). "Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system." *Aquaculture Research* 47(6): 1716-1726.

- FAO, 2014. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. Rome.
- FAO, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp
- Fazio, F., et al. (2015). "Relationship between blood parameters and biometric indices of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax* cultured in onshore tanks." *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 48(4): 289-296.
- Frank, H. A. and R. J. Cogdell (1996). "Carotenoids in photosynthesis." *Photochemistry and photobiology* 63(3): 257-264.
- Gaines, T. P., et al. (1984). "Automated Determination of Chlorides in Soil and Plant Tissue by Sodium Nitrate Extraction<sup>1</sup>." *Agronomy Journal* 76(3): 371-374.
- Gao, Z.-J., et al. (2009). "Purification and characterisation of polyphenol oxidase from red Swiss chard (*Beta vulgaris subspecies cicla*) leaves." *Food chemistry* 117(2): 342-348.
- Gasco, L., et al. (2016). "Tenebrio molitor meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility." *Animal Feed Science and Technology* 220: 34-45.
- Giovannucci, E., et al. (1995). "Intake of carotenoids and retino in relation to risk of prostate cancer." *JNCI Journal of the National Cancer Institute* 87(23): 1767-1776.
- González-Fernández, I., et al. (2016). "Ozone effects on the physiology and marketable biomass of leafy vegetables under Mediterranean conditions: Spinach (*Spinacia oleracea* L.) and Swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. *cycla*)." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 235: 215-228.
- Günes, A., et al. (1996). "Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper." *Journal of Plant Nutrition* 19(2): 389-396.
- Haas, S., et al. (2016). "Marine microalgae *Pavlova viridis* and *Nannochloropsis* sp. as n-3 PUFA source in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.)." *Journal of Applied Phycology* 28(2): 1011-1021.
- Haase, P. (1990). "Potential plant genetic resources of the New Zealand flora." *Economic Botany* 44(4): 503-515.
- Hara, M., et al. (2008). "Isolation of a drought-responsive alkaline. ALPHA.-galactosidase gene from New Zealand spinach." *Plant biotechnology* 25(5): 497-501.
- Harwood, J. and T. S. Moore (1989). "Lipid metabolism in plants." *Critical Reviews in Plant Sciences* 8(1): 1-43.
- Hidalgo, F., et al. (1987). "Influence of water temperature on food intake, food efficiency and gross composition of juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*." *Aquaculture* 64(3): 199-207.
- Hu, Z., et al. (2015). "Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics." *Bioresource Technology* 188: 92-98.

INE, 2017. Estatísticas da Pesca 2016. Portugal. 80pp.

Jaworska, G. (2005). "Content of nitrates, nitrites, and oxalates in New Zealand spinach." *Food chemistry* 89(2): 235-242.

Jobling, M. (1997). *Temperature and growth: modulation of growth rate via temperature change*. Seminar series-society for experimental biology, Cambridge University Press.

Kaburagi, E., et al. (2014). Sodium enhances nitrate uptake in Swiss chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.). 60, no. 5.

Kaburagi, E., et al. (2015). "Sodium, but not potassium, enhances root to leaf nitrate translocation in Swiss chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.)." *Environmental and Experimental Botany* 112: 27-32.

Karaca, H., et al. (2016). Chlorophylls Reductions in Fresh-Cut Chard (*Beta vulgaris* var. *cicla*) with Various Sanitizing Agents. 22: 9.

Kawakatsu and F Takaiwa, National Agriculture and Food Research Organization, Tsukuba, Ibaraki, Japan 2017 Elsevier Ltd.

Kelley, D. (1988). "The importance of estuaries for sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.)." *Journal of Fish Biology* 33(sA): 25-33.

Kolesnik, A. A., et al. (1988). "Lipids of the root crop *Beta vulgaris*." *Chemistry of Natural Compounds* 24(3): 299-301.

Kugler, F., et al. (2004). "Identification of Betalains from Petioles of Differently Colored Swiss Chard (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla* [L.] Alef. Cv. Bright Lights) by High-Performance Liquid Chromatography–Electrospray Ionization Mass Spectrometry." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(10): 2975-2981.

Lemarié, G., et al. (2004). "Effect of chronic ammonia exposure on growth of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles." *Aquaculture* 229(1–4): 479-491.

Lichtenthaler, H. K. (1987). "[34] Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes." *Methods in enzymology* 148: 350-382.

Liebman, M. and J. Okombo (2009). "Oxalate content of selected pasta products." *Journal of Food Composition and Analysis* 22(3): 254-256.

Liu, L., et al. (2014). "Effects of 5-aminolevulinic acid on Swiss chard (*Beta vulgaris* L. subsp. *cicla*) seedling growth under saline conditions." *Plant Growth Regulation* 74(3): 219-228.

Marklin Jr, R. W., et al. (2013). "Aquaponics: A Sustainable Food Production System that Provides Research Projects for Undergraduate Engineering Students."

Martins, C., et al. (2010). "New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability." *aquacultural Engineering* 43(3): 83-93.

Matraszek, R. (2008). "Nitrate reductase activity of two leafy vegetables as affected by nickel and different nitrogen forms." *Acta Physiologiae Plantarum* 30(3): 361-370.

- Mattisek, R., et al. (1988). "Lebensmittel analytic." Grundzüge, Methoden.
- Medina, M., et al. (2016). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) and Aquaponics for Urban Food Production, with a Pictorial Guide to Aquaponics. Sowing Seeds in the City: Ecosystem and Municipal Services. S. Brown, K. Mclvor and E. Hodges Snyder. Dordrecht, Springer Netherlands: 293-308.
- Mengel, K. and E. Kirby (1987). Principles of plant nutrition. Bern: International Potash Institute; 687p, ISBN 3-906-535-03-7.
- Moeller, S. M., et al. (2000). "The potential role of dietary xanthophylls in cataract and age-related macular degeneration." Journal of the American College of Nutrition 19(sup5): 522S-527S.
- Monti, A., et al. (2008). "Mineral composition and ash content of six major energy crops." Biomass and Bioenergy 32(3): 216-223.
- Najmiah Radiah, M., et al. (2013). "Development of aquaponic system using solar powered control pump." IOSR JOURNAL OF ELECTRONICS AND COMMUNICATION ENGINEERING (IOSR-JEEE) 8: 1-6.
- Nemzer, B., et al. (2011). "Betainic and nutritional profiles of pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris* L.) dried extracts." Food chemistry 127(1): 42-53.
- Neves, A., et al. (2008). "The combined effects of salts and calcium on growth and mineral accumulation of *Tetragonia tetragonioides*-a salt removing species." WSEAS Transactions on Environment and Development 4(1): 1-5.
- Neves, M., et al. (2005). Salt removing species—an environmentally safe and clean technique to control salinity. 6th Conference of EWRA—European Water Resources Association. "Sharing a common vision of water resources". Palais de l'Europe.
- Ninfali, P. and D. Angelino (2013). "Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* cicla and rubra." Fitoterapia 89: 188-199.
- Nozzi, V., et al. (2016). "Evaluation of *Dicentrarchus labrax* Meats and the Vegetable Quality of *Beta vulgaris* var. *cicla* Farmed in Freshwater and Saltwater Aquaponic Systems." Water 8(10): 423.
- Ort, D. R. (2001). "When there is too much light." Plant Physiology 125(1): 29-32.
- Ortega, Aurelio. Cultivo de lubina (*Dicentrarchus labrax*). Madrid: Fundación Observatorio Español de Acuicultura, 2013.
- Ozsoy-Sacan, O., et al. (2004). "Effects of Chard (*Beta vulgaris* L. var *cicla*) on the Liver of the Diabetic Rats: A Morphological and Biochemical Study." Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 68(8): 1640-1648.
- Parida, A. K. and A. B. Das (2005). "Salt tolerance and salinity effects on plants: a review." Ecotoxicology and Environmental Safety 60(3): 324-349.
- Peixoto, M. J., et al. (2016). "Role of dietary seaweed supplementation on growth performance, digestive capacity and immune and stress responsiveness in European seabass (*Dicentrarchus labrax*)." Aquaculture Reports 3: 189-197.

- Peres, H. and A. Oliva-Teles (1999). "Influence of temperature on protein utilization in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*)." *Aquaculture* 170(3–4): 337-348.
- Peres, H. and A. Oliva-Teles (2002). "Utilization of raw and gelatinized starch by European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles." *Aquaculture* 205(3–4): 287-299.
- Person-Le Ruyet, J., et al. (2004). "Effects of temperature on growth and metabolism in a Mediterranean population of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*." *Aquaculture* 237(1–4): 269-280.
- PIABAD (1993) Programa do Instituto de Alimentação Becel para análise de dietas: programa profissional para computadores pessoais. Lisboa: IAB
- Piccolo, G., et al. (2015). "Effect of *Lactobacillus plantarum* on growth performance and hematological traits of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*)." *Aquaculture International* 23(4): 1025-1032.
- Prakash, N. (1967). "Life history of *Tetragonia tetragonioides* (Pall.) O. Kuntze." *Australian Journal of Botany* 15(3): 413-424.
- Pyo, Y.-H., et al. (2004). "Antioxidant activity and phenolic compounds of Swiss chard (*Beta vulgaris subspecies cicla*) extracts." *Food chemistry* 85(1): 19-26.
- Rakocy, J. E. (2012). *Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture*. Aquaculture Production Systems, Wiley-Blackwell: 344-386.
- Rao, A. V. and S. Agarwal (2000). "Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease." *Journal of the American College of Nutrition* 19(5): 563-569.
- Roosta, H. R. and Y. Mohsenian (2012). "Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system." *Scientia Horticulturae* 146: 182-191.
- Sacan, O. and R. Yanardag (2010). "Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of chard (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*)." *Food and Chemical Toxicology* 48(5): 1275-1280.
- Saillant, E., et al. (2003). "Saline preferendum for the European sea bass, *Dicentrarchus labrax*, larvae and juveniles: effect of salinity on early development and sex determination." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 287(1): 103-117.
- Semba, R. and G. Dagnelie (2003). "Are lutein and zeaxanthin conditionally essential nutrients for eye health?" *Medical hypotheses* 61(4): 465-472.
- Silva, E. B., et al. (1998). "Chloride analysis methods and contents in leaves, grains, and husks of coffee." *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 29(15-16): 2319-2331.
- Slattery, M. L., et al. (1999). "Lifestyle and colon cancer: an assessment of factors associated with risk." *American Journal of Epidemiology* 150(8): 869-877.
- Słupski, J., et al. (2010). "Effect of processing on the amino acid content of New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides* Pall. Kuntze)." *International journal of food science & technology* 45(8): 1682-1688.

- Tsevis, N., et al. (1992). "Food conversion budget in sea bass, *Dicentrarchus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns." *Aquaculture* 101(3): 293-304.
- Türkmen, S., et al. (2012). "Compensatory growth response of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) under cycled starvation and restricted feeding rate." *Aquaculture Research* 43(11): 1643-1650.
- Tyson, R. V., et al. (2011). "Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems." *HortTechnology* 21(1): 6-13.
- Ulrich, A. and K. Ohki (1956). "Chlorine, Bromine and Sodium As Nutrients for Sugar Beet Plants." *Plant Physiology* 31(3): 171-181.
- Valente, L. M. P., et al. (2011). "Dietary protein source or energy levels have no major impact on growth performance, nutrient utilisation or flesh fatty acids composition of market-sized Senegalese sole." *Aquaculture* 318(1–2): 128-137.
- Verbeke, W., et al. (2007). "Consumer evaluation of fish quality as basis for fish market segmentation." *Food Quality and Preference* 18(4): 651-661.
- Waller, U., et al. (2015). "Integrated multi-trophic aquaculture in a zero-exchange recirculation aquaculture system for marine fish and hydroponic halophyte production." *Aquaculture International* 23(6): 1473-1489.
- Wilson, C., et al. (2000). "Growth stage modulates salinity tolerance of New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*, Pall.) and red orach (*Atriplex hortensis* L.)." *Annals of Botany* 85(4): 501-509.
- Yanardağ, R., et al. (2002). "The effects of chard (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) extract on the kidney tissue, serum urea and Creatinine levels of diabetic rats." *Phytotherapy Research* 16(8): 758-761.
- Young, A. J., et al. (1997). "The xanthophyll cycle and carotenoid-mediated dissipation of excess excitation energy in photosynthesis." *Pure and applied chemistry* 69(10): 2125-2130.
- Yousif, B. S., et al. (2010). "Comparative studies in salinity tolerance between new zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and chard (*Beta vulgaris*) to salt stress." *Agric J* 5: 19-24.
- Zhang, S.-Y., et al. (2011). "An integrated recirculating aquaculture system (RAS) for land-based fish farming: The effects on water quality and fish production." *aquacultural Engineering* 45(3): 93-102.