

CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DE PROPAGAÇÃO E PRODUÇÃO DE PLANTAS AQUÁTICAS

André Brito Mestre

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Arquitectura Paisagista

Orientador: Doutor Nuno Joaquim Costa Cara de Anjo Lecoq, Assistente Convidado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Co-orientador: Doutor José António Saraiva Monteiro, Professor Associado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve.

Júri:

Presidente: Doutor Francisco Manuel Cardoso de Castro Professor Associado com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa Rego,.

- Vogais: – Doutor José António Saraiva Monteiro, Professor Associado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve;
- Doutora Ana Luísa Brito dos Santos Sousa Soares Ló de Almeida, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;
 - Doutor Pedro Miguel Ramos Arsénio, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;
 - Doutor Nuno Joaquim Costa Cara de Anjo Lecoq, Assistente Convidado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Lisboa, 2014

Nota pr3via:

*A presente disserta33o n3o foi redigida segundo o novo
Acordo Ortogr3fico da L3ngua Portuguesa.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por me proporcionarem uma educação superior, pela paciência durante esta jornada e pela aceitação e apoio neste projecto final.

Ao meu avô por me emprestar a área para o projecto e pelo conhecimento e sabedoria transmitida.

Ao Arquitecto Paisagista Nuno Lecoq um agradecimento especial por me apresentar esta ideia de trabalho e um possível caminho empresarial, pela orientação e transmissão de conhecimentos sempre com entusiasmo e um orgulho paisagístico contagioso e pelo incentivo e positivismo sempre presentes.

Ao professor José Monteiro pela co-orientação, colaboração, receptividade e pormenores técnicos partilhados sem os quais este projecto não teria sido positivo.

Ao professor José Rosa Pinto do Herbário da Universidade do Algarve pela simpatia, ajuda e disponibilidade na identificação do material vegetal.

Ao Sr. Ezequiel, Sr. Barriga e ao Sr. Mendonça pela cedência de materiais sem os quais a viabilidade deste estudo estaria posta em causa.

Ao Eng. Costa pelos conselhos e uma porta sempre aberta na Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve.

À Joana pelo companheirismo, apoio e presença permanente sempre com um sorriso que tornou esta tarefa muito menos árdua.

À Rosa pela amizade, pelas opiniões, conselhos e críticas sempre construtivas.

À Marta pela paciência e disponibilidade em ler e corrigir todo este trabalho.

E ao André e á Anastácia pela ajuda prestada na construção da estufa.

RESUMO

O presente trabalho aborda um estudo teórico-prático sobre produção e propagação de plantas aquáticas. A importância desta temática reflecte-se nas funções desempenhadas pelas plantas aquáticas, ao nível ambiental e económico e por se considerar que estas podem ser inseridas no âmbito da Arquitectura Paisagista num critério de utilização multifuncional. Este estudo pretende divulgar a importância do material vegetal, as suas propriedades e funções no ecossistema e na paisagem e os métodos mais apropriados de propagação e produção.

Esta investigação focou-se no estudo dos macrófitos (hidrófitos e helófitos) de ecossistemas dulçaquícolas. Sendo no entanto de ressaltar que existem espécies que pela sua grande plasticidade ecológica ou pela falta de dados podem ser classificadas em relação às suas exigências hídricas como higrófitos ou sub-higrófitos.

Este estudo é dividido em duas partes, a primeira tem o objectivo de proporcionar uma base teórica sobre o modo de actuação que serviu também como princípio para o desenvolvimento da componente prática, permitindo uma maior exactidão e optimização de recursos. Inicialmente é apresentado um conjunto de definições e conceitos que se consideram indispensáveis para a clara compreensão deste estudo, descrevendo-se depois as características mais importantes do material vegetal aquático a nível ambiental e económico, seguido dos vários temas relacionados com produção e propagação.

A segunda parte do estudo consiste num exercício prático onde foi simulada uma microprodução em estufa em sistema de produção hidropónico flutuante fechado com uma vertente bem vinculada na sustentabilidade energética e ambiental. Foi ainda elaborada uma análise económica onde se investigou a viabilidade de produção e comercialização das plantas aquáticas em Portugal.

Este trabalho de investigação e a posterior análise e discussão dos resultados obtidos em experiências levadas a cabo durante 2 meses, conduziram a um conjunto de soluções técnicas que permitem potenciar a produção de plantas aquáticas em meio hidropónico e em ambiente controlado, tendo em conta um mercado potencialmente crescente ao qual se destinam.

Palavras-chave: Plantas aquáticas, Macrófitos, Produção, Propagação, Hidroponia, Estudo de mercado.

ABSTRACT

This work discusses a theoretical and practical study on the production and propagation of aquatic plants. The importance of this subject is based on the functions performed by aquatic plants on the environmental and economic level and considering that these can be inserted under a multifunctional criterion in Landscape Architecture use. This study aims to expose the importance of the aquatic plants, its properties and functions in the ecosystem and landscape and the best methods of propagation and production.

The research focused on the study of macrophytes (hydrophytes and helophytes) of freshwater ecosystems. Nevertheless it's significant to highlight that there are species for its great ecological plasticity or lack of data can be classified in relation to their water requirements as hygrophytes or sub-hygrophytes.

This study is divided into two parts, the first is intended to provide a theoretical base which also served as the principle for the development of the practical component, allowing a greater accuracy and resource optimization. Initially it's given a set of definitions and concepts that are considered essential for a clear understanding of this study, describing then the most important characteristics of the aquatic plants at the environmental and economic level, followed by various topics related to the production and propagation.

The second part of the study consists of a practical exercise where was simulated a micro-production using a hydroponic floating system in a closed circuit with a great approach on the energy and environmental sustainability. It was also prepared an economic analysis in which was investigating the feasibility of production and marketing of aquatic plants in Portugal.

This research and subsequent analysis and discussion of results from experiments carried out during two months, resulted in a set of technical solutions that allowed enhancing the production of aquatic plants through hydroponics and controlled environment, taking into account a potentially increasing market.

Keywords: Aquatic Plants, Macrophytes, Production, Propagation, Hydroponics, Market Study

EXTENDED ABSTRACT

This work discusses a theoretical and practical study on the production and propagation of aquatic plants. The importance of this subject is based on the functions performed by aquatic plants on the environmental and economic level and considering that these can be inserted under a multifunctional criterion in Landscape Architecture use such as the recovery of lakes and watercourses, BIO- *Wastewater treatment plant*, artificial lakes and pools, among others. This theme comes from the finding of a reduced production and marketing of autochthonous and allochthonous aquatic plants in Portugal although the search may seem, at first sight, to be relatively high. This idea is supported by the existence of a wide variety of projects in landscape architecture where water is a nearly constant element in its composition. By itself, water adds great value to the interventions, being this value multiplied when combined with aquatic plants. These are considered to possess several valences within the landscape, the soil protection, nature conservation, biodiversity, water quality and flood protection. Other foundation relates directly to the numerous uses that aquatic plants may have, from the use in biological pools, through feed and use in the growing hobby of Fishkeeping.

The aim of this work is to contribute to the study of the propagation and production of aquatic plants (autochthonous and allochthonous) methods of soilless culture (hydroponics) in the greenhouse with the subsequent analysis of the economic viability, a criterion for multifunctional use within the Landscape Architecture.

This study focused only on aquatic plants, macrophytes (in relation to the function of the type of fixation and the position relative to the mass of water) or hydrophytes and helophytes (in relation to their water requirements), of freshwater ecosystems being this the primary objective. Nevertheless it's significant to highlight that there are species for its great ecological plasticity or lack of data can be classified in relation to their water requirements as hygrophytes or sub-hygrophytes.

This study is divided into five topics, the first three addresses the theoretical issue and are intended to provide a base serving as principle for the development of the technique allowing a greater accuracy and resource optimization of the last two chapters that describe the practical component. In the first part describes some definitions and concepts of aquatic plants being this relevant for a clear understanding of this study and research. After are exposed the most important properties of the aquatic plant on the environmental and economic level, and then presents the propagation techniques, the importance of ecological factors in the production and the production systems of aquatic plants. The second part describes the project executed, which is composed by a practical exercise where was simulated a micro-production using a hydroponic floating system in a closed circuit during two months. It was also prepared an economic analysis in which was investigating the

feasibility of production and marketing of aquatic plants in Portugal, culminating the end of the study with the discussion of the results and the viability of the project.

This research and subsequent analysis and discussion of results from experiments carried out, resulted in a set of technical solutions that allowed enhancing the production of aquatic plants through hydroponics and controlled environment, taking into account a potentially increasing market.

Keywords: Aquatic Plants, Macrophytes, Production, Propagation, Hydroponics, Market Study

ÍNDICE

ÍNDICE.....	VI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objectivo.....	2
1.2. Metodologia.....	3
2. PLANTAS AQUÁTICAS E RIBEIRINHAS – Definições e Conceitos	4
2.1. Hidrófitos e helófitos em Portugal	7
3. IMPORTÂNCIA DO MATERIAL VEGETAL AQUÁTICO	10
3.1. Importância ao nível Ambiental.....	11
3.2. Importância ao nível Económico.....	14
4. PRODUÇÃO E PROPAGAÇÃO	18
4.1. Propagação	18
4.1.1. Reprodução sexuada	18
4.1.2. Reprodução assexuada.....	20
4.2. Propagação “in vitro”	22
4.3. Importância dos factores ecológicos	23
4.3.1. Adaptação à submersão e emersão.....	23
4.3.2. Alelopatia das plantas aquáticas	23
4.3.3. Temperatura	24
4.3.4. Luz	25
4.3.5. Qualidade da água: Inter-relação entre carbono, pH e dureza da água.....	27
4.3.6. Humidade do ar	29
4.3.7. Nutrição	30
4.4. Sistemas de cultivo.....	33
4.4.1. Sistemas de valas e tanques.....	33
4.4.2. Sistemas de produção sem solo	34
4.4.2.1. Sistemas hidropónicos.....	34
4.4.2.2. Sistemas aquapónicos.....	39
4.4.3. Controlo de algas.....	40
5. TIROCÍNIO.....	42
5.1. Localização e análise biofísica do local	42
5.2. Plano Geral	43
5.3. Estufa.....	43
5.4. Mesa de crescimento	45
5.5. Substrato	46
5.6. Método de propagação	46

5.7. Solução nutritiva	47
5.8. Cultura de plantas aquáticas.....	48
5.8.1. Resultado da produção das plantas aquáticas	50
5.9. Controlo ambiental.....	51
5.9.1. Temperatura da solução nutritiva	51
5.9.2. Temperatura do ar	53
5.9.3. Humidade	53
5.9.4. Radiação luminosa	54
5.9.5. Resultados do controlo ambiental	55
5.10. Sustentabilidade energética.....	56
6. ANÁLISE ECONÓMICA	57
6.1. Orçamento	57
6.2. Estudo de mercado	57
6.2.1. Resultado do estudo de mercado.....	57
7. CONCLUSÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	60
8. BIBLIOGRAFIA	62

ANEXOS

ANEXO I - Lista dos Hidrófitos e Helófitos autóctones presentes em Portugal Continental

ANEXO II - Lista dos principais fertilizantes fornecedores de nutrientes

ANEXO III - Plano geral: Estudo prévio - Fases de desenvolvimento

ANEXO IV - Normas e técnicas para construção de estufas

ANEXO V - Herbário das fichas das plantas aquáticas usadas nos testes de produção

ANEXO VI - Lista de despesas efectuadas na preparação e desenvolvimento do tirocínio

ANEXO VII - Inquérito: Estudo de mercado para a produção de plantas aquáticas em Portugal

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Ribeira da Foupana, Sotavento Algarvio (Abril de 2013)	13
Fig. 2 - ETAP de Tenência, Sotavento Algarvio (Abril de 2013).....	14
Fig. 3 - Piscinas Municipais dos Olivais em extremo estado de degradação	15
Fig. 4 - Exemplo de terrário	17
Fig. 5 - Exemplo de aquário	17
Fig. 6 - Aquário Vasco da Gama	17
Fig. 7 - Fluviário de Mora.....	17
Fig. 8 - Produção de raízes nos caules de <i>Althernanthera rosaefolia</i> 'Mini'	20
Fig. 9 - Estolho de <i>Marsilea batardae</i>	21
Fig. 10 - Tufo de <i>Eleocharis acicularis</i>	21
Fig. 11 - Intervalo do espectro de luz usado na fotossíntese	26
Fig. 12 - Disponibilidade de nutrientes na escala de pH	38
Fig. 13 - Localização 1	42
Fig. 14 - Localização 2	42
Fig. 15 - Área de intervenção 1	42
Fig. 16 - Área de intervenção 2	42
Fig. 17 - Construção da estufa	43
Fig. 18 - Interior da estufa	43
Fig. 19 - Estufa completa 1.....	43
Fig. 20 - Estufa completa 2.....	43
Fig. 21 - Vários pormenores de construção da estufa (unidade: metros).....	44
Fig. 22 - Mesa de crescimento sem flutuadores	45
Fig. 23 - Pormenor do reservatório.....	45
Fig. 24 - Pormenor do descarregador de superfície.....	45
Fig. 25 - Mesa de crescimento com flutuadores e estufim	45
Fig. 26 - Organização das mesas de crescimento dentro da estufa (unidade: metros).....	46
Fig. 27 - Vaso de plástico de rede preenchido com substrato de lâ-de-rocha.....	46
Fig. 28 - Disposição dos estolhos de <i>Eleocharis acicularis</i> na lâ-de-rocha	46
Fig. 29 - Instrumentos de monitorização pH e TDS.....	47
Fig. 30 - Evolução da solução nutritiva ao longo de 20 dias	47
Fig. 31 - Plantas aquáticas autóctones e alóctones tropicais em crescimento emerso	48
Fig. 32 - <i>Marsilea cf. Batardae</i>	49
Fig. 33 - Pesagem das plantas aquáticas.....	50
Fig. 34 - Evolução do crescimento das plantas aquáticas	51
Fig. 35 - Painel solar térmico.....	51
Fig. 36 - Esquema do sistema de aquecimento.....	52
Fig. 37 - Reservatório de água quente, forrado a lâ-de-rocha.....	53
Fig. 38 - Tubo PE corrugado de 16mm. Dissipação de calor na mesa de crescimento	53
Fig. 39 - Abertura das janelas laterais	53
Fig. 40 - Nebulizadores em funcionamento	53
Fig. 41 - Estufim	54
Fig. 42 - Rede de sombreamento	54
Fig. 43 - Quantidade de plantas adquiridas por mês e por vendedor.....	57
Fig. 44 - Dispêndio por mês na compra das plantas aquáticas por vendedor.	58
Fig. 45 - Valor dos portes de envio por encomenda	58

Fig. 46 - Encomendas por mês e por vendedor.....	58
Fig. 47 - Tempo de entrega das plantas no estabelecimento do vendedor.....	59
Fig. 48 - Local de produção das plantas aquáticas vendidas no mercado Português.....	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da dureza da água.....	29
Tabela 2 - Elementos necessários para as plantas e suas funções.....	32
Tabela 3 - Características físicas da lâ-de-rocha.....	36
Tabela 4 - Resultados do controlo ambiental.....	55

1. INTRODUÇÃO

O campo de acção do Arquitecto Paisagista vai muito para além dos Ateliers de Projecto e de Ordenamento do Território. A multidisciplinaridade que nos foi transmitida deve servir como fonte de dinamismo e motivação profissional no momento em que abordamos o mercado de trabalho. O Arquitecto Paisagista tem capacidade e conhecimentos que lhe permitem desenvolver a sua actividade profissional noutras áreas e âmbitos.

É com esta premissa em mente, que é aqui apresentado e desenvolvido um estudo no âmbito da dissertação para obtenção do grau de Mestre em Arquitectura Paisagista no Instituto Superior de Agronomia, que pretende contribuir para o conhecimento teórico e prático da produção e propagação de plantas aquáticas e a análise da sua eventual potencialidade económica em Portugal.

A presente dissertação surge da constatação de uma reduzida produção e comercialização de plantas aquáticas autóctones e alóctones tropicais no nosso país embora a sua procura pareça, em primeira análise, ser relativamente elevada. Esta ideia é fundamentada pela existência de uma grande variedade de projectos em Arquitectura Paisagista (quer em escala, quer em campos de actuação) onde a água é um elemento quase constante nas suas composições. Por si só, o elemento água acrescenta grande valor às intervenções, sendo esse valor ampliado quando combinado com plantas aquáticas. Estas consideram-se possuidoras de várias valências no âmbito da paisagem, na protecção do solo, na conservação da natureza, na biodiversidade, na qualidade da água e na protecção contra cheias. Outro fundamento, relaciona-se directamente com os inúmeros usos que as plantas aquáticas podem ter, desde o uso em piscinas biológicas, passando pela alimentação animal até ao crescente *hobby* da aquariofilia.

Sendo a produção deste material vegetal incipiente no nosso país (Filhó, 2008) tornando necessária a sua importação, admite-se que haja um potencial económico, nesta área de actuação.

Este trabalho é constituído por cinco tópicos, os três primeiros abordam questões teóricas e os dois últimos abordam a componente prática. Descrevem-se na primeira parte algumas definições e conceitos sobre as plantas aquáticas considerados relevantes para uma clara compreensão deste estudo e investigação. Expõem-se depois as propriedades mais importantes deste material vegetal a nível ambiental e económico e em seguida apresentam-se as técnicas de propagação, a importância dos factores ecológicos na produção e os sistemas de produção de plantas aquáticas. Na última parte descreve-se o

projecto executado, seguida da descrição da análise económica, culminado o final do estudo com a discussão dos resultados e da viabilidade do projecto.

Em anexo é apresentada uma lista dos hidrófitos e helófitos presentes em Portugal continental e dos hidrófitos exóticos proibidos em Portugal, uma lista com os principais fertilizantes utilizados em hidroponia e algumas fórmulas nutritivas, o plano geral do projecto e as suas diferentes fases, as Normas e Técnicas de Construção de Estufas, um herbário com as fichas das plantas aquáticas usadas nos testes de produção, uma lista de despesas efectuadas na preparação e desenvolvimento do tirocínio e o inquérito feito para estudo de mercado.

Este estudo focou-se apenas sobre as plantas aquáticas, isto é, sobre os macrófitos (em relação á função do tipo de fixação e à posição relativamente à massa de água) ou hidrófitos e helófitos de ecossistemas dulçaquícolas (em relação às suas exigências hídricas), por este ser o objectivo primordial. No entanto faz-se a ressalva que por ambiguidade são referidas ou usadas plantas que podem ser classificadas como aquáticas e/ou ribeirinhas (higrófitos e sub-higrófitos).

1.1. Objectivo

O objectivo do presente trabalho é contribuir para o estudo da propagação e produção de plantas aquáticas (autóctones e alóctones tropicais) em métodos de cultura sem solo (hidroponia) em estufa com a posterior análise da viabilidade económica, num critério de utilização multifuncional no âmbito da Arquitectura Paisagista.

Este tema insere-se em Arquitectura Paisagista na medida em que a investigação incide sobre este tipo específico de plantas que tanto influenciam a paisagem, sendo usadas pelo Arquitecto Paisagista em diversas actuações como a recuperação de lagos e linhas de água, BIO-ETARs, lagos artificiais, piscinas biológicas e que tanto contribuem para a diversidade biológica e a conservação da natureza.

Não é demais referir que é boa prática profissional e sustentável, o uso exclusivo de plantas autóctones na recuperação/construção de zonas húmidas, restringindo o uso das plantas alóctones tropicais à sua utilização em situações onde a biodiversidade natural do local, não seja posta em causa.

1.2. Metodologia

A metodologia do presente trabalho de investigação consiste no desenvolvimento de uma experiência de produção que tem como base uma forte componente teórica de pesquisa bibliográfica sobre as plantas aquáticas, as suas funções no ecossistema, as suas formas de propagação, os factores ecológicos ideais para o seu desenvolvimento e condicionantes inerentes ao processo da sua propagação. Procuraram-se conhecer as técnicas de produção em hidroponia, aquaponia e em valas e tanques. Os conhecimentos teóricos adquiridos foram posteriormente aplicados num projecto prático de propagação e produção com vista a uma posterior integração no mercado de plantas, testando a qualidade e quantidade de plantas produzidas no sistema de hidroponia flutuante. Este método de produção foi testado num sistema fechado, através da reciclagem da solução nutritiva e em estufa, com controlo ambiental melhorado, isto é, com arejamento lateral e zenital, sistema de aquecimento e controlo de radiação e humidade. Parte do ciclo cultural decorreu num período desfavorável do ano (Fevereiro a Março) com temperaturas mais frias e menores intensidades e durações luminosas onde se produziram plantas autóctones e plantas alóctones tropicais com necessidades de temperatura e humidade específicas.

2. PLANTAS AQUÁTICAS E RIBEIRINHAS – Definições e Conceitos

Apresentam-se algumas definições e conceitos que se consideram relevantes para uma clara compreensão deste trabalho.

A definição de zona húmida, aloja em si uma variedade de *habitats* que têm em comum a interface entre o meio terrestre e aquático. Segundo a definição acordada na Convenção de Ramsar em 1971, incluem-se nestes *habitats* as “extensões de pântanos, de turfeiras, de charcos ou de águas naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, onde a água é estática ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo extensões de águas marinhas cuja profundidade na maré baixa não excede os seis metros. Assim os pântanos, os pauis, as turfeiras, as lagoas, os ribeiros, os rios, os estuários, os terrenos alagadiços, os sítios vasosos são zonas húmidas como as partes pouco profundas dos oceanos e dos mares” (Dias, 1988: 7-14).

Estes ecossistemas estão entre os mais ricos e produtivos da biosfera, albergam importantíssimas reservas genéticas em *habitats* privilegiados de fauna e flora, são reguladores bioclimáticos locais, têm um papel fundamental no controlo de sedimentos e contaminações, promovem a educação e investigação, proporcionam actividades de lazer, de produção de recursos e de valor patrimonial físico e estético, sendo por isso essenciais ao homem.

A vegetação que ocorre nestas zonas húmidas “é, entre os variados factores bióticos que as afectam, um dos principais indicadores do estado dos ecossistemas, do seu grau de diversidade biológica e da qualidade da água que a sustenta” (Duarte & Moreira, 2009: 9).

As plantas aquáticas e ribeirinhas no seu sentido mais abrangente são todas as plantas “que têm o seu ciclo de vida ligado à água ou a ambientes encharcados ou húmidos” (Catarino *et al.*, 2001: 5). Incluem-se “plantas que só se desenvolvem na água e as que, não sendo aquáticas em sentido estrito, são próprias de locais húmidos ou encharcados e toleram a inundação em maior ou menor grau” (Catarino *et al.*, 2001: 5). As plantas ribeirinhas correspondem às que ocorrem nas margens inundáveis e as aquáticas as que habitam nas massas de água.

A classificação deste material vegetal nem sempre é fácil, enquanto algumas espécies são exclusivas de um *habitat*, outras adoptam crescimentos ou características morfológicas

consoante o nível do leito e a corrente, ocorrendo em diferentes zonas relativamente à massa de água (Duarte & Moreira, 2009).

É comum a divisão destas plantas em macrófitos e micrófitos. Os macrófitos (plantas macroscópicas) compreendem o grupo das macroalgas, briófitos, pteridófitos e espermatófitos. Os micrófitos (plantas microscópicas) compreendem o fitoplâncton e o perifiton (Catarino *et al.*, 2001). Macrófito provém do grego macro (grande) + phyton (planta) e refere-se à maioria das plantas macroscópicas (plantas visíveis a olho nu). Na prática o termo é, actualmente, aplicado quase exclusivamente às plantas aquáticas (Catarino *et al.*, 2001).

A designação macrófitos refere-se em limnologia ao “conjunto das plantas macroscópicas que crescem dentro, na superfície ou perto do meio aquático e que necessitam de um ambiente aquático, alagado ou húmido para sobreviverem, pelo menos durante parte do seu ciclo de vida” (Costa, 2001: 15).

Os macrófitos existem em zonas húmidas de água doce, salobra e salgada. Dentro dos ecossistemas dulçaquícolas (água doce) podem ainda ser distinguidos macrófitos lênticos e lóticos, correspondendo respectivamente a *habitats* de águas paradas (lagos, charcos, pântanos, pauis, etc.) e *habitats* de águas correntes (rios, ribeiros, riachos, etc.) (Filhó, 2008).

Em relação ao número de espécies, nos ecossistemas lóticos tendem a ocorrer menos espécies que nos ecossistemas lênticos, devido ao aumento da velocidade das águas a ocorrência de vegetação limita-se às plantas com adaptações ao nível da fixação e da resistência ao atrito (Pinho, 2003).

Os macrófitos podem ser classificados em relação à função, ao tipo de fixação e à posição relativamente à massa de água em (Catarino *et al.*, 2001):

- (A) Macrófitos emergentes – são plantas enraizadas no solo com caules e folhas na sua maioria emersas. Localizam-se junto às margens de cursos e massas de água. Ex. *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Iris pseudacorus*.
- (B) Macrófitos flutuantes – são plantas que flutuam à superfície da água, sem enraizamento ao substrato e com folhas e caules na sua maioria flutuantes. Estes

podem ter a sua posição na água alterada consoante o vento ou a corrente. Ex. *Lemna minor*, *Utricularia australis*, *Lemna gibba*.

(C) Macrófitos enraizados de folhas flutuantes – são plantas enraizadas no substrato, com a maioria das folhas flutuantes, estas acompanham o nível das águas. Localizam-se na faixa junto à margem, ou abrangem todo o leito quando o nível é pouco profundo. Ex. *Nymphae alba*, *Nuphar lutea*.

(D) Macrófitos submersos – são plantas enraizadas, com toda a parte vegetativa submersa, podendo os órgãos reprodutores emergir. Localizam-se submersos até onde a penetração da luz permitir a sua viabilidade. Embora alguns autores excluam as macroalgas deste grupo, pelas afinidades funcionais com as plantas submersas, estas são incluídas no grupo dos macrófitos submersos. Ex. *Ranunculus penicillatus*,

Relativamente à posição dos macrófitos na massa de água, estes surgem desde a margem até à profundidade onde a penetração da luz solar permite o seu crescimento. Assim, junto à margem, surgem os macrófitos emergentes, seguindo-se os macrófitos enraizados com folhas flutuantes, os macrófitos submersos as macroalgas e os macrófitos flutuantes (Catarino *et al.*, 2001).

Note-se ainda, que em resultado da diversidade de *habitats*, há espécies de macrófitos que, apresentam maleabilidade de hábito podendo-se comportar de formas distintas, através de crescimentos e características morfológicas diferentes, colonizando meios terrestres ou aquáticos consoante as condições ecológicas a que são submetidos. Exemplo dessa adaptação é a ocorrência de dimorfismo foliar em várias espécies de plantas aquáticas como o *Ranunculus peltatus* (ranúnculo-aquático) que na sua parte submersa possui folhas fimbriadas mais resistentes ao atrito e mais eficazes na assimilação de oxigénio dissolvido e na sua parte flutuante, folhas laminares (Duarte & Moreira, 2009).

A flora aquática pode ainda ser classificada em relação às suas exigências hídricas. Classificação sugerida por Duarte & Moreira, 2002 onde se obtiveram grupos que apresentam características comuns no que respeita ao desenvolvimento vegetativo e métodos de reprodução, partilhando similaridades relativas à forma de vida e relativas aos *habitats* que ocupam.

- (I) Helófitos – aqui inserem-se os macrófitos emergentes (A). Este grupo é representado por espécies que “toleram longos períodos de submersão parcial; as estruturas vegetativas apresentam parte emersa e parte imersa, as estruturas reprodutoras são aéreas e as radiculares encontram-se em substratos saturados em água” (Duarte *et al.*, 2004: 69) “Esta categoria é representativa de um tipo particular de plantas especialmente eficiente na colonização da zona de transição entre o meio aquático e o terrestre, onde os substratos apresentam uma relativa instabilidade e os períodos de submersão são frequentes” (Filhó, 2008: 6).
- (II) Hidrófitos – aqui inserem-se os macrófitos (B), (C) e (D). “São plantas com a totalidade do aparelho vegetativo no interior do plano de água ou à sua superfície, precisando desta como meio de suporte e nalguns casos para o transporte de pólen na reprodução sexuada. De uma maneira geral os hidrófitos passam a estação desfavorável sob o plano de água. Sinónimo de plantas aquáticas propriamente ditas ou euhidrófitos” (Duarte *et al.*, 2004: 69).
- (III) Higrófitos – aqui inserem-se “as espécies que preferem ou toleram solos mais ou menos permanentemente encharcados ou muito húmidos, como sejam margens de rios, lagos, charcos e pauis” (Duarte *et al.*, 2004: 69).
- (IV) Sub-higrófitos - aqui inserem-se as “espécies que ocorrem em zonas com menores teores de humidade edáfica correspondendo, maioritariamente, às que têm como *habitat* preferencial locais de grande humidade mas onde as inundações são esporádicas ou inexistentes, nomeadamente prados higrofílicos, bosques ou matos húmidos, zonas sombrias e leitos de cheias” (Duarte *et al.*, 2004: 69).

O estudo apresentado incide sobre um tipo específico de flora, os hidrófitos e helófitos de ecossistemas dulçaquícolas (ou macrófitos de ecossistemas dulçaquícolas), designadas comumente como plantas aquáticas, mas é de ressaltar que existem espécies que pela sua grande plasticidade ecológica ou pela falta de dados podem ser caracterizados em uma ou mais das categorias anteriormente descritas.

2.1. Hidrófitos e helófitos em Portugal

Em Portugal Continental, estima-se que existam aproximadamente 3300 taxa da flora vascular autóctone. Os grupos de plantas aquáticas referidos anteriormente perfazem cerca

de 1/5 deste total sendo os higrófitos o grupo que apresenta maior expressão, com cerca de quatrocentas espécies identificadas, seguido dos sub-higrófitos com aproximadamente trezentas, enquanto os grupos dos helófitos e hidrófitos não atinge a centena (Duarte *et al.*, 2004).

Em Portugal continental estão confirmados 85 *taxa* de **hidrófitos** autóctones (Anexo I – Tabela I), todos eles herbáceos que se distribuem pelos pteridófitos, dicotiledóneas e monocotiledóneas. É de notar que alguns apresentam grande capacidade de adaptação a diferentes meios e condições ambientais podendo comportar-se como helófitos ou até higrófitos. As dicotiledóneas, são representadas por 11 famílias, destacando-se com maior representatividade as *Ranunculaceae* (com 12 espécies) e as *Callitrichaceae* (com 6 espécies). As monocotiledóneas, são representadas por 13 famílias, destacando-se as *Potamogetonaceae* (com 13 espécies), *Alismataceae* (com 7 espécies) e *Lemnaceae* (com 5 espécies). Existem ainda famílias que são compostas quase exclusivamente por hidrófitos como é o caso das *Callitrichaceae*, *Ceratophyllaceae*, *Haloragaceae* e *Nymphaeaceae*, nas dicotiledóneas e das *Alismataceae*, *Butomaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Lemnaceae*, *Najadaceae*, *Potamogetonaceae*, *Sparganiaceae* e *Zannichelliaceae*, das monocotiledóneas. Os hidrófitos enraizados de folhas flutuantes são os que apresentam maior domínio, apontam-se o género *Nymphaea* e espécies dos géneros *Potamogeton* e *Ranunculus*. Nos hidrófitos submersos apontam-se os géneros *Ceratophyllum*, *Najas*, *Vallisneria* e *Zannichellia* e algumas espécies de *Potamogeton*. Nos hidrófitos flutuantes incluem-se apenas duas famílias e quatro géneros - *Lentibulariaceae* (*Utricularia*) e *Lenmaceae* (*Lenura*, *Spirodela* e *Woljila*). Nas zonas de Portugal influenciadas pelos bioclimas supra e meso-mediterrâneos, existe maior ocorrência de comunidades vegetais aquáticas, dessas os hidrófitos enraizados mais importantes são os que ocorrem em troços lênticos de caudal suave como os *Rannunculus ololeucos*, *R. bandott*, *R. peltatus* Schrank e *R. trichophyllum* Chaix. Os hidrófitos flutuantes que mais ocorrem em troços lóticos são *Lemna minor* (Lentilha-de-água) e *Eichhornia crassipes* (Jacinto-da-água) (invasora – Dec.-Lei n.º 565/99) com raras presenças de *Azolla filiculoides* e *Azolla caroliniana* (Azola) (ambas invasoras – Dec.-Lei n.º 565/99). Também o *Myriophyllum verticillatum*, *Nymphaea alba* (Nenúfar) e *Nuphar luteum* (Golfão-amarelo) marcam importante presença como hidrófitos flutuantes (Ribeiro, 2000).

No grupo dos **helófitos** estão avaliados 66 *taxa* autóctones havendo 32 na classe das dicotiledóneas e 34 nas monocotiledóneas (Anexo I – Tabela II). As famílias mais representativas nas dicotiledóneas são as *Scrophulariaceae*, *Apiaceae*, *Ranunculaceae* e *Brassicaceae* e nas monocotiledóneas são as *Cyperaceae*. Este grupo de plantas aquáticas

apresenta-se geralmente como herbáceas vivazes embora existam espécies como a *Phragmites australis* (Caniço) que possuem tecidos lenhificados (Duarte *et al.*, 2004).

Os únicos hidrófitos e helófitos endémicos portugueses são também ibéricos e correspondem à *Marsilea batardae* (Trevo-de-quatro-folhas) e *Baldellia alpestris* (sendo a primeira abrangida pela Rede Natura 2000) nos hidrófitos e *Carex elata* subs. *reuteriana* e *C. elata* subs. *tartessiana* nos helófitos. No entanto ocorrem várias espécies raras nestes dois grupos que não estão incluídas em qualquer conteúdo legal. Apresenta-se uma em anexo (Anexo I) a lista destas espécies cuja avaliação é necessária a fim de avaliar a sua importância do ponto de vista conservacionista (Duarte *et al.*, 2004).

Há a destacar também os hidrófitos da nossa flora protegidos por legislação e que são apresentados no Anexo I.

É de referir que existem espécies de hidrófitos e helófitos exóticos e infestantes em Portugal que se encontram descritos no Dec.-Lei 565/99 (Anexo I – Tabela III). As “Plantas invasoras, também designadas por alienígenas, imigrantes, exóticas, adventícias, neófitos ou, simplesmente, introduzidas (Mack, 1985), são consideradas as que se dispersam em áreas onde não são nativas (Rejmanek, 1995), sem intervenção directa do homem, em *habitats* naturais ou seminaturais, de modo a produzir uma modificação significativa em termos de composição, estrutura ou dinâmica dos ecossistemas (Cronk, 1995)” (Moreira *et al.*, 2002: 4.4).

Entende-se como infestante aquática, uma “planta aquática cuja densidade populacional em ecossistemas intervencionados ou naturais excede um determinado nível limitativo – *nível prejudicial de ataque* – em que o prejuízo no uso dos recursos hídricos é superior aos benefícios da sua presença no ecossistema em causa ou da sua potencial utilização” (Moreira *et al.*, 2002: 4.4). Os principais hidrófitos infestantes são: *Eichhornia crassipes*, *Myriophyllum aquaticum* e *Azolla filiculoides*. Para uma lista mais detalhada deste material vegetal sugere-se as edições de Catarino *et al.*, 2001 – *Plantas aquáticas infestantes de valas*.

Em Duarte *et al.*, 2004 é apresentada uma lista de espécies exóticas encontradas nos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos portugueses tendo sido identificados 139 *taxas* exóticos, sendo que 8 são hidrófitos e 2 helófitos (Anexo I – Tabela III).

Note-se ainda que no Dec.- Lei 565/99, são proibidas a introdução de 3 espécies de hidrófitos, que embora não ocorram em Portugal continental, comportam elevados riscos ecológicos, bem conhecidos noutras regiões geográficas (Anexo I – Tabela III).

3. IMPORTÂNCIA DO MATERIAL VEGETAL AQUÁTICO

Os ecossistemas húmidos (massas de água e zonas húmidas adjacentes) distinguem-se da sua envolvência exibindo um microclima com menor temperatura e maior humidade relativa do ar e do solo, sendo que num clima mediterrânico este contraste é bastante significativo. Estas zonas são de elevada importância pois manifestam uma grande diversidade, quer a nível florístico, quer estrutural. A flora aquática que aqui se forma está intrinsecamente relacionada com a qualidade da paisagem “e é entre os variados factores bióticos que afectam as zonas húmidas, um dos principais indicadores do estado dos ecossistemas, do seu grau de diversidade biológica e da qualidade da água que a sustenta” (Duarte & Moreira, 2009: 9).

Havendo desequilíbrios nestes ecossistemas, as plantas aquáticas podem ocorrer em grandes quantidades com efeitos adversos como: o impedimento da navegação, perda de água por evapotranspiração e promoção do aparecimento de *habitats* favoráveis a vectores de doenças transmitidas pela água. Num ambiente equilibrado as plantas aquáticas têm valores recreativos, estéticos e medicinais, entre outros, devendo estes valores ser geridos e desenvolvidos de um ponto de vista ambiental e económico (FAO, 1994).

Assim serão abordadas as relações e a importância da flora aquática nos ecossistemas como: suporte a outras comunidades biológicas; valor intrínseco para a conservação de comunidades vegetais; valorização estética da paisagem; regulação físico-química do meio; redução da velocidade da água; favorecimento da deposição de sedimentos; protecção contra a erosão do solo e melhoria da qualidade da água (Duarte *et al.*, 2004).

Sob uma perspectiva económica acrescem outras funções como: a recuperação de lagos e linhas de água, ressurgências em taludes, Estação de Tratamento de Água com Plantas (ETAP), lagos artificiais e piscinas ecológicas, fertilizantes, fonte de energia, usos industriais, uso em piscicultura, medicamentos, corantes alimentares, alimentação animal e humana (FAO, 1994), usos em *hobbies* como a aquarofilia e terrarofilia ou em parques zoológicos como aquários, oceanários e fluviários.

Admite-se assim, dada a abrangência de funções ambientais e económicas, aliada à escassa produção em Portugal, que a exploração e produção de plantas aquáticas apresenta um potencial económico, aumentando assim a necessidade de estudos sobre este material vegetal, estudos que divulguem a sua importância, as propriedades e funções

no ecossistema, os métodos mais apropriados de propagação, produção e transformação, de modo a assegurar a viabilidade dos projectos.

3.1. Importância ao nível Ambiental

Os ecossistemas húmidos apresentam características distintas e dinâmicas consoante o relevo, o substrato geológico e o clima onde se inserem. De um modo geral a condicionante que mais afecta a existência de hidrófitos nestes sistemas é a velocidade da água, havendo assim, uma maior colonização dos *habitats* lênticos relativamente aos lóticos. Ao nível das nascentes e troços superiores esta particularidade é mais acentuada (resultado da topografia geralmente acidentada) fazendo como que a ocorrência de flora esteja sujeita a uma maior adaptação ao nível da fixação. Também o regime hídrico, a qualidade química da água, a temperatura, o grau de turbidez e a fisiografia influenciam a existência de macrófitos (Duarte & Moreira, 2009). A maior ou menor abundância de material vegetal depende da morfologia, do declive, do desenvolvimento da margem, da rocha-mãe e do tipo de solo (Godinho & Ferreira, 2002).

Estes ecossistemas manifestam-se altamente produtivos, contribuindo em larga escala para o **aumento da biodiversidade**, pois constituem-se como suporte alimentar de numerosas espécies da fauna, tanto terrestre como aquática bem como suporte físico, incluindo local de postura, de descanso para espécies migratórias e de protecção contra predadores a várias espécies de peixes, aves, pequenos mamíferos, répteis, crustáceos, anfíbios e insectos (Ferreira *et al.*, 2002).

A vegetação aquática aliada a toda a galeria ripícola quando bem estruturada e em bom estado de conservação pode constituir uma rede ecológica e funcionar como corredor ecológico **conectando biótopos** (*continuum naturale*) e evitando a sua fragmentação (uma das causas que pode levar à extinção de espécies) sendo por isso essencial para a fauna em geral (Brito *et al.*, 2002).

No caso da ictiofauna, os macrófitos apresentam funções importantes no seu ciclo de vida. É de notar exemplos de várias espécies que servem de alimento directo como a *Lemna pausicostata*, enquanto outros peixes alimentam-se de algas perifíticas que crescem nas folhas das plantas aquáticas que ao mesmo tempo servem de local de postura para insectos e invertebrados que por sua vez fornecem igualmente alimento (FAO, 1994).

As práticas inadequadas da agricultura moderna, contribuem drasticamente para a perda de solo dos campos agrícolas, pois facilitam e aceleram a erosão hídrica arrastando para as massas de água confinantes sólidos e poluentes associados que ficam em suspensão, originando situações nefastas como o aumentando do assoreamento do leito, a alteração e destruição de *habitats* e o aumento do risco de cheias (Filhó, 2008). A capacidade que os hidrófitos têm em reter sedimentos é fundamental nestas situações. Pois ao reterem os sólidos em suspensão permitem uma maior penetração da luz solar nas camadas inferiores da água possibilitando a colonização dos leitos e diminuindo o assoreamento a jusante actuando também na **protecção contra cheias**.

A vegetação aquática afecta os processos de erosão, transporte e sedimentação de sólidos presentes na massa de água, tornando-se assim essencial para a **manutenção do solo das margens e do leito**. Ao diminuir a velocidade da água previne o arrastamento do solo, estabilizando-o e protegendo-o, tornando a erosão menos significativa (Ferreira *et al.*, 2002).

As descargas provenientes de efluentes agrícolas, urbanos e industriais, também alteram o estado trófico da água, adicionando grandes quantidades de nutrientes a jusante das mesmas. Um aumento de matéria orgânica nestes sistemas tem repercussões drásticas na vida aquática, levando ao desenvolvimento de organismos decompositores e consequente diminuição dos teores de oxigénio dissolvido na água (Duarte & Moreira, 2009). Estes fenómenos de eutrofização e poluição podem ser **biomonitorizados** com o uso de macrófitos, pois através da sua análise química, podem indicar a biodisponibilidade dos poluentes e o estado do ambiente aquático a que foram expostos. No ambiente aquático, os *inputs* de poluentes podem ser intermitentes e rapidamente diluídos e a análise dos tecidos vegetais fornece em tempo integrado informação sobre a qualidade do sistema (Nasir, 2012). Este método já é empregue nos estados membros da União Europeia (EU) através da Directiva de Tratamento de Águas Residuais Urbanas (91/271/EEC), a Directiva Nitratos (91/676/EEC), o sistema ONORM M6232 (Áustria), o SEQ – *Systeme d'Évaluation de la Qualité des Milieux Aquatiques* (França) e o MTR- *Mean Trophic Rank* (Reino Unido) (Filhó, 2008).

Esta monitorização só é possível devido à **função depuradora** dos macrófitos, considerada vantajosa pela remoção de vários poluentes das massas de água. Quer através das raízes (helófitos) quer através das folhas (hidrófitos), este tipo de plantas apresentam elevadas taxas de assimilação de nutrientes (principalmente Azoto e Fósforo) e metais pesados, tendo cada espécie diferentes níveis de absorção para diferentes tipos de metais pesados.

O processo de fotossíntese é dependente da penetração da luz solar, assim, quanto maior a deposição de sedimentos, maior é a transparência e conseqüentemente maior a produção de oxigénio. Os hidrófitos são o grupo de plantas que mais contribuem para a **oxigenação do meio aquático**, “esta função é fundamental, pois dela dependem vários tipos de comunidades faunísticas, nomeadamente ictiofauna e macroinvertebrados” (Ferreira *et al.*, 2002: 2.3). O oxigénio desempenha ainda uma função anti-séptica relativamente a salmonelas, coliformes, enterococos e outros seres nocivos à saúde humana (Santos, 2005).

Este material vegetal tem uma influência positiva na **qualidade estética da paisagem**, quer pelas funções descritas anteriormente, quer pelo impacto visual e sensorial que criam, colonizando as margens, à superfície e dentro de água, estabelecendo uma dinâmica de cores, texturas, estruturas, composições e variedades.

Há que destacar o **valor intrínseco** deste tipo de flora, “pelas particulares exigências ecológicas que as limitam a *habitats* pouco frequentes, ou pela progressiva destruição dos ecossistemas, são numerosas as espécies que, de alguma forma, se podem considerar raras, *sensu lato*, nos sistemas aquáticos e ribeirinhos” (Ferreira *et al.*, 2002: 2.9).



Fig. 1 - Ribeira da Foupana, Sotavento Algarvio (Abril de 2013)

Fonte: Autor

As plantas aquáticas têm um papel fundamental no **controlo de algas e cianobactérias** (“algas azuis”). As algas em grandes quantidades possuem características inestéticas, fixando-se no fundo e nas plantas, criando um aspecto de falta de zelo, no caso de ambientes confinados como piscinas ecológicas e aquários. O controlo das cianobactérias é especialmente importante em piscinas por serem organismos potencialmente perigosos para a saúde humana. Ambos são seres autotróficos e necessitam de luz para realizar a fotossíntese, mas também de nutrientes. O material vegetal aquático, ao assimilar os nutrientes da água, pelas folhas ou pelas raízes, compete directamente com as algas pela

obtenção de alimento. Numa piscina ecológica ou num aquário tenta-se reduzir ao mínimo o *input* de nutrientes, limitando assim o crescimento de algas e cianobactérias (Santos, 2005).

3.2. Importância ao nível Económico

As Estações de Tratamento de Águas com Plantas - **ETAP** - constituem uma solução para o tratamento de efluentes urbanos, industriais e agrícolas que utiliza leitos de macrófitas como meio de filtragem, assimilação de poluentes e depuração de águas – Fitoremediação. Este método de tratamento de efluentes líquidos é uma tecnologia fiável, robusta, de baixos custos energéticos, eficiente e estética sendo cada vez mais uma alternativa viável aos sistemas convencionais que acarretam sérios problemas ambientais. “A carga orgânica residual, sólidos em suspensão, compostos azotados, diversas formas de fósforo, outros macro e micro nutrientes, metais (incluindo pesados), substâncias orgânicas refractarias e microorganismos patogénicos são removidos da água residual” (Dias *et al.*, 2000: 5) durante a passagem pelo sistema.



Fig. 2 - ETAP de Tenência, Sotavento Algarvio (Abril de 2013)

Fonte: Autor

As **piscinas ecológicas** apresentam-se como uma alternativa ecológica e economicamente viável em relação a uma piscina convencional. Através do uso de plantas aquáticas obtém-se uma água de óptima qualidade balnear, com menor gasto de energia e sem recurso a produtos químicos (prejudiciais ao Homem e ao ambiente).

A necessidade de remodelação de piscinas públicas ou privadas é uma realidade. Em Portugal contam-se vários exemplos de piscinas municipais que estão hoje ao abandono. Como exemplo temos o caso da antiga Piscina Municipal de Portalegre, Abrantes e as piscinas dos Olivais, Campo Grande e Areeiro em Lisboa, cuja remodelação com base nesta abordagem ecológica poderia ser pensada. Nestas situações, a criação de uma piscina

ecológica é mais barata oferecendo uma água que não causa irritações nos olhos ou na pele. Integrando-se facilmente na paisagem através de uma construção mais “leve” e reversível com cenário vivo e dinâmico.

A construção de uma piscina ecológica é cerca de 24% menos onerosa que uma piscina convencional e com uma manutenção quase inexistente (Santos, 2005) . A única

condicionante que se observa é a necessidade de uma maior área que uma piscina convencional, sendo que o total da área da piscina não corresponde à área de utilização pública, pois a piscina ecológica é dividida em zona de natação e zona de regeneração (interdita a banhos). Dependendo da aproximação da piscina a um sistema natural esta zona de regeneração pode ocupar de 70% a 15% da área total (Santos, 2005).



Fig. 3 - Piscinas Municipais dos Olivais em extremo estado de degradação

Fonte: Autor

As plantas aquáticas acumulam grandes quantidades de azoto e fósforo nos seus tecidos sendo que esta característica permite a sua aplicação no solo como fertilizante natural - **biofertilizantes**. Por exemplo a *Azolla* sp., tem ganho popularidade como biofertilizante em sistemas agrícolas de arroz na Ásia. Na China esta espécie tem sido muito usada para fertilizar produções de áreas alagadas e nas Filipinas a *Eichhornia crassipes* (jacinto-de-água) foi usado com sucesso como substrato seco no cultivo de cogumelos do género *Volvaria* sp. (FAO, 1994).

Vários estudos têm demonstrado que, por meio de fermentação, biometanização e pirólise as plantas aquáticas podem ser convertidas em combustíveis, quer sejam líquidos, gasosos ou sólidos. Por exemplo, na China e na Índia, a *Eichhornia crassipes* é transformada por decomposição em biogás, servindo como **fonte de energia** de baixo custo para as comunidades rurais. Esta espécie tem ainda potencial para produção de celulose e papel (FAO, 1994).

Este tipo de técnica pode ser facilmente aplicável contribuindo para o aumento do rendimento de uma ETAP, onde os nutrientes em excesso promovem o crescimento deste material vegetal em grandes quantidades, havendo rapidamente excedentes que podem ser transformados em energia (FAO, 1994).

A presença equilibrada de plantas aquáticas numa zona húmida é directamente proporcional à sua qualidade, favorece o aparecimento de **atividades humanas de grande valor económico** como o turismo, o desporto, a caça e a pesca, observação de aves e da natureza em geral e da fotografia.

As intervenções ao nível da **reconstituição da vegetação de lagos e linhas de água** dependem do grau de degradação em que estes se encontram. Após a avaliação desse estado poderá ser necessária a recuperação do corredor ripícola através da recolonização do material vegetal aquático natural que existe ou existiria no local de intervenção. Para se desenvolver tal acção é primordial ter o conhecimento da vegetação potencial natural de modo a respeitar as sucessões ecológicas, estando esta, dependente das condições físico-químicas e biológicas e livre das influências culturais, mantendo sempre presente o dinamismo do nível das águas sendo este mais acentuado em climas mediterrânicos (Pereira, 2001). Dos macrófitos mais utilizados neste tipo de intervenções destacam-se espécies como a *Typha latifolia* (tabúia), o *Iris pseudacorus* (lírio-amarelo) e a *Phragmites australis* (caniço).

As plantas aquáticas também têm um importante papel económico na **alimentação animal e humana**. Conhecido por todos nós como arroz, *Oriza sp.* é uma planta aquática responsável por uma grande parte da alimentação mundial, também o agrião (*Rorippa nasturtium-aquaticum*), e o espinafre-d'água (*Ipomoea aquatica*) são outros exemplos.

Na alimentação animal, o uso de plantas aquáticas foi reportado em países como a China, Índia e Sudão com um papel importante na alimentação de suínos, ovinos e bovinos. Espécies como a *Eichhornia crassipes* e a *Hydrilla spp.*, contêm teores de proteínas, gorduras, minerais e fibras semelhantes às culturas forrageiras convencionais quando são transformadas em matéria seca ou fresca (FAO, 1994).

A **piscicultura** é uma área particular onde o uso integrado de plantas aquáticas, quer para alimentação, quer para depuração das águas, tem um papel preponderante na sustentabilidade ambiental e economia destes sistemas.

O **uso de vivariums** (em latim significa “lugares de vida”) são espaços usualmente fechados de diferentes tamanhos, usados para manter e criar animais ou plantas. Abrange os *hobbies* da aquarioria e terrarioria, tendo estes evoluído bastante nos últimos anos com um número crescente de aficionados e uma tecnologia de apoio cada vez mais avançada. Hoje já não se trata só de mero exercício de ter um espaço confinado com flora e/ou fauna mas sim de simular ecossistemas naturais de forma artística ilimitada.

Joachim Ritter, filósofo alemão do séc. XX, com trabalho nas concepções actuais da estética da paisagem expõe que o homem vive de perdas e compensações, a paisagem surge como uma forma de compensar a natureza perdida. A evolução da paisagem está ligada à evolução da cidade, sendo a paisagem ao lado da cidade substituída pelo jardim/parque público, depois pelas plantas domésticas e depois pelos destinos das paisagens exóticas sendo estes substitutos da paisagem cada vez mais fracos e com menor valor.

Nesta linha de pensamento os aquários e terrários dentro de casa, podem ser comparados às plantas de interior (funcionando com uma extensão da paisagem) ou até mesmo a objectos de arte, funcionando como redutor de *stress*, acrescentando harmonia e estética natural ao nosso espaço.

Os hidrófitos e helófitos têm um papel primordial na construção destes ecossistemas, quer pelo valor intrínseco e qualidade estética quer pelo valor ecológico, adicionando vantagens para a fauna, apresentando esta, não só cores mais brilhantes e vigorosas, mas também maior longevidade com uma vida mais natural e saudável. Em muitos casos, as plantas desempenham um papel vital em ajudar a estabelecer territórios e locais de desova, assim como acontece na natureza (James, 1997).

Nesta perspectiva pode-se ainda falar dos espaços museológicos como aquários, oceanários e fluviários, onde a presença deste material vegetal é essencial para completar a reprodução dos ecossistemas representados.



Fig. 4 - Exemplo de aquário

Fonte: Autor



Fig. 5 - Exemplo de terrário

Fonte:

<http://www.aquaticplantcentral.com/forumapc/plant-physiology-emersed-culture/72691-emersed-aquatic-plants-carnivorous-plant-layout.html>



Fig. 6 - Aquário Vasco da Gama

Fonte: Autor



Fig. 7 - Fluviário de Mora

Fonte: <http://www.portugalinspira.pt/2012/12/fluviario-de-mora-o-primeiro-grande.html>

4. PRODUÇÃO E PROPAGAÇÃO

Neste capítulo serão abordados os vários temas teóricos relacionados com as técnicas de propagação, a importância dos factores ecológicos e os sistemas de cultivo de macrófitos.

4.1. Propagação

As plantas multiplicam-se por duas formas: sexuada e assexuadamente. A reprodução sexuada envolve a produção de esporos ou sementes que germinam em novas plantas. A reprodução assexuada abrange um certo número de processos vegetativos através dos quais novas plantas são produzidas a partir de diferentes partes de uma planta-mãe. O homem tem aproveitado estes processos totalmente naturais e adaptando em alguns casos, o desenvolvimento de uma série de técnicas fiáveis de propagação. As técnicas de propagação de plantas mais comuns encontram-se descritas posteriormente.

4.1.1. Reprodução sexuada

A reprodução sexuada em plantas baseia-se na fusão de células sexuais masculinas e femininas – gâmetas - para formar um zigoto. Este processo denomina-se generativo em oposição a vegetativo. Em plantas inferiores como: algas, musgos, hepáticas e antóceros, os zigotos desenvolvem-se em esporos. Nas plantas superiores, como herbáceas, arbustos e árvores, os zigotos desenvolvem-se em sementes. Em ambos os tipos de plantas, a composição genética das novas plantas é influenciada pelas características dos "progenitores", obtendo-se novas combinações genéticas e conseqüente aumento da biodiversidade. O homem usa esta capacidade no seu auge em horticultura, moldando e melhorando as características de variadas plantas para atingir novas adaptações ou novas variedades capazes de produzir maiores flores ou safras (James, 1997).

Nas plantas aquáticas este tipo de reprodução é um processo moroso e tedioso, raramente usado no seu cultivo, exceptuando as duas seguintes situações (Rataj & Horeman, 1977):

- 1 - Espécies que não se reproduzem vegetativamente (género *Aponogeton* entre outras) e espécies anuais que morrem após floração (género *Ottelia* entre outras). Nestas espécies a reprodução generativa através de sementes é necessária para que continue a prosperar (caso das anuais) ou necessário para o aumento do número de plantas.

2 - Espécies que se reproduzem lentamente vegetativamente, mas produzem flores e sementes com relativa facilidade. Durante o período vegetativo produzem entre 2 a 30 plântulas, mas no mesmo período podem produzir 10000 sementes.

Neste último caso, se se optasse pela propagação vegetativa seriam necessárias grandes quantidades de plantas-mãe e conseqüentemente maiores quantidades de tanques e área em uso, assim através de propagação generativa com apenas duas ou três plantas-mãe em floração é possível obter um elevado número de sementes e plântulas tornando-se mais fácil a nível comercial. Apesar das plantas produzidas através de semente demorarem duas vezes mais a adquirir um tamanho próprio para venda, o reduzido espaço necessário faz com que a reprodução generativa seja economicamente mais prática (Rataj & Horeman, 1977).

A fim de produzirem sementes as plantas devem primeiro produzir flores. Aqui poderá fazer-se uma distinção entre plantas, as enraizadas que produzem folhas e flores flutuantes que são depois polinizadas por insectos (*Aponogeton*) e as que estão dependentes do nível da água para produzir flores na forma emersa (*Cryptocoryne*, *Hygrophila* e *Ludwigia*).

A polinização pode acontecer por via natural (insectos ou vento) ou artificial, transferindo o pólen dos estames para os estigmas através de um objecto (como por exemplo um pincel).

O tempo certo para a colheita das sementes é geralmente quando o fruto abre e as liberta. Por inúmeras razões a sementeira imediata por vezes é indesejável. Nestes casos é essencial saber qual o tempo de maturação e quanto tempo mantêm as sementes a sua capacidade germinativa, sendo que para as plantas aquáticas esta informação é escassa e insuficiente. Geralmente as sementes podem ser semeadas após um período de repouso numa atmosfera habitualmente húmida, num substrato ou submersas em água, sendo que o tempo de maturação até à germinação da semente depende da espécie. Com o desenvolvimento da plântula deverão ter-se cuidados extras, pois estas são muito delicadas (Rataj & Horeman, 1977).

Do ponto de vista da qualidade do produto final a reprodução através de sementes apresenta-se como um melhor método, acumulando uma maior diversidade de genomas e aumentando assim a resistência a stresses bióticos e abióticos. Se uma espécie é propagada apenas por reprodução assexuada, há uma forte tendência para que a linhagem comece a deteriorar-se passadas algumas gerações, apresentando menores resiliências, crescimentos diminutos, e perda da capacidade de produzir flor (Rataj & Horeman, 1977).

4.1.2. Reprodução assexuada

Muitas espécies de plantas aquáticas reproduzem-se vegetativamente através de grandes ou pequenos propágulos, sendo estes capazes de produzir folhas e raízes mesmo depois de separadas da planta-mãe. Esta capacidade de produzir raízes é tão forte que até partes das folhas podem enraizar, como no caso da *Bacopa amplexicaulis* e da *Hygrophila polysperma*. Nas plantas aquáticas este é o tipo de reprodução mais usado comercialmente. Os métodos envolvem desde a simples divisão de tufos até complexas culturas de tecidos.



Fig. 8 - Produção de raízes nos caules de *Althernanthera rosaefolia* 'Mini'

Fonte: Autor

A maioria das plantas aquáticas reproduz-se vegetativamente emitindo caules prostrados, estes podem ser denominados **estolhos ou rizomas**. O estolho parte do caule principal da planta-mãe e cresce superficialmente ao longo do substrato (como nos géneros *Vallisnerias* e *Echinodorus*). As plantas flutuantes reproduzem-se rapidamente por este método produzindo vários estolhos em simultâneo (James, 1997). Os rizomas são caules subterrâneos que se assemelham a raízes e crescem subterraneamente durante algum tempo até que surgem à superfície e desenvolvem o ápice uma plântula (como nas *Cryptocorynes*). Funcionam não só como local de reserva de nutrientes (permitindo à planta sobreviver em períodos de condições desfavoráveis) mas também como meio de reprodução podendo alongar-se, originando gemas que se vão diferenciar em novas plantas. Muitas plantas aquáticas crescem a partir de rizomas como *Nuphar* sp. e *Nymphaea* sp. Para propagar este tipo de plantas basta cortar e separar o rizoma. Esta técnica foi usada no exercício prático na propagação de *Anubias barteri* var. nana.

A **divisão do tufo** é uma técnica de propagação usada em espécies de plantas que apresentam formas multicaules, isto é, os rebentos ocorrem nos caules erectos surgindo quase todos num único ponto tomando formas muito densas. Este foi o método utilizado na

propagação da *Eleocharis acicularis* e implica a separação do sistema radicular em pequenas porções replantando-se depois em separado.



Fig. 9 - Tufo de *Eleocharis acicularis*
Fonte: Autor



Fig. 10 - Estolho de *Marsilea batardae*
(Trevo-de-quatro-folhas)
Fonte: Autor

Bolbos, cormos e tubérculos são caules subterrâneos volumosos e ricos em substâncias de reserva que possuem capacidade de originar novas plantas. Nas plantas ornamentais este método de reprodução é bastante comum sendo escasso nas plantas aquáticas. A *Crinum natans* é um exemplo, pois propaga-se por meio de bolbilhos que se desenvolvem ao longo do tempo a partir do bolbo principal.

Rebentos adventícios (vivíparos) são órgãos de multiplicação que se desenvolvem enquanto ainda estão na planta-mãe (Fernandes, 1972). Por exemplo o conhecido *Microsorium pteropus* (Feto-de-java) desenvolve soros na face abaxial da folha, estes originam plântulas que crescem e eventualmente separam-se da planta-mãe. Outro exemplo é a *Eleocharis vivipara* quando emersa, produz novas plântulas nas pontas dos seus finos caules lanceolados, estes curvam naturalmente e tocam no substrato permitindo assim o enraizamento das plântulas (James, 1997).

Reprodução por estacas é possivelmente o método mais fácil e comum, usado para a propagação de plantas aquáticas. Em plantas terrestres esta técnica acarreta maiores dificuldades devido ao risco de seca da estaca antes de serem formadas raízes. Nas plantas aquáticas este risco é quase inexistente por estas serem propagadas em ambientes imersos

ou com elevados teores de humidade. De facto a maioria dos viveiristas fornece as suas plantas na forma de estacas apicais enraizadas, ou seja, estacas cortadas a partir da parte terminal do caule de uma planta-mãe. As estacas podem também ser retiradas a partir de porções médias ou laterais. A planta-mãe geralmente volta a rebentar com novos rebentos depois dos cortes.

As estacas cortam-se com um mínimo de 1 nó, sendo este o local onde se formam novas raízes, se bem que o ideal sejam 2 a 3 nós. Se as estacas são para crescer no modo emerso devem-se retirar as folhas inferiores e usar um fungicida e hormonas de crescimento (substâncias rizogéneas) de modo a acelerar a formação de raízes, tornando todo este processo mais eficaz. A extremidade a enraizar deve ser inserida num substrato de crescimento em condições de elevada humidade. As estacas podem também ser conseguidas através de folhas como na espécie *Synnema triflorum* (James, 1997).

4.2. Propagação “*in vitro*”

Propagação “*in vitro*” significa culturas em meio esterilizado. Esta inclui a propagação sexuada (germinação de sementes) e a propagação assexuada (cultura de tecidos). A propagação de árvores, arbustos e herbáceas através da **cultura de tecidos “*in vitro*”** é um método rápido, viável e livre de doenças e viroses, sendo que as plântulas por crescerem a partir de células meristemáticas são geneticamente idênticas à planta original, isto permite a reprodução de híbridos estéreis. Esta técnica é também bastante vantajosa quando se deseja propagar e a quantidade de material vegetal disponível é limitada (como na propagação de plantas novas ou raras). No caso das plantas aquáticas é um método útil para certas espécies de *Cryptocorynes* e outras que possuem reproduções vegetativas bastante lentas. Esta técnica envolve retirar pequenas quantidades de tecido meristemático, que é depois desinfectado e inserido numa cultura gelatinosa de nutrientes sob estritas condições de esterilidade. Através desta técnica podem ser produzidas grandes quantidades de plantas num curto período de tempo. É um processo dispendioso aplicado apenas para casos comerciais (James, 1997).

4.3. Importância dos factores ecológicos

4.3.1. Adaptação à submersão e emersão

A maioria dos hidrófitos emergentes e helófitos são plantas anfíbias, e no estado selvagem adaptam-se às várias dinâmicas dos ecossistemas. Os períodos de chuva e de seca que ocorrem durante as estações do ano condicionam o nível das águas com períodos de submersão e emersão. Este tipo de plantas exhibe assim um ciclo de vida em constante mudança, tendo de florescer e dar frutos dentro de um certo período de tempo. Esta adaptação revela-se ao nível morfológico das folhas. Estas apresentam características heterofílicas ou dimorfismo foliar (já anteriormente mencionado) onde as folhas submersas são morfológicamente diferentes das folhas emersas, sendo geralmente maiores, mais finas e frágeis quando submersas e ainda capazes de absorver oxigénio, dióxido de carbono e nutrientes directamente da água (Kasselman, 2003).

Outra adaptação anatómica ao nível dos macrófitos é a formação de aerênquimas. Estes espaços lacunares desenvolvem-se devido à necessidade destas plantas terem pelo menos algumas das suas partes em meios predominantemente anaeróbios, tornam o corpo da planta mais leve e favorecem a sua sustentação ou flutuação. Podem representar até cerca de 60% do volume total do caule e raiz. Este tecido possibilita a passagem de oxigénio (O_2) das folhas às raízes e dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4) das raízes para as folhas (Dias *et al.*, 2000).

Viveiristas como a “Tropica” afirmam que o cultivo emerso deste tipo de plantas é mais viável pois aí acumulam reservas de energias que são depois usadas no desenvolvimento de folhas durante a adaptação à imersão tornando-se mais fácil e rápido (Tropica, 2007).

4.3.2. Alelopatia das plantas aquáticas

A alelopatia é a produção de substâncias químicas por parte de um organismo que advertidamente afecta negativamente outro, com vantagens para si próprio. No caso das plantas estes químicos chamados aleloquímicos são muitas vezes produzidos para inibir o crescimento de outras plantas ou para prevenir a sua ingestão por animais. As plantas dependem fortemente desta acção para acções territoriais pois não são capazes de se defender com mobilidade. No estado natural produzem aleloquímicos em abundância embora o seu efeito seja circunscrito à área onde se encontra a planta, mas somente quando uma espécie em particular se agrupa numa ampla área é que este efeito é visível. No entanto num, ambiente fechado como numa estufa, uma piscina ecológica ou até um

aquário a produção de aleloquímicos pode rapidamente surgir, sendo importante estar ciente deste processo ao manter plantas aquáticas pois pode explicar a incapacidade de uma espécie prosperar mesmo em condições ótimas (Hiscock, 2003).

4.3.3. Temperatura

A temperatura é um factor climático importante no crescimento e desenvolvimento das plantas em geral. As diferentes temperaturas na Terra determinam a localização global e regional das espécies pois impõem temperaturas mínimas e máximas de sobrevivência e temperaturas ótimas de crescimento. As reacções químicas que ocorrem nas plantas, incluindo fotossíntese e respiração, caem sob um termo, metabolismo. A velocidade a que o metabolismo ocorre é afectada pela temperatura, isto acontece devido à sensibilidade das enzimas que controlam as reacções têm à temperatura, influenciando o crescimento, a floração e a frutificação.

Para a maior parte das plantas, o clima ameno é essencial para a germinação das sementes, especialmente em regiões mais frias, onde as plantas perenes precisam do calor da Primavera para sair do estado de latência, contudo há espécies que entram em dormência e precisam de passar por um período de frio para quebrar a dormência.

A maioria das plantas aquáticas sendo anfíbias, habitam em meios submersos e/ou emersos com partes físicas dentro e/ou fora de água. Estão assim sob influência de diferentes temperaturas do ar e da água podendo ainda o substrato apresentar uma temperatura diferente. A temperatura da água comparativamente com o ar sofre menos variações graças ao alto calor específico que possui (a água resiste à absorção e libertação de calor). Nos sistemas lênticos as variações são ainda menores que nos sistemas lóticos (Alves, 2001).

No clima mediterrânico a temperatura do ar e da água, varia dependendo da estação do ano sendo que em Portugal ocorre ainda a variação do Norte para o Sul, com temperaturas mais frias e húmidas e mais quentes e secas respectivamente. A média da temperatura mínima anual e média da temperatura máxima anual do ar varia entre (PORDATA, s.d.):

- 13,3 °C - 22,1 °C em Faro
- 13,1 °C – 21 °C em Lisboa
- 10,6 °C – 18,9 °C no Porto

Pode-se assim constatar que a temperatura do ar e da água, ótima para as plantas aquáticas autóctones varia entre estes valores. Já nas plantas aquáticas alóctones tropicais e subtropicais, a temperatura necessária para o seu bom crescimento varia entre os 19 °C e os 25 °C. Na produção destas plantas as temperaturas da água e do ar devem ser o mais uniformes possível e próximas dos valores ótimos de modo a favorecer um desenvolvimento próspero das plantas (Rataj & Horeman, 1977).

4.3.4. Luz

Pela sua capacidade de fornecer energia para que a fotossíntese ocorra, a luz torna-se essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, tendo uma influência importante sobre a morfologia e anatomia, bem como no fotoperíodo. Conhecer a intensidade de luz nos *habitats* das plantas aquáticas a que compromete o estudo e desenvolvimento desta dissertação, é de extrema importância para uma experiência de produção e propagação viável. A fim de compreender melhor as questões e problemas relacionados com a luz será abordada a importância geral da luz como factor ambiental.

A intensidade da radiação luminosa não é uniforme ao longo do dia e do ano, nem a duração desta é constante ao longo do ano. A duração do dia na zona temperada muda com as estações do ano. A partir do solstício de Inverno (21 de Dezembro, dia mais curto do ano com cerca de 8h) os dias aumentam até ao solstício de Verão (21 de Junho, dia mais longo do ano com cerca de 16h) voltando depois a diminuir. O equinócio da Primavera (21 Março) e o equinócio do Outono (22 Setembro) marcam a igualdade de horas entre o dia e a noite com a duração de 12h. Nos trópicos a duração do dia e da noite é mais ou menos constante ao longo do ano com cerca de 12h. Na zona temperada as plantas têm mais luz que nos trópicos, quando totalizado o ano inteiro (Rataj & Horeman, 1977). A duração do fotoperíodo reflecte-se no desenvolvimento das plantas, dias curtos assim como dias longos podem induzir o desenvolvimento reprodutivo, dependendo da espécie. Dias longos permitem um maior período de foto-assimilação e, portanto, um crescimento mais rápido fomentando o crescimento e desenvolvimento de raízes e folhas.

A intensidade da radiação luminosa dentro de água é menor que fora desta, a 1 metro de profundidade encontra-se apenas disponível 50% da radiação sendo que o limite para plantas superiores é entre os 3m e os 10m, para lá desses valores de profundidade apenas certas algas conseguem prosperar. O intervalo do espectro de luz usado para a fotossíntese encontra-se entre 380 nm e os 780 nm, mostrando a clorofila picos de absorção a 380-480 nm e 600-680 nm (Kasselman, 2003).

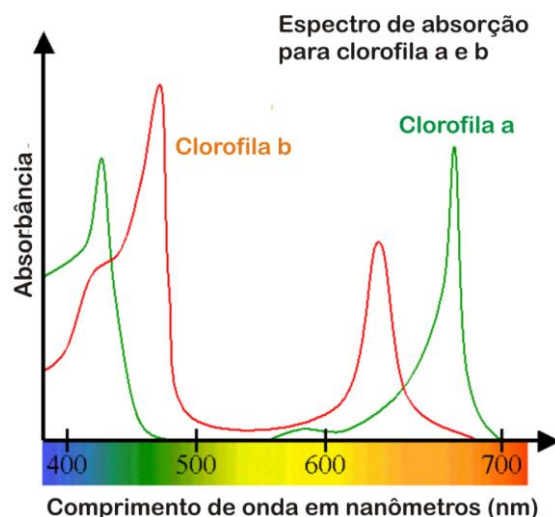


Fig. 11- Intervalo do espectro de luz usado na fotossíntese

Fonte: http://www.sobiologia.com.br/conteudos/figuras/bioquimica/espectro_clorofilas.jpg

(accedido a 06-04-2013)

O espectro de luz vai sendo selectivamente absorvido pela água com o aumento da profundidade. A luz vermelha é a primeira a ser absorvida, seguindo-se a faixa amarela e a verde e por fim o espectro azul, que alcança maiores profundidades. A penetração da radiação na água é geralmente afectada pelo ensombramento das plantas terrestres, pela quantidade de nuvens e grandemente afectada pelo grau de incidência. Quando o sol está alto a penetração da radiação é quase total, mas quando este é baixo grande parte da radiação é reflectida. Esta reflexão intensa faz com que os hidrófitos submersos tenham uma duração da radiação ainda mais curta quando comparado com as espécies terrestres (Kasselman, 2003).

Comparando os trópicos com as latitudes médias, existem diferenças fundamentais ao nível da intensidade de radiação. Nos trópicos ao meio-dia, com céu limpo a intensidade (medida em lux¹) pode facilmente ultrapassar os 150000 lux, enquanto nas latitudes médias serão cerca de 100000 a 120000 lux (Kasselman, 2003).

Ao nível da quantidade de luz necessária para a produção emersa, poderá ser feita uma correlação com os dados existentes em aquarofilia que rodam entre os 500-1500+lux (James, 1997), podendo-se adoptar um intervalo geral na ordem desses valores.

Apesar dos *habitats* onde as plantas aquáticas vivem serem condicionados por uma grande perda de luz, existe uma quantidade considerável de espécies que procuram áreas de sol

¹ Lux (lx) - é a unidade SI de iluminância ou iluminação, medindo fluxo luminoso por unidade de área. É igual a um lúmen por metro quadrado.

Lúmen (lm) - é a unidade SI derivada do fluxo luminoso, uma medida da "quantidade" total de luz visível emitida por uma fonte.

Fonte: Brillianz s.d.

directo e semi-sombreado e não o contrário como era suposto pensar, o que leva a crer que estas plantas foram forçadas através da selecção natural a colonizar essas áreas mais sombreadas, estando adaptadas a intensidades de radiação médias-baixas.

Neste contexto, é de notar, que a produção fotossintética das plantas não pode ser aleatoriamente aumentada através do aumento da intensidade de luz, mas pode ser estabelecido para cada espécie de planta através de pesquisa experimental uma curva de luz óptima. Durante o aumento da intensidade de luz, esta curva, vai mostrar um aumento na actividade metabólica até a um intervalo específico (ótimo), depois disso a actividade mantém-se ou diminui, possivelmente devido à relação de reciprocidade com outros factores limitantes como a temperatura ou CO₂ disponível. Deste modo é preciso fazer corresponder a cada espécie a irradiância mais adequada. As plantas aquáticas mais adaptadas a áreas de sombra não podem estar sob intensas radiações luminosas pelo perigo de perecerem, já os hidrófitos de sol sofrem com a falta de radiação intensa, reagindo morfológicamente através do aumento do espaço entre nós. Na realidade, a experiência mostra que a produção de plantas aquáticas, emersas ou submersas, tem melhores resultados sob luz intensa do que na falta desta (Kasselmann, 2003).

4.3.5. Qualidade da água: Inter-relação entre carbono, pH e dureza da água

O carbono constitui um elemento essencial para a fotossíntese tornando-se vital para a nutrição das plantas superiores. Em contraste com as plantas terrestres, que obtêm o carbono exclusivamente através do dióxido de carbono (CO₂) existente no ar as plantas aquáticas obtêm o seu suprimento através de diferentes compostos inorgânicos presentes na água (CO₂ – Dióxido de carbono; H₂CO₃ – Ácido carbónico; HCO₃⁻ – Carbonato de hidrogénio; CO₃²⁻ - Ião carbonato, Ca(HCO₃)₂ - Bicarbonato de cálcio).

No cultivo submerso é relevante referir que o pH tem um papel importante na disponibilidade do carbono. Numa água com um pH ligeiramente ácido há CO₂ e H₂CO₃ livre para assimilação. Quando o CO₂ é extraído da água através do consumo das plantas resulta num aumento do pH. Assim se o CO₂ livre na água for esgotado as plantas adoptam outros comportamentos. As espécies que dependem do CO₂ livre simplesmente param o crescimento, outras assimilam o carbono através do processo químico de descalcificação biogénica, quebrando os carbonatos e absorvendo os iões como o CO₃²⁻, isto resulta num aumento de iões OH⁻ e conseqüente aumento do pH (plantas dos género *Vallisneria* e *Elodea* são exemplos de plantas capazes de realizar descalcificação biogénica podendo chegar a valores de pH 11). O resultado desta reacção é a precipitação do Carbonato de

cálcio (CaCO_3) que se deposita sobre as folhas. Nestas condições de alcalinidade o ferro (oligoelemento essencial) torna-se indisponível reflectindo-se na saúde da planta.

Os estudos realizados sobre os biótopos naturais das plantas aquáticas mostram que estas vivem geralmente em águas ligeiramente acidificadas deficientes em cálcio, sais e que contêm quantidades suficientes de CO_2 e H_2CO_3 . Para a maioria das plantas aquáticas em produção pode-se adoptar um pH óptimo na ordem dos 6.2 e 7.2 (Kasselman, 2003).

Para a produção de plantas aquáticas autóctones a injeção de CO_2 é dispensável (Filhó, 2008), para as alóctones tropicais se estas tiverem altas taxas de assimilação pode ser necessário adicionar CO_2 tanto para suprimir necessidades como para manter o nível de pH estável aquando do cultivo submerso (Kasselman, 2003).

É necessário também compreender a relação que estes parâmetros têm com a “dureza” da água. Esta está associada à presença de sais de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) dissolvidos na água sendo considerada “dura” quando existem valores significativos destes sais e “macia” quando contém pequenas quantidades. Para perceber como a água se torna “dura” ou “macia” ter-se-á que perceber o ciclo natural da água e a passagem da chuva pela atmosfera. No seu percurso descendente, a chuva reage com pequenas quantidades de CO_2 , formando-se ácido carbónico ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$). Esta simples reacção é a chave para muitas transformações que ocorrem quando a água ligeiramente ácida chega ao solo, entre elas, a reacção que ocorrer em contacto com solos calcários é das que mais contribui para o aumento da dureza da água. O ácido carbónico reage com carbonato de cálcio e formam bicarbonato de cálcio: $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Esta mesma reacção ocorre com o carbonato de magnésio (James, 1997).

Estes bicarbonatos podem ser quebrados através da fervura da água, denominando-se “dureza” temporária (kH). O nível de bicarbonatos presentes na água é importante pois actuam como armazenamentos de CO_2 e ajudam a estabilizar o pH. Os carbonatos de cálcio e magnésio não são os únicos sais envolvidos nos parâmetros de “dureza” da água, também os sulfatos, bicarbonatos, nitratos e cloretos de cálcio, magnésio, bário e estrôncio alteram este valor. O nível de dureza produzida pela soma total destas substâncias é designado “dureza” permanente ou total (*General hardness* - gH), é a fracção que não é removida através do aquecimento. A dureza total pode ser medida em várias e confusas unidades como: dGH, °dH, ppm, mg/L, °Clark, °F, adoptando-se neste estudo a escala alemã (°dH) utilizada maioritariamente em aquarioria, baseada na medição do cálcio existente em mg/L CaCO_3 (James, 1997).

°dH	mg/L CaCO₃	“Dureza”
3	0-50	Macia
3-6	50-100	Moderadamente macia
6-12	100-200	Ligeiramente dura
12-18	200-300	Moderadamente dura
18-25	300-440	Dura
>25	>450	Muito Dura

Tabela 1 - Classificação da dureza da água

Fonte: EPAL s.d.

A dureza a que cada planta está adaptada depende da geologia onde está inserida, mas regra geral a maioria das plantas aquáticas (tanto autóctones como alóctones) cresce bem com água da rede, que é geralmente “dura”, sendo a escolha mais acertada águas com pequena dureza, entre as quais se encontra a água da chuva.

4.3.6. Humidade do ar

A humidade do ar é a quantidade de vapor de água existente na atmosfera, existindo três tipos de medição: absoluta, específica e relativa. Sendo esta última, a razão do teor de vapor de água presente numa porção da atmosfera para o teor de vapor de água máximo que essa atmosfera pode suportar a uma dada temperatura e pressão, sendo expressa em percentagem.

A humidade do ar influencia a transpiração, o crescimento foliar, a fotossíntese, a polinização, a ocorrência de doenças e o rendimento económico final. O crescimento das folhas não depende apenas dos processos metabólicos, mas também do processo físico de aumento do tamanho celular, resultante da pressão de turgescência. Este facto ocorre no interior das células devido à menor taxa de transpiração quando a humidade relativa do ar é alta. Também a fotossíntese é indirectamente afectada pela humidade, quando esta é baixa a transpiração é maior (devido ao potencial hídrico do ar ser maior que o dos estomas) causando um maior défice de água na planta. Este défice de água causa o fechamento total ou parcial dos estomas e aumenta a resistência mesófila à absorção de CO₂ (TNAU, s.d.).

Os sistemas húmidos são caracterizados por possuírem microclimas com elevadas taxas de humidade do ar. Nas zonas temperadas estes valores sofrem flutuações consoante a estação do ano, ao contrário dos trópicos, que mantêm constantes e elevados os teores de humidade nestes ecossistemas. Assim as plantas aquáticas autóctones de zonas

temperadas estão adaptadas a uma maior variedade de humidades, já a maioria das plantas aquáticas alóctones de zonas tropicais só toleram elevadas taxas de humidade, com algumas exceções como é o caso de algumas espécies do género *Echinodorus*. A estrutura dos hidrófitos que mais rapidamente demonstram sinais de falta de humidade são as folhas pois tendem a secar se a humidade relativa do ar for demasiado baixa.

4.3.7. Nutrição

Tal como nas plantas terrestres, as plantas aquáticas absorvem minerais responsáveis pelo seu crescimento e desenvolvimento, não só através das raízes mas também pelas folhas. É típico de sistemas húmidos fortemente colonizados por hidrófitos que estes apresentem todos os macronutrientes e micronutrientes vitais para o seu crescimento. Se um destes nutrientes for insuficiente ou não se encontrar disponível, constitui-se como um elemento limitante ao crescimento ou rendimento da planta (Lei de Liebig). Os macronutrientes são consumidos em grandes quantidades, os principais são o Azoto, Fósforo e Potássio, e os secundários são Cálcio, Magnésio e Enxofre. Os micronutrientes são divididos em cátions onde se incluem o Ferro, Manganês, Cobre, Níquel e Zinco e aniões representados pelo Boro, Molibdénio e Cloro. Os micronutrientes apresentam-se em quantidades mínimas mas vitais, são incorporados na estrutura molecular de enzimas e indispensáveis para o metabolismo das plantas.

Absorvidos como simples substâncias inorgânicas, as plantas, com a energia obtida pela fotossíntese, utilizam-nas para elaborar compostos mais complexos como aminoácidos e proteínas, usados no desenvolvimento e crescimento da planta. Os nutrientes são absorvidos em quantidades e composições diferentes por cada espécie de planta variando com a idade e estágio de desenvolvimento (James, 1997).

Os nutrientes concorrem entre si pela absorção pelas plantas de modo a que um grande excesso de um pode diminuir a absorção de outro. Assim, um excesso de Mn, Zn ou Cu pode induzir uma deficiência em ferro, por outro lado o excesso de ferro tem mostrado reduções de Manganês ao nível dos tecidos. Outro exemplo desta competição releva-se em culturas de espécies da família *Lemnaceae* (mais conhecidas como lentilhas-de-água) que em certas circunstâncias a adição de NH_4^+ promove a libertação de K^+ na solução (Walstad, 1999).

Na produção de plantas aquáticas, o *input* de nutrientes depende do sistema de produção, da origem da água e dos nutrientes, do tipo de espécies e o seu estágio de desenvolvimento. Os nutrientes podem ser de origem sintética (o mais frequente em hidroponia) ou orgânica (no caso particular da aquaponia). Os de origem sintética são fornecidos por fertilizantes químicos compostos por sais inorgânicos (compostos desprovidos de carbono) de diferentes

solubilidades, em estados sólido ou líquido, constituindo-se assim uma solução nutritiva. Estes nutrientes estão imediatamente disponíveis para a absorção.

Os nutrientes de origem orgânica são fornecidos por compostos orgânicos de origem vegetal ou animal (aminoácidos, açúcares, extractos de algas entre outros). No caso da aquaponia os resíduos produzidos pelos peixes são decompostos por bactérias em processos de mineralização e nitrificação, estando depois disponíveis para absorção. Os temas da hidroponia e da aquaponia serão abordados posteriormente com mais detalhe.

A água usada pode ter diferentes origens, sendo as mais comuns a água da rede, furos artesianos ou água da chuva. É relevante analisar estas águas antes de se começar qualquer sistema de produção, pois estas, poderão conter nutrientes que deverão ser contabilizados nos cálculos da solução nutritiva, para que não haja sobredosagem na quantidade de nutrientes e o equilíbrio entre eles seja o adequado.

Elemento	Forma nutritiva	Principal função nas plantas
Macronutrientes		
C – Carbono	CO ₂ / HCO ₃ ⁻	Componente estrutural de todos os compostos orgânicos
O – Oxigénio	CO ₂ / H ₂ O	Componente estrutural de todos os compostos orgânicos
H – Hidrogénio	H ₂ O	Componente estrutural de todos os compostos orgânicos
N - Azoto	NH ₃ / NH ₄ ⁺ / NO ₂ ⁻ / NO ₃ ⁻	Constituinte de aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas, clorofila e fosfolípidos
P – Fosforo	PO ₄ ⁻	Componente de diversos compostos celulares: açúcares fosfolípidos (constituintes das membranas celulares), ATP e ADP (processos energéticos) e ácidos nucleicos.
K – Potássio	K ⁺	Regula o potencial osmótico das células vegetais. Promove a actividade de enzimas envolvidas na fotossíntese e na respiração
Mg – Magnésio	Mg ²⁺	Activação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese do DNA e RNA. É o átomo central da molécula de clorofila.
Ca – Cálcio	Ca ²⁺	Essencial para a estrutura e permeabilidade da membrana celular e activador enzimático, participa na estabilidade da divisão celular.
S – Enxofre	SO ₄ ²⁻	Constituinte das proteínas
Micronutrientes		
Fe – Ferro	Fe ²⁺ / Fe ³⁺	Participa nas reacções redox (Citocromos, Catalase, Peroxidase) e na biossíntese da clorofila.
Mn – Manganês	Mn ²⁺	Activa diversas enzimas (decarboxilases dehidrogenases). Fotólise da água.
Zn – Zinco	Zn ²⁺	Activa algumas enzimas; Síntese do amido; Síntese das auxinas.
B - Boro	BO ₃ ³⁻	Síntese do RNA; síntese de hormonas; formação das paredes e membranas celulares, regula a permeabilidade.
Mo - Molibdénio	MoO ₄ ²⁻	Constituinte de duas enzimas: nitrato redutase (redução do nitrato a nitrito) e nitrogenase (converte o N ₂ em amónio, fixação simbiótica).
Cl – Cloro	Cl ⁻	Funções na fotólise da água; pode ser necessário à divisão celular, osmose e de equilíbrio de cargas
Cu - Cobre	Cu ²⁺	Constituinte de enzimas para transporte de electrões e outras reacções de oxidação-redução
Ni – Níquel	Ni ²⁺	Componente essencial da enzima urease

Tabela 2 - Elementos necessários para as plantas e suas funções

Fonte: Walstad, 1999

4.4. Sistemas de cultivo

4.4.1. Sistemas de valas e tanques

Estes sistemas são usualmente exteriores e usados na produção de hidrófitos (na sua maioria submersos) e helófitos autóctones, que estão adaptados ao clima local não sendo necessário recorrer a estufas. Este sistema é amplamente usado no cultivo de plantas autóctones, tanto em Portugal como na faixa tropical do Extremo Oriente, em países como a Malásia (Edwards, 2011).

No sistema de tanques são usados reservatórios plásticos, metálicos, em fibra de vidro ou em cimento de várias dimensões e formas. Estes podem ser colocados à superfície ou enterrados. Quando assentes no solo devem ser protegidos do calor e da luz solar lateral prejudicial na produção destas espécies. Considera-se mais vantajoso quando enterrados, pois assim ficam protegidos da luz e diminuem-se as oscilações de temperatura ao longo do dia e do ano, evitando-se as elevadas temperaturas do verão.

O sistema de valas é constituído por valas longitudinais no solo com pouca profundidade (cerca de 40-60cm) impermeabilizadas com tela plástica.

Ambos os métodos funcionam com águas paradas ou com pouco movimento pelo facto da maioria das plantas aquáticas manifestar melhores crescimentos nestas condições. As plantas aquáticas podem ser plantadas numa grande variedade de substratos: seixos, areia, argila, fibra de coco e lã-de-rocha são os mais comuns. No caso dos hidrófitos autóctones podem ser usados substratos de pequena granulometria pobres em nutrientes.

As plantas podem ser directamente plantadas no substrato sendo depois colhidas mudas/estacas para posterior venda já que se verifica um rápido enraizamento deste material vegetal (técnica muito usada na Malásia) (Edwards, 2011).

De modo a facilitar a logística, as plantas aquáticas podem também ser plantadas em vasos de rede de diferentes tamanhos e formas permitindo o contacto entre raízes, substrato e água. Ao manterem as raízes estas plantas encontram-se melhor preparadas para longos períodos de expedição. Uma desvantagem que o uso de vasos pode acarretar é o entrelaçamento das raízes pela proximidade de vasos.

O nível de água é adaptado consoante o máximo crescimento e rendimento que cada espécie tem em determinada faixa, repondo-se periodicamente o volume de água evaporada (Filhó, 2008).

Devido à geologia dos ecossistemas onde se encontram, geralmente solos pobres em matéria orgânica constituídos essencialmente por areia e argila os hidrófitos autóctones têm uma fraca exigência em nutrientes, não sendo comum o uso de fertilizantes neste tipo de produção, além do fornecimento pontual de micronutrientes ou de adubos de libertação lenta

em períodos vegetativos mais exigentes como a floração (Filhó, 2008). Na produção de plantas alóctones tropicais é frequente a adição de nutrientes.

Estes sistemas dependem também do engenho do produtor havendo grande variedade de acondicionamento das plantas.

4.4.2. Sistemas de produção sem solo

4.4.2.1. Sistemas hidropónicos

Os sistemas hidropónicos são amplamente usados na produção emersa de plantas aquáticas à escala comercial, possuindo tal relevância, pelo que este método de produção será abordado seguidamente.

Apesar de só ter atingido o seu auge na era moderna os humanos têm praticado culturas em sistemas hidropónicos há milhares de anos: desde os jardins suspensos da babilónia passando pelas hortas flutuantes Aztecas, até aos dias de hoje onde instituições como a NASA desenvolvem métodos avançados de hidroponia para uso no espaço (Roberto, 1994). A hidroponia, termo criado por Dr. W. F. Gericke em 1930, deriva de duas palavras gregas, *hydro* que significa água e *ponos* que significa trabalho (trabalhar em água). A definição moderna de hidroponia pode ser considerada a ciência e a arte de fazer crescer plantas numa solução de nutrientes e água cujas raízes são apoiadas num meio sólido outro que não o solo (Harris, 1994).

O conceito geral de um sistema hidropónico baseia-se em 3 regras:

- Suporte das plantas;
- Arejamento da solução nutritiva;
- Ausência de luz na zona radicular.

Existem várias técnicas de hidroponia, desde o *hobby* até à escala comercial, em sistemas fechados ou abertos (isto é, com ou sem reciclagem da solução drenada), no exterior ou em espaços fechados (e.g. estufas). As técnicas de cultura em hidroponia podem ser divididas em dois grupos, o primeiro desenvolvido pelo Dr. Gericke designado por *Water Culture* - (culturas em água) que envolve o suporte de plantas através de um material adequado e este suspenso sob um tanque contendo uma solução de nutrientes onde as raízes se encontram imersas. Este grupo sofreu várias modificações surgindo técnicas como *NTF* (*Nutrient Film Technique*), *GFT* (*Gravel Flow Technique*), *Floating raft system* (hidroponia flutuante) ou *aeroponia*. O segundo grupo envolve a produção de plantas num substrato outro que não o solo designado por *Soiless* ou *Aggregate Culture* - (Culturas sem solo). Este método abrange técnicas de cultura em vários tipos de contentores (madeira, metálicos,

plásticos, em cimento, fibra de vidro ou até em sacos), com profundidades entre os 20 e 23cm, e com diferentes substratos. A irrigação pode ser superior ou inferior e a drenagem pode acontecer directamente para o solo ou reciclada e reaproveitada no sistema, sendo esta última mais económica e ambientalmente sustentável (Roberto, 1994).

Em seguida explicam-se sumariamente os sistemas comerciais que apresentam mais semelhanças com o sistema experimentado na produção de plantas aquáticas.

O **sistema NTF** é um sistema fechado com reciclagem da solução nutritiva, sendo esta conduzida por canais, calhas ou tubos de plástico (polietileno, PVC etc.), paralelos, com o comprimento necessário, um declive cerca de 1/100, passando a solução nutritiva sob a forma de uma película líquida que assegura a máxima oxigenação das raízes. Os canais possuem normalmente orifícios de diferentes espaçamentos onde podem ser colocados os vasos de rede com substrato onde cresceram as raízes das plantas. No final dos canais, um reservatório inferior recupera a solução nutritiva usada. Aqui podem ser calculados e repostos os nutrientes e a água consumida sendo a solução bombeada e distribuída para o início dos canais onde a solução flui por gravidade, começando um novo ciclo.

Vantagens:

- Custo de capital relativamente baixo;
- Relativa facilidade de estabelecer uma instalação;
- Devido à fluidez da solução, a concentração de nutrientes pode ser menor que numa solução estática;
- Rápida rotatividade de culturas;
- Fácil controlo da temperatura nas raízes.

Desvantagens:

- Rápida mudança da concentração de nutrientes, necessitando um maior controlo;
- O aumento do volume das raízes pode provocar entupimentos podendo originar problemas ao nível da oxigenação.

Existem muitas variações deste sistema como o uso de canas de bambu em vez de tubos de plástico, ou o uso de soluções nutritivas vaporizadas em vez de líquidas.

No **sistema de hidroponia flutuante** placas de poliestireno com pequenos furos são usadas como “jangadas” em mesas impermeáveis, de comprimento e largura variáveis, com as raízes das plantas introduzidas em vasos de rede com substrato que são depois colocados nos furos das placas flutuadoras. As raízes ficam assim mergulhadas na solução nutritiva de pouca profundidade (5 a 7cm) e esta deve ser oxigenada através de bombas de ar (Roberto, 1994).

Destes métodos o que mais se adapta às necessidades das plantas aquáticas é o sistema de hidroponia flutuante, pois permite uma constante submersão das raízes e maiores

densidades de plantas por m², com apenas uma modificação no sistema, o arejamento deixa de ser necessário, pois as plantas estão adaptadas a solos de carácter redutor (baixa disponibilidade de O₂), sendo que o arejamento em excesso pode ser prejudicial (fonte: Informação pessoal com Roberto Takeoshi, produtor de plantas aquáticas no Brasil).

O substrato mais utilizado neste sistema é a lã-de-rocha por ser um material leve e de fácil manuseio, inerte e compacto sem que solte partículas sólidas no meio aquoso através do vaso de rede. Este material apresenta ainda as seguintes características físicas:

Características físicas da lã-de-rocha	(% v/v)
Capacidade de arejamento	14,9
Capacidade de retenção de água	77,8
Água dificilmente utilizável	4,0
Água total	81,8
Espaço poroso total	96,7
Densidade aparente	0,065

Tabela 3 - Características físicas da lã-de-rocha

Fonte: (Reis & *et al.*, 2001)

Comparando com o sistema *NFT*, o sistema flutuante tem uma maior capacidade de tampão para pH e nutrientes pois o volume de solução nutritiva é maior. Também o facto de as raízes estarem em constante contacto com a solução previne problemas como a secura das raízes no caso de falha da bomba de circulação.

4.3.2.2.1. Solução Nutritiva

A fórmula da solução nutritiva depende do tipo de plantas e do seu estágio de desenvolvimento. Regra geral, a concentração dos nutrientes usada na germinação de sementes é normalmente metade da concentração usada no crescimento das plantas (Harris, 1994).

A solução nutritiva usada em hidroponia consiste numa mistura de sais fertilizantes dissolvidos em água. Estes podem fornecer apenas um único nutriente (e.g. KCl - cloreto de potássio; fornece potássio) ou vários (e.g. (NH₄)₃PO₄ - fosfato de amónio; fornece azoto e fósforo). A solução nutritiva pode ser obtida através da preparação de fórmulas específicas (apresentam-se algumas no anexo II) ou através de misturas preparadas (em pó ou líquidas), disponíveis no mercado. A realização da mistura de fertilizantes faz-se através da pesagem de 4 ou 5 sais fornecedores de macronutrientes (Roberto, 1994), quanto aos micronutrientes, é relativamente complexo na prática a sua preparação pois são necessárias quantidades

mínimas de cada um. Nestas condições, é usual utilizarem-se produtos comerciais com os micronutrientes em proporções adequadas às exigências da maioria das culturas.

Em escalas comerciais, existem factores que devem ser mencionados na preparação da solução nutritiva como a incompatibilidade entre alguns iões. Para que estes permaneçam solúveis é necessário, separar os iões sulfato e fosfato do ião cálcio, assim preparam-se dois tanques com duas soluções-mãe, mais um com solução ácida (e.g. HNO_3) (Reis & *et al.*, 2001). Ao nível do *hobby* apenas um reservatório é necessário, os fertilizantes devem ser pesados em separado e é boa prática adicioná-los primeiro a 75% da quantidade total de água adicionando os sais de cálcio em último lugar e só depois de dissolvido adicionar o resto da água. Estes podem formar sedimentos insolúveis que podem ser ignorados. Nunca deve ser feita uma mistura mais concentrada que as fórmulas, pois isso levará a um precipitado insolúvel de sais de cálcio e magnésio (Roberto, 1994).

4.3.2.2. Manutenção da concentração de nutrientes e pH

Para que um crescimento óptimo ocorra, a concentração da solução nutritiva e o pH devem ser constantemente monitorizados e equilibrados para assegurar às plantas o que precisam, quando precisam. A cada ciclo de passagem da solução nutritiva pelo sistema de raízes, as trocas ocorrem e com o passar do tempo a concentração de nutrientes na solução sofre alterações, assim como a capacidade da planta assimilar os elementos essenciais.

A maneira mais fácil de manter essas concentrações equilibradas é através da medição por condutímetro que mede a condutividade eléctrica e relaciona-a com o total de sólidos dissolvidos (TDS - *Total Dissolved Solids*). Este mede a quantidade de sais dissolvidos em ppm através de condutividade eléctrica (CE) sendo também conhecida por essa designação. As medições podem ser feitas em unidades de ppm ou em ms/cm (havendo uma correlação) quer estejamos a medir o TDS ou a CE respectivamente (Roberto, 1994).

O pH é o factor mais relevante na absorção dos nutrientes e é a medida da acidez ou alcalinidade de uma solução, numa escala de 0 a 14 e determina a disponibilidade dos nutrientes. Por exemplo um pH invulgarmente elevado irá diminuir a disponibilidade de ferro, manganês, boro, cobre, zinco e fósforo, já um pH demasiado baixo irá reduzir a disponibilidade de potássio, enxofre, cálcio, magnésio e fósforo – figura 13. Cada espécie de planta tem um pH ideal para o seu crescimento, sendo que a maioria das plantas prefere um pH ácido, apesar de existirem plantas que crescem melhor em pH básico. A recomendação geral é para acidificar ligeiramente a solução nutritiva com um pH entre 6 e 7. Durante o ciclo o pH da solução nutritiva diverge no sentido da basicidade, isto devido aos diferentes consumos de sais por parte das plantas (Roberto, 1994).

Actualmente existem aparelhos de bolso digitais de baixo custo que reproduzem resultados fiáveis tanto na medição de CE ou de pH.

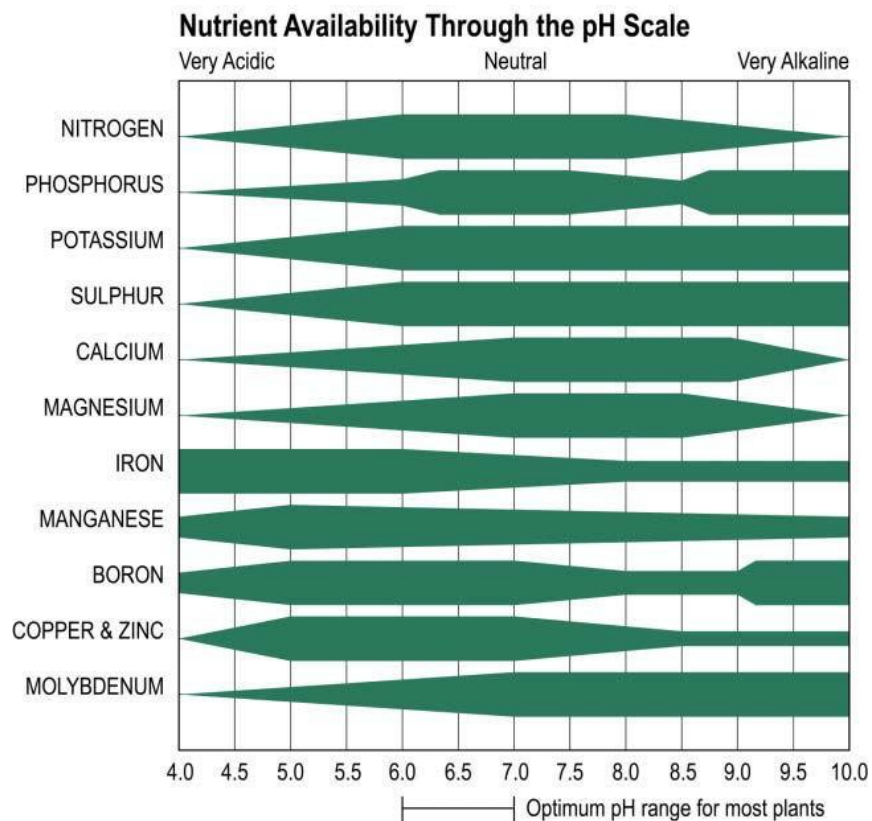


Fig. 12 - Disponibilidade de nutrientes na escala de pH

Fonte: (Roberto, 1994)

À medida que as plantas se desenvolvem, em função da absorção de nutrientes e da evapotranspiração, a solução é alterada com declínio da vida útil devido a acumulação de iões não utilizados pelas plantas de forma imediata e até de aleloquímicos. Essa acumulação resulta no aumento da concentração osmótica da solução nutritiva, impedindo a absorção de alguns nutrientes (competitividade entre nutrientes já anteriormente referida). Assim, a solução deve ser periodicamente renovada, não havendo um padrão para o tempo de renovação, este deve ser determinado pela monitorização da concentração de sais condutividade eléctrica. Alguns autores citados em (Volpe *et al.*, 2004) como é o caso de Resh (1997) recomendam linhas gerais de actuação como a renovação completa após 3 meses, já Santos (2000) refere 60 a 90 dias, e Castellane e Araújo (1995) consideram o período útil da solução nutritiva entre 3 a 4 semanas.

4.4.2.2. Sistemas aquapónicos

Aquaponia é um sistema de produção que combina aquacultura (criação de animais aquáticos) e hidroponia (produção de plantas sem solo) num sistema fechado e bio-integrado em crescente expansão. Este método serve como modelo de produção sustentável e rege-se pelos seguintes princípios (Diver, 2006):

- Os produtos residuais resultantes do primeiro sistema servem como nutrientes no segundo sistema.
- A integração da produção de fauna aquática e plantas resulta numa policultura que aumenta a diversidade e quantidade da produção;
- A água é reutilizada através da filtração biológica e recirculação;
- Pode ser um sistema de produção local fornecendo alimentos saudáveis, fomentando e reforçando a economia local.

Em aquacultura os peixes crescem em lagos ou tanques, aí são alimentados e produzem dejectos sendo este o grande problema da aquacultura. Para resolver este problema os sistemas tradicionais são equipados com filtros que mantêm a água limpa. Eventualmente esta será renovada e descartada, conduzindo várias vezes a descargas sem controlo que causam grandes estragos no meio ambiente. Em hidroponia ocorre um problema similar, à água de rega são adicionados fertilizantes inorgânicos formando uma solução nutritiva que irá evoluir no sentido do desequilíbrio, sendo também descartada e renovada, passível de causar problemas ambientais. Em aquaponia estes problemas são na sua maioria resolvidos por existir uma recirculação da água pelos dois sistemas. Esta integração dos dois sistemas prova-se vantajosa pois um subproduto da aquacultura que seria descartado é utilizado em vez dos fertilizantes inorgânicos no sistema de hidroponia. Desta maneira consegue-se evitar as descargas poluentes da aquacultura e das soluções nutritivas da hidroponia, economizando nos gastos de nutrientes e no dispêndio de água para os dois subsistemas, criando-se assim um sistema económico e ambientalmente sustentável.

Assim neste método integrado os produtos residuais resultantes da actividade da fauna no subsistema de aquacultura (excreções, decomposição do seu alimento e de algas) são enviados para o subsistema hidropónico. Este efluente contém níveis suficientes de amónia, nitratos, nitritos, fósforo, potássio, macronutrientes secundários e micronutrientes para produzir plantas em hidroponia. Dependendo da técnica hidropónica utilizada, os sistemas aquapónicos podem ter na sua constituição bio-filtros intermédios como ocorre nos sistemas de culturas em água (*NTF* ou *Floating raft*) ou utilizar o próprio substrato com filtro como ocorre nos sistemas de cultura sem solo. Ambos colectam sólidos suspensos e albergam

colônias de bactérias nitrificantes. Estas convertem a amônia e nitritos em nitratos que são posteriormente absorvidos pelas raízes das plantas e rizobactérias. Deste modo os nutrientes nunca acumulam, voltando a água ao subsistema de aquacultura limpa e sem toxicidade (Diver, 2006).

A remoção de nutrientes orgânicos dissolvidos através da absorção pelas plantas elimina a adubação inorgânica e minimiza as trocas de água reduzindo os custos do sistema aquapônico, sendo esta mais-valia preponderante em climas áridos onde água representa uma despesa significativa (Rakocy *et al.*, 2006). A concentração de nutrientes na água depende da quantidade e espécies de fauna usadas sendo a sua assimilação dependente da quantidade e espécies de plantas.

Entre as espécies de peixes mais utilizadas nomeiam-se peixes de água doce como a tilápia (*Oreochromis* sp.), perca (*Perca fluviatilis*), enguia (*Anguilla anguilla*) ou a truta (*Oncorhynchus mykiss*) que servem para alimentação ou ainda peixes ornamentais como os famosos *goldfish* (*Carassius auratus*) e carpas *koi* (*Cyprinus carpio*). Estes animais requerem uma água de qualidade sendo essencial uma monitorização ao nível do oxigénio dissolvido, dióxido carbono, amônia, nitratos e nitritos, pH e cloro entre outros parâmetros, sendo que a densidade, velocidade de crescimento, alimentação e flutuações ambientais podem rapidamente incutir mudanças na qualidade da água com efeitos nefastos para os animais.

Existe ainda uma relação entre o volume de água do subsistema de aquacultura e do subsistema hidropónico que deve ser atendida. Os primeiros sistemas aquapónicos baseavam-se em relações 1:1, hoje é comum 1:2 ou 1:4 entre os volumes dos tanques de aquacultura e das mesas de crescimento hidropónicas.

Ao contrário da hidroponia em que os nutrientes estão disponíveis a partir do momento em que se fazem as soluções fertilizantes, em aquaponia os nutrientes têm de ser convertidos pelas bactérias nitrificantes, organismos vivos que demoram tempo a crescer e a acumular no sistema. A partir do sexto mês de funcionamento o sistema estará completamente funcional comparativamente com um sistema hidropónico (Wilson, 2005).

4.4.3. Controlo de algas

Em todos os sistemas de cultivo anteriormente descritos, onde o trabalho com água é constante e essencial existe quase sempre um problema comum, as algas. Estas competem com as plantas aquáticas por nutrientes, fixando-se no substrato ou nas partes submersas das plantas, normalmente nas folhas, prejudicando a fotossíntese e a estética geral das

plantas. Nos tanques fixam-se nos sítios onde chega a luz e acumulam-se nos sistemas de limpeza afectando a filtragem, os gotejadores e pulverizadores.

O crescimento das algas pode ser minorado através de actuações preventivas eliminando as causas do seu desenvolvimento. Nos sistemas de cultura sem solo, as algas podem ser combatidas eliminando toda a entrada de radiação na solução, já nos sistemas de tanques essa técnica é dificilmente exequível. Existem no entanto vários métodos de controlo de algas, como os manuais, químicos (através de herbicidas ou algicidas com efeitos adversos para as próprias plantas), biológicos (através de peixes comedores de algas) ou através de palha de cevada.

O tratamento através de palha de cevada consiste em submergi-la na solução, sem compressão, para que haja uma maior área de contacto entre a palha e a água, sendo removida quando estiver completamente decomposta (Barrett *et al.*, 2000). A activação da decomposição depende da temperatura, sendo esta mais rápida no Verão que no Inverno. A 10 °C o processo biológico demora cerca de 6 a 8 semanas a iniciar mas apenas 1 a 2 semanas a 20 °C. Assim que o processo de libertação de químicos começa, só termina quando a palha for completamente decomposta e a sua duração varia com a temperatura e a forma de aplicação da palha (Newman, 2004).

Na literatura consultada averiguou-se que ainda não é conclusivo qual o mecanismo que suprime a proliferação de algas. Em Newman (2004) é referido que apenas foram identificados alguns compostos resultantes da decomposição anaeróbia da palha, e que é plausível que o processo anti-algas seja resultante de uma combinação de factores. Entre eles está o processo de decomposição iniciado por fungos que numa primeira fase decompõem a lenhina e componentes da parede celular. Numa segunda fase a lenhina é transformada por bactérias e fungos numa forma solúvel de lenhina e outros produtos formando-se ácidos fúlvicos e húmicos – carbono orgânico dissolvido. Estes quando em contacto com oxigénio e luz formam peróxido de hidrogénio (H₂O₂), estando demonstrado que concentrações de apenas 2ppm de H₂O₂ inibem o crescimento de algas.

Este processo parece não apresentar efeitos adversos nas plantas vasculares ou na fauna e é um sistema bastante económico em termos de implementação como de manutenção (Barrett, *et al.*, 2000).

5. TIROCÍNIO

Este exercício prático baseado na componente teórica anteriormente descrita envolveu a construção de uma estufa. Aqui foram realizados os testes de produção e propagação das plantas aquáticas como preparação para o futuro desempenho desta actividade.

O objectivo deste tirocínio foi testar a produção e propagação de plantas aquáticas autóctones e alóctones tropicais em sistema hidropónico flutuante com recirculação da solução nutritiva e controlo ambiental em substrato de lâ-de-rocha.

5.1. Localização e análise biofísica do local

O exercício prático deste estudo decorreu num terreno privado situado nos limites da cidade de Faro, estando classificado no Plano Director Municipal (PDM) como zona de Espaço Urbanizável de Expansão. É um terreno rural com aproximadamente 3200m², plano com cerca de 7% de declive, e recebe luz solar directa ao longo de todo o dia. Os ventos dominantes variam consoante a estação do ano, sendo que no Inverno predominam ventos mais fortes de Norte/Noroeste e no Verão ventos de Sudoeste de intensidade mais fraca. O período mais ventoso é de Janeiro a Fevereiro. A temperatura média diária nos meses de Inverno ronda os 12.4 °C e nos meses de Verão 22.5 °C. A média da temperatura máxima mensal é maior nos meses de Julho e Agosto com valores de 28 °C. A média da temperatura mínima mensal é menor nos meses de Dezembro a Fevereiro e ronda os 8 °C. A precipitação média anual ronda os

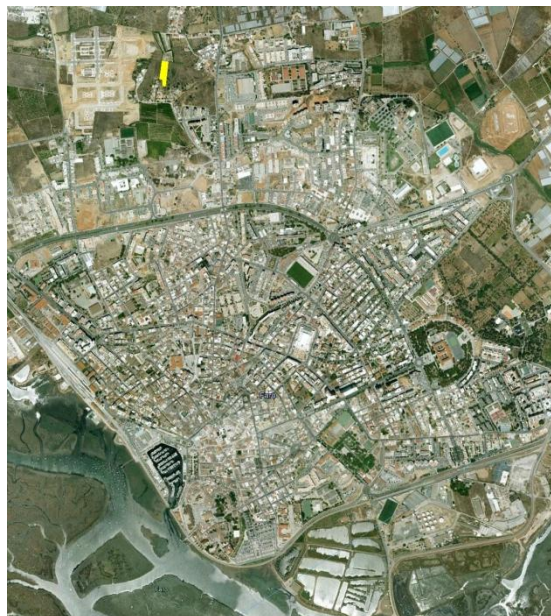


Fig. 13 - Localização 1

Fonte: Adaptado de imagem aérea Google Earth



Fig. 14 - Localização 2

Fonte: Adaptado de imagem aérea Google Earth



Fig. 15 - Área de intervenção 1

Fonte: Autor



Fig. 16 - Área de intervenção 2

Fonte: Autor

400 a 500mm sendo que 90% desta precipitação ocorre nos meses de Outubro a Abril. A insolação perfaz cerca de 3000 horas de sol (ICN, 2009). A humidade relativa média anual é de 68 a 70% às 9h.

5.2. Plano Geral

Desenhou-se um plano dividido em 3 fases (Anexo III) que se desenvolverão ao longo do tempo consoante os rendimentos adquiridos. A lógica associada é a simples organização espacial no sentido longitudinal do terreno com um intrínseco conceito agrícola.

Na primeira fase, o espaço é ocupado pelo caminho de acesso, a estufa, um escritório, um reservatório para armazenamento de águas pluviais e sebes arbustivas aromáticas. Na segunda fase acrescentam duas novas estufas e uma sebe “quebra-ventos” composta por *Cupressus sempervirens* (Cipreste). Na terceira fase conclui-se a bateria de estufas totalizando 9 estufas com cerca de 843m², uma piscina biológica (com função de lazer e produção de plantas aquáticas autóctones) e um novo acesso que fará a ligação à futura via pública.

5.3. Estufa

A construção da estufa baseou-se em bibliografia e várias saídas de campo onde foram analisadas visualmente diversas estufas no concelho de Faro, entre elas as estufas da DRAP (Direcção Regional de Agricultura e Pescas) do Algarve onde foram adquiridas as Normas e Técnicas de Construção de Estufas (Anexo IV).

O objectivo desta estufa é criar um clima artificial aquecido e húmido que favoreça o



Fig. 17 - Construção da estufa

Fonte: Autor



Fig. 18 - Interior da estufa

Fonte: Autor



Fig. 19 - Estufa completa 1

Fonte: Autor



Fig. 20 - Estufa completa 2

Fonte: Autor

desenvolvimento das plantas aquáticas alóctones tropicais, possibilitando a sua produção e propagação.

A estufa foi orientada de S – N e a estrutura foi construída com varras de madeira usada, com 12,5x7,5 m perfazendo uma área de 93,75 m². A forma da estufa é em “capela” com duas abas desiguais e arejamento zenital virado a Este de 0,5 m de altura ao longo de todo o comprimento. O afastamento máximo entre prumos é de 2,5 m com diâmetros entre os 0,07 e 0,12 m, enterrados 0,7 m. A altura do frechal é de 2.3 m e de cumeeira 3,8 m. O arejamento lateral circunda todo o perímetro com uma altura de 1,8 m. A percentagem de arejamento perfaz 50.64 % de toda a cobertura. Toda a estufa foi coberta com plástico agrícola translúcido de 200 µm. No tecto fixou-se o plástico alterando-se por cima e por baixo dos paus de madeira, na base foi colocada uma “Saia” lateral com 0,75 m de altura, disposta ao longo de todo o perímetro, enterrada 0,25 m havendo uma sobreposição de 0,2 m com o plástico da janela lateral. Todos os arejamentos foram cobertos por uma rede anti-insectos. O solo foi deixado “nu” após o tratamento com um herbicida sistémico (glifosato). Optou-se por este tipo de estufa por ser o mais económico, com maior facilidade de montagem e com menores especificações técnicas.

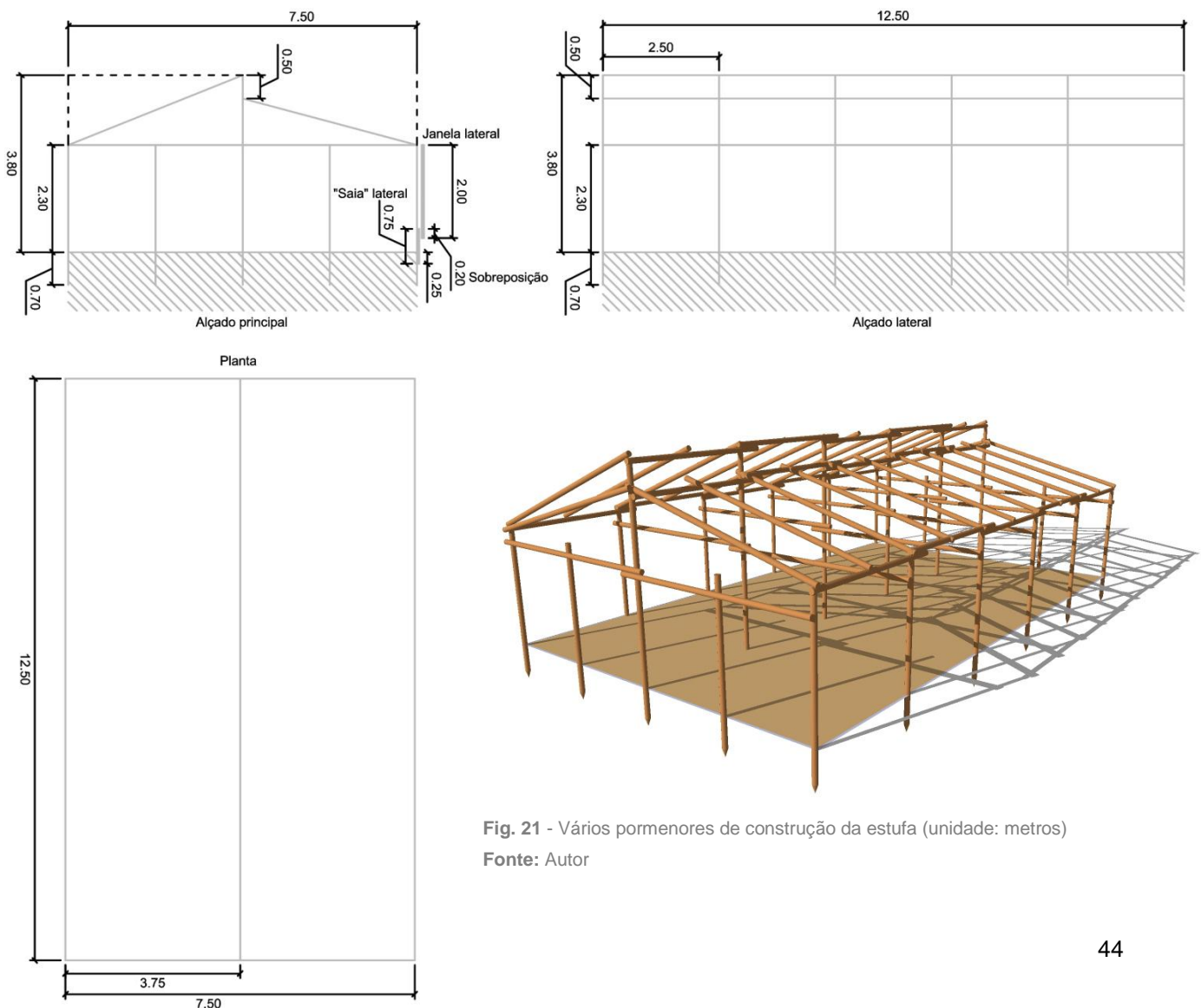


Fig. 21 - Vários pormenores de construção da estufa (unidade: metros)

Fonte: Autor

5.4. Mesa de crescimento

O sistema hidropónico flutuante funciona através de uma mesa de trabalho impermeável que tem como função conter a solução nutritiva, onde uma placa flutuadora perfurada sustem vasos com plantas aquáticas mantendo o contacto das raízes com a solução.

O sistema é composto pela mesa de crescimento e um reservatório, circulando assim a solução nutritiva entre os dois em sistema fechado. Ambos foram nivelados e construídos em madeira (paletes e barrotes reutilizados). As dimensões da mesa de trabalho são 5,93x1,2x1,2 m, esta possui uma caixa com 0,15 m de profundidade onde a solução nutritiva é mantida ao nível de 0,07 m por um descarregador de superfície, totalizando um volume de 445 L. Este descarrega para um reservatório sob a mesa de trabalho que tem 1,3x0,8x0,45 m. O

volume de solução nutritiva neste reservatório é de 208 L sendo a sua capacidade máxima de 460 L. Ambos os tanques são revestidos com polietileno negro de 200 µm. A função deste reservatório é recolher a solução nutritiva e facilitar a sua manutenção (controlo de pH, da CE, do nível de água, adição de novos nutrientes, vazamento da mesa de trabalho entre outros). No reservatório existe uma bomba electromagnética de 900 L/h de 10 w controlada por um temporizador que faz a bombagem da solução para o início da mesa de trabalho em 2 ciclos por dia (11:00h – 12:00h; 15:00 – 16:00h). Este período de funcionamento tem o objectivo de misturar a água do reservatório com menores temperaturas (normalmente 2 °C abaixo) nas horas mais quentes. Esta recirculação



Fig. 22 - Mesa de crescimento sem flutuadores

Fonte: Autor



Fig. 23 - Pormenor do reservatório

Fonte: Autor



Fig. 24 - Pormenor do descarregador de superfície

Fonte: Autor



Fig. 25 - Mesa de crescimento com flutuadores e estufim

Fonte: Autor

favorece a mistura homogênea de nutrientes, impede a estagnação por longos períodos de tempo e promove a reciclagem da solução. As placas flutuadoras são de poliestireno extrudido e têm 1,15x0,6x0,03 m, com orifícios de $\varnothing 0,055$ m afastados 0,025 cm, perfazendo 121 orifícios. São necessárias 9 placas completas mais 1 com 1,15x0,47x0,03 m para revestir toda a lâmina de água na

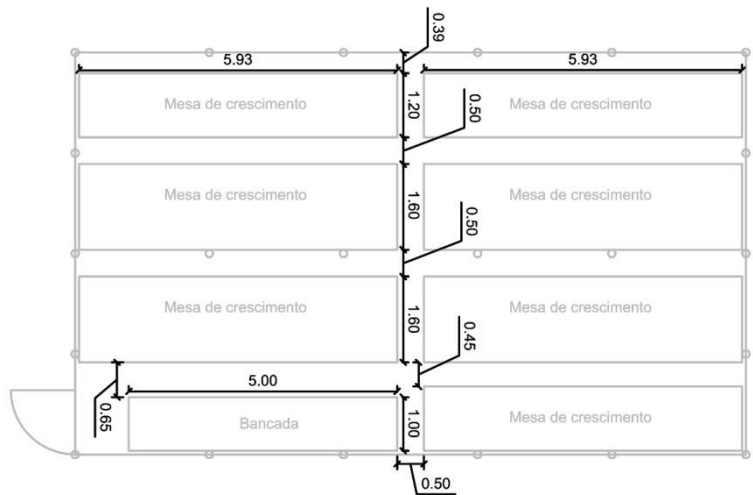


Fig. 26 - Organização das mesas de crescimento dentro da estufa (unidade: metros)

Fonte: Autor

mesa de crescimento, impedindo a passagem da luz, a evaporação da solução nutritiva e promovendo a regulação da temperatura. Nos orifícios são colocados vasos de plástico de rede com $\varnothing 0,055 \times 0,05$ m. Uma mesa tem a capacidade de albergar cerca de 1200 vasos sendo que a capacidade máxima da estufa ronda os 9500 vasos.

Após 4 semanas depois do sistema instalado de modo a aumentar a humidade relativa foi construído um estufim sob a mesa de crescimento (fig.25).

5.5. Substrato

Os vasos de rede são preenchidos com substrato de lâ-de-rocha, tendo sido escolhido este material devido às suas propriedades físicas descritas no capítulo 4.4.2.2.



Fig. 27 - Vaso de plástico de rede preenchido com substrato de lâ-de-rocha

Fonte: Autor

5.6. Método de propagação

O único método de propagação usado foi o de reprodução assexuada - divisão de tufo, divisão de rizoma e estacaria.



Fig. 28 - Disposição dos estolhos de *Eleocharis acicularis* na lâ-de-rocha

Fonte: Autor

5.7. Solução nutritiva

A água usada na solução nutritiva é proveniente da rede pública e tem um pH 8 e TDS 121ppm à temperatura de 23 °C. Os nutrientes são provenientes de um fertilizante líquido (Nutriquisa 12-4-6 da Agroquisa). Escolheu-se este fertilizante por possuir um elevado teor de azoto favorecendo assim o crescimento vegetativo. Aplicou-se 300ml deste adubo em aproximadamente 550L de água. O controlo da solução foi feito através da monitorização diária do pH e do TDS por aparelhos digitais. Os valores de referência para o pH foram entre 6 e 7. Na figura 30 podem-se verificar as alterações de pH e TDS na solução nutritiva ao longo de 20 dias.

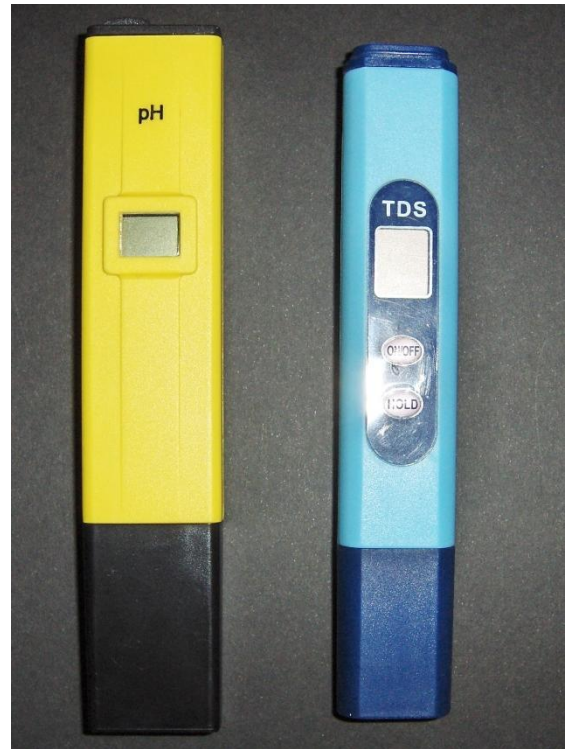


Fig. 29 - Instrumentos de monitorização pH e TDS

Fonte: Autor

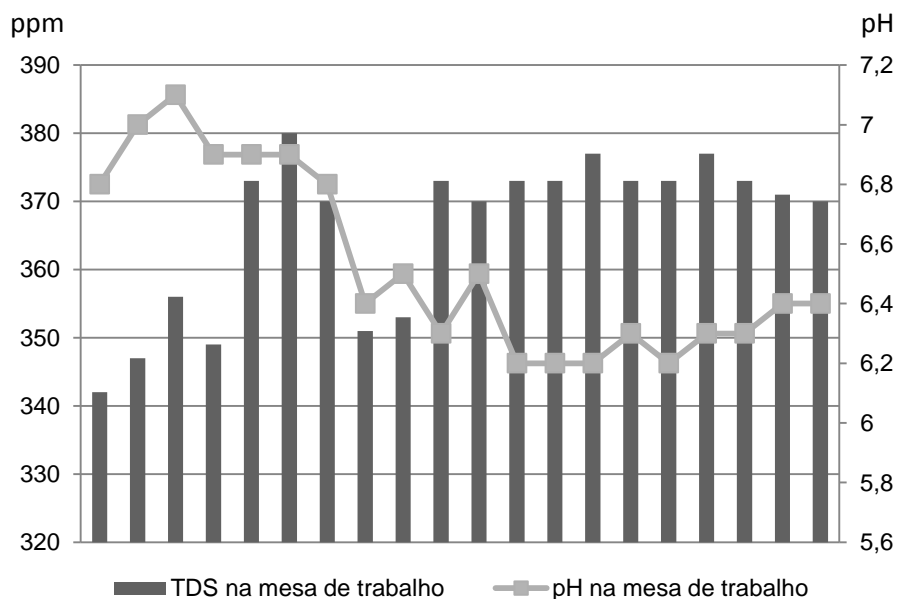


Fig. 30 - Evolução da solução nutritiva ao longo de 20 dias

Fonte: Autor

5.8. Cultura de plantas aquáticas

As plantas aquáticas autóctones utilizadas foram colhidas na ribeira Fonte Benémola localizada no concelho de Loulé no barrocal algarvio. Estas plantas foram submetidas a uma identificação na Universidade do Algarve (UALG) pelo professor e naturalista Coronel José Manuel Rosa Pinto. Esta foi uma identificação provisória por as plantas em causa não apresentarem elementos de identificação incontestáveis como flores ou por estarem numa fase inicial de crescimento, ficando a sua identificação por confirmar - *Alisma* sp; *Apium* cf. *Nodiflorum*; *Juncus* cf. sp; *Potamogeton* cf. sp. Foram ainda adquiridas a um lojista *online* plantas aquáticas alóctones tropicais e autóctones no estado emerso.



Fig. 31 - Plantas aquáticas autóctones e alóctones tropicais em crescimento emerso

Fonte: Autor

estarem numa fase inicial de crescimento, ficando a sua identificação por confirmar - *Alisma* sp; *Apium* cf. *Nodiflorum*; *Juncus* cf. sp; *Potamogeton* cf. sp. Foram ainda adquiridas a um lojista *online* plantas aquáticas alóctones tropicais e autóctones no estado emerso.

As tropicais incluíam as seguintes espécies: *Alternanthera rosaefolia* mini; *Anubias barteri* var. *nana* 'Petite'; *Bacopa australis*; *Cryptocoryne undulata*; *Glossostigma elatinoides*; *Hemianthus callitrichoides* "cuba"; *Hydrocotyle tripartita*; *Hygrophila pinnatifida*; *Hygrophila* sp. "Araguaia"; *Rotala Rotundifolia*; *Sagittaria subulata*.

Às autóctones incluíam as seguintes espécies: *Eleocharis acicularis* e *Marsilea* cf. *batardae*. No anexo V é apresentado um herbário com as fichas das plantas aquáticas usadas nos testes de produção e propagação.

Foram usados apenas três métodos de propagação assexuada, estacaria, divisão de tufo/estolho e divisão de rizoma onde não se obtiveram nenhuma perda. Futuramente pretende-se testar a propagação através de micropropagação.

Para avaliar o crescimento das plantas neste sistema foi necessário proceder-se á pesagem das plantas no Horto da UALG através da utilização de uma balança científica com aproximação aos miligramas. Esta pesagem foi feita apenas para as plantas adquiridas *online*. Foram feitas duas pesagens com 40 dias de diferença (de 20-Fevereiro a 1-Abril) medindo-se o peso de cada planta. Este peso incluiu o vaso de plástico, a lâ-de-rocha e a planta. Optou-se por absorver a água existente na lâ-de-rocha para retirar este peso adicional. Este processo foi feito através de uma folha papel absorvente dobrado sobre si própria em 4 partes, com a duração de 10 min, tendo sido repetido para cada vaso. Em seguida procedeu-se á pesagem.

Exemplo de ficha do herbário das plantas usadas nos testes de produção e propagação.

Legenda:

- Necessidades luminosas - Escala de 1 a 5, sendo 1 pouca necessidade luminosa e 5 elevada necessidade luminosa.
- Velocidade de crescimento - Escala de 1 a 5, sendo 1 crescimento lento e 5 crescimento rápido.
- Manutenção - Escala de 1 a 5, sendo 1 pouca manutenção e 5 elevada manutenção.

M		Marsilea cf. batardae
Classificação científica		
Família		Marsileaceae
Género		Marsilea
Espécie		Marsilea cf. batardae
Varietade		-
Cultivar		-
Nome comum		Trevo-de-quatro-folhas
Distribuição		
Origem		Sul da Península Ibérica (Lansdown & Domingo, 2011)
Habitat		Charcos temporários e margens de rios, sujeitas a inundações periódicas (Lansdown & Domingo, 2011)
Características		
Altura		30+cm
Largura		15+cm
Tolera emersão		Sim
Floração		-
Substrato		No <i>habitat</i> natural encontra-se geralmente em substratos argilosos (Lansdown & Domingo, 2011).
Necessidade Luminosas		-
Temperatura		-
Dureza da água		-
pH		-
Velocidade de crescimento		4
Tipos de propagação		Propagação por estolhos.
Manutenção		-
Lugar no aquário		-
CO ₂		-
Observações/descrição		Endemismo ibérico pouco frequente com <i>habitat</i> em constante diminuição de área de ocupação e severamente fragmentado. Protecção legal: Directiva <i>Habitats</i> anexo II e IV, Convenção de Berna. Estado de conservação: Não ameaçada. As populações dos leitos cascalhentos de ribeiras alentejanas encontram-se em estado razoável (ICN, 2006)



Fig. 32 - Marsilea cf. Batardae

Fonte: Autor

5.8.1. Resultado da produção das plantas aquáticas

As plantas aquáticas alóctones tropicais foram adquiridas a um lojista, isto deu-se antes da conclusão da estufa e da mesa de crescimento tendo as plantas sido conservadas no estado emerso num aquário dentro de casa. Aqui as plantas sofreram definhamento, perdendo folhas e caules, tendo-se percebido tardiamente que era consequência de várias causas como a pequena intensidade de radiação e a temperatura elevada (emanada pelas lâmpadas fluorescentes). Assim quando as plantas passaram para a mesa de crescimento apresentavam um estado muito



Fig. 33 - Pesagem das plantas aquáticas

Fonte: Autor

debilitado. Na estufa, no período inicial, houve também o problema da baixa humidade relativa o que levou ao prolongamento desta situação. Só quando foi instalada a rede de sombreamento e o estufim é que este definhamento cessou.

Estes problemas afectaram o crescimento das plantas aquáticas alóctones tropicais não tendo sido possível começar os testes de produção com plantas saudáveis como era esperado. As plantas autóctones foram colhidas posteriormente a estes acontecimentos não tendo sido afectadas por estes problemas. No final destes dois meses todas as espécies apresentaram crescimento positivo.

A espécie que apresentou melhor taxa de crescimento médio foi a *Alternanthera rosaefolia* mini com 55% de crescimento seguido da *Eleocharis acicularis* com 54% e da *Marsilea batardae* e *Bacopa australis* com 45,8% e 45,3% respectivamente. As espécies com menores taxas de crescimento foram a *Hemianthus callitrichoides* "cuba" com 3,3% e a *Hygrophila pinnatifida* com apenas 10,2%.

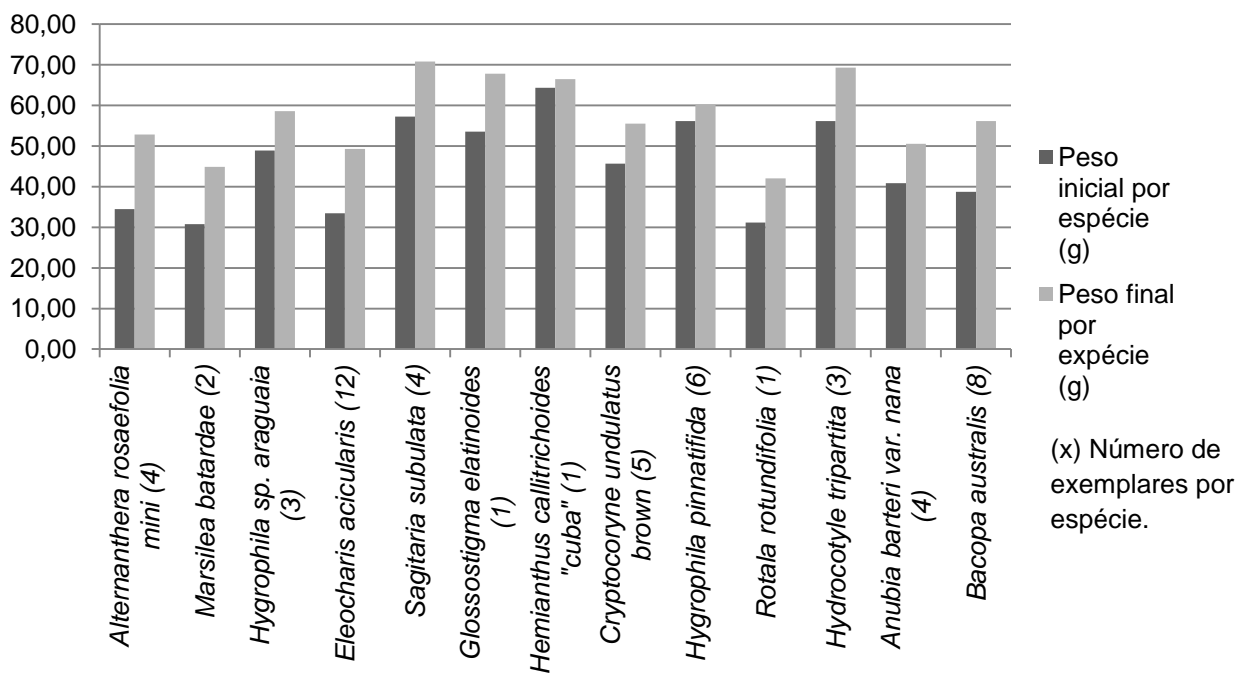


Fig. 34 - Evolução do crescimento das plantas aquáticas

Fonte: Autor

5.9. Controlo ambiental

5.9.1. Temperatura da solução nutritiva

O sistema de aquecimento é um sistema fechado que visa aquecer a água na mesa de crescimento de maneira a que se atinja uma temperatura óptima na zona das raízes e evitar temperaturas muito baixas durante o período do ano com menores temperaturas.

Este sistema funciona através de um painel solar térmico 2x0,8 m feito à mão (paletes madeira, tubos de cobre, lâ-de-rocha, chapas de zinco e vidro) inclinado 55° (para que haja uma maior eficiência no Inverno), um reservatório plástico de 200 L para acumulação de água quente revestido a lâ-de-rocha e duas electro bombas controladas por 3 termóstatos.



Fig. 35 - Painel solar térmico

Fonte: Autor

Na figura 36 pode-se verificar o esquema do sistema. O termostato (1) situado no painel solar indica a temperatura no seu interior. Este acciona a electro-bomba (A) quando a temperatura dentro do painel é superior a 70 °C, fazendo circular a água entre o painel solar e o reservatório. Os outros dois termostatos (2) (3) funcionam em conjunto para controlar a segunda electro-bomba (B). Esta bomba faz a circulação de água entre o reservatório e a mesa de crescimento. O termostato principal (2) mede a temperatura da água no reservatório de aquecimento e permite que bomba (B) possa ser accionada pelo termostato secundário (3) quando a temperatura da água é maior que 20 °C, estabelece assim um limite mínimo de funcionamento do sistema. O termostato secundário (3) (que está dependente do principal) mede a temperatura da água na mesa de crescimento e cessa o funcionamento quando a temperatura chega aos 26 °C, estabelecendo um limite máximo de funcionamento do sistema. Pretende-se assim manter a temperatura da solução nutritiva entre 20 °C e 26 °C.

A distribuição do calor na mesa de crescimento é feita através da bomba (B) que lança água quente dentro de um tubo de polietileno corrugado de 16 mm e 24 m de comprimento que está submerso na solução nutritiva.

As temperaturas foram monitorizadas diariamente através de termómetros digitais ou através dos próprios termostatos.

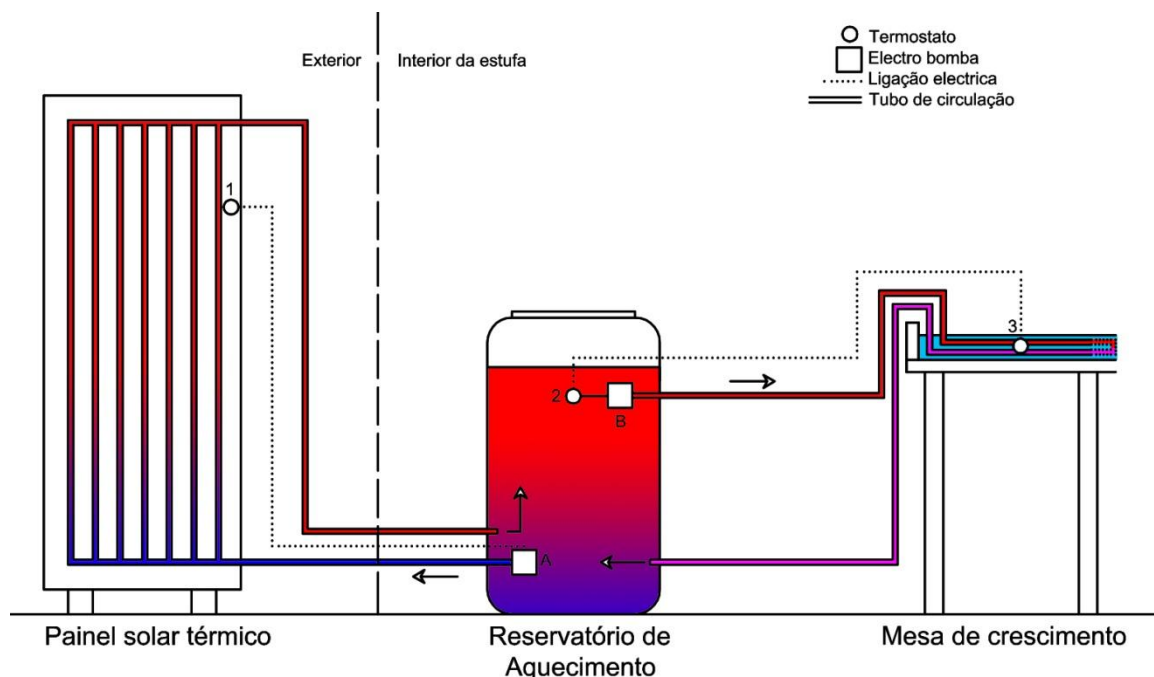


Fig. 36 - Esquema do sistema de aquecimento

Fonte: Autor



Fig. 37 - Reservatório de água quente, forrado a lâ-de-rocha

Fonte: Autor



Fig. 38 - Tubo PE corrugado de 16mm. Dissipação de calor na mesa de crescimento

Fonte: Autor

5.9.2. Temperatura do ar

Durante o dia a acumulação de calor no interior da estufa aumenta a temperatura do ar e o seu controlo é feito manualmente através da abertura das janelas laterais. Posteriormente serão construídas janelas zenitais automatizadas, que serão controladas pela medição da temperatura interior da estufa, velocidade e direcção do vento. A temperatura do ar foi medida através de um termómetro digital a 1,7 m de altura diariamente.

5.9.3. Humidade

A produção deste tipo de plantas requer uma humidade relativa elevada. Durante a pesquisa bibliográfica não foram encontrados dados concretos relativos a esses valores. Optou-se então por uma humidade superior a 80%. Assim a



Fig. 39 - Abertura das janelas laterais

Fonte: Autor



Fig. 40 - Nebulizadores em funcionamento

Fonte: Autor

humidade na zona da mesa de crescimento foi controlada primeiramente através de uma pulverização a partir de um nebulizador de 16L/h, que projectava uma névoa de micro-gotas. Este sistema era composto por uma electroválvula controlada por um relógio. As pulverizações eram de 20s, efectuadas de 30 em 30 minutos nas horas de maior calor (11:00h – 15:00h), depois de 1h em 1h durante o resto do dia e de 2h em 2h durante a noite.

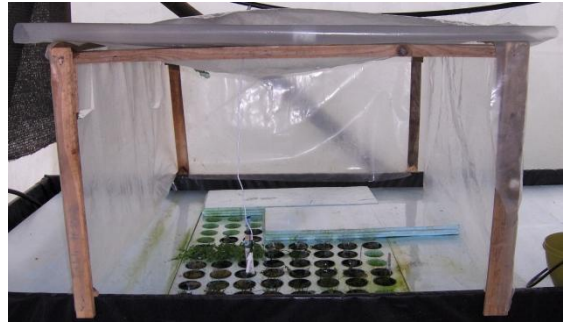


Fig. 41 - Estufim

Fonte: Autor

Cedo se percebeu que este sistema era insuficiente, a dimensão da estufa, a elevada radiação e temperatura, mais as fugas de ar tornavam a humidade relativa no interior da estufa demasiado baixa levando à secura das folhas das plantas aquáticas. Optou-se por construir um estufim em cima da mesa de crescimento dentro da estufa para evitar a dissipação da humidade.

5.9.4. Radiação luminosa

Aliado ao estufim, optou-se também por uma rede de sombreamento verde de 50%, no interior da estufa, cobrindo toda a área. Esta rede tem como função auxiliar na manutenção da humidade, diminuindo a radiação e temperatura. Com esta rede mantêm-se uma radiação alta já que estas plantas reagem geralmente bem a luz intensa.



Fig. 42 - Rede de sombreamento

Fonte: Autor

Um dos aspectos mais inquietantes em relação à radiação é a sua duração ao longo do ano. Em Faro de 25 de Setembro a 17 Março existem 173 dias com menos de 12h de sol, e de 22 de Novembro a 19 de Janeiro existem 58 dias com menos de 10h de sol, sendo o dia mais curto do ano 22 de Dezembro com a duração de 9h e 37min, ficando em falta 2h e 23min de luz solar (porém nunca havendo menos de 8h de luz).

5.9.5. Resultados do controlo ambiental

O aumento de temperatura obtido através do sistema de aquecimento foi em média 2°C na mesa de trabalho, à custa de 10 °C consumidos no reservatório de aquecimento. As temperaturas médias acumuladas neste último foram de 27,6 °C em Março e 31 °C em Abril. Este aumento de 2 °C da solução nutritiva foi limitado pela temperatura mínima de funcionamento do sistema a 20 °C. No subsistema da bomba (A) não foi necessário outro termóstato para regular a temperatura máxima no reservatório pois nunca se atingiram temperaturas superiores a 42 °C. Todo o sistema revelou uma fraca eficiência energética, este facto deve-se em grande parte à inexperiência, erros de construção no painel solar e ao pequeno volume de água quente acumulada no reservatório.

A temperatura média do ar apresentou-se aprazível para o cultivo das plantas aquáticas durante estes dois meses. Quando esta era muito elevada (superior a 30 °C), procedia-se à abertura manual total ou parcial das janelas permitindo a sua diminuição. Como já referido este sistema terá a posterior automatização das janelas zenitais. Para os meses mais quentes do ano está a ser ponderado um sistema de arrefecimento do ar através de energia geotérmica.

Não foi possível medir as temperaturas do ar e da solução atingidas durante a noite sendo necessário obter estes dados para avaliar a eficiência real do controlo ambiental. É de ressaltar que estes testes foram realizados nos meses mais desfavoráveis do ano (Fevereiro a Março). A humidade relativa média foi menor que o esperado (80%) mas não foi prejudicial à produção.

	Temperatura média da solução nutritiva	Temperatura média do ar no interior da estufa a 1,7 m de altura (°C)	Temperatura média do ar no exterior da estufa a 1,7 m de altura (°C)	Temperatura média no reservatório de aquecimento	HR média no interior da estufa (%)
Fev	18,1	20,7	13,3	27,6	78,1
Mar	19,9	22,9	15,3	31,0	77,5

Tabela 4 - Resultados do controlo ambiental

Fonte: Autor

5.10. Sustentabilidade energética

A sustentabilidade energética é uma das características fundamentais para a viabilidade deste projecto. Como já foi referido o aquecimento da água é feito por energia solar térmica, sendo o restante equipamento eléctrico alimentado pela energia da rede eléctrica. Visando a independência energética futuramente será implantado um painel solar fotovoltaico aliado a uma mini-eólica (dado que o espaço é confinado e vigiado espera-se que a susceptibilidade a roubo/vandalismo seja reduzida) que irá alimentar electricamente as electrobombas e restantes equipamentos diminuindo a médio-longo prazo os custos energéticos.

6. ANÁLISE ECONÓMICA

6.1. Orçamento

No Anexo VI – Tabela IV, é apresentada uma tabela com os gastos efectuados na preparação e desenvolvimento do tirocínio. Aqui é de salientar a cedência de materiais por parte de pessoas como o Sr. Ezequiel que cedeu os barrotes de madeira usados na construção da estrutura da estufa e o Sr. Barriga e Sr. Mendonça que cederam as paletes necessárias à construção da mesa de crescimento. Estes materiais usados foram reutilizados e reciclados e foram uma ajuda importante, diminuindo os custos do exercício tendo sido pertinente para a viabilidade deste.

6.2. Estudo de mercado

Esta análise foi efectuada através de um inquérito (anexo – VII) *online* enviado a cerca de meia centena de vendedores de plantas aquáticas em Portugal sendo estes os principais compradores deste material verde, na sua maioria lojistas de aquariorfilia. A nível de aficionados portugueses de aquariorfilia contam-se cerca de 60000 membros inscritos no maior fórum do *hobbie* em Portugal (www.aquariorfilia.net/forum). Pretende-se expandir futuramente esta análise a Espanha com o intuito de estender o mercado às exportações.

6.2.1. Resultado do estudo de mercado

Dos 43 vendedores inquiridos 10 responderam ao inquérito, obtendo-se os seguintes resultados:

- À pergunta “Que quantidade de plantas compra em média por mês?” 44,4% dos vendedores respondeu que em média compram 25 a 49 plantas aquáticas por mês.

Quantidade de plantas adquiridas por mês

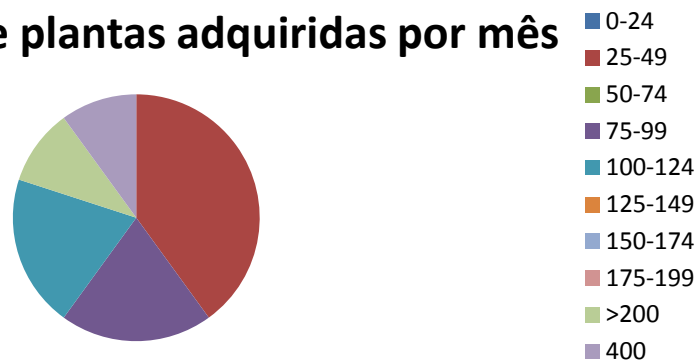


Fig. 43 - Quantidade de plantas adquiridas por mês e por vendedor.

Fonte: Autor

- À pergunta “Quanto gasta em média por mês na compra das plantas aquáticas?” 33,3% dos vendedores respondeu que em média gastam entre 50 a 99€ por mês enquanto outros 33,3% responderam que gastam de 100 a 149€ por mês.

Dispêndio por mês na compra das plantas



Fig. 44 - Dispêndio por mês na compra das plantas aquáticas por vendedor.

Fonte: Autor

- À pergunta “Qual o valor médio dos portes de envio por encomenda?” 42,8% dos vendedores respondeu 5 a 9€.

Valor dos portes de envio por encomenda

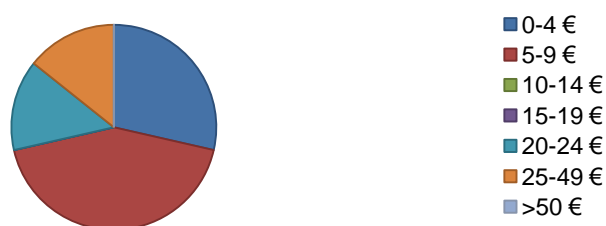


Fig. 45 - Valor dos portes de envio por encomenda

Fonte: Autor

- À pergunta “Quantas encomendas fazem em média por mês?” 55,5% respondeu 1 encomenda.

Encomendas por mês

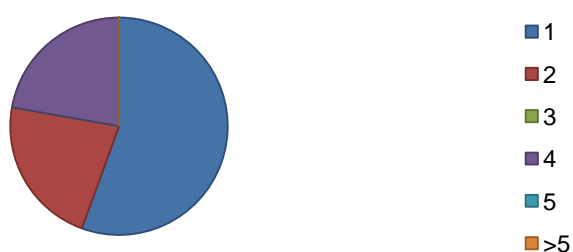


Fig. 46 - Encomendas por mês e por vendedor.

Fonte: Autor

- À pergunta “Quanto tempo demoram em média as plantas a chegarem ao seu estabelecimento após fazer a encomenda?” 77,7% respondeu menos de 5 dias.

Tempo de chegada das plantas ao estabelecimento



Fig. 47 - Tempo de entrega das plantas no estabelecimento do vendedor.

Fonte: Autor

- À pergunta “Em que país são produzidas as plantas que actualmente compra?” 85,7% respondeu Holanda, tendo sido resposta também, Dinamarca, Singapura, Itália e um produtor em Portugal.

Em que país são produzidas as plantas que actualmente compra?

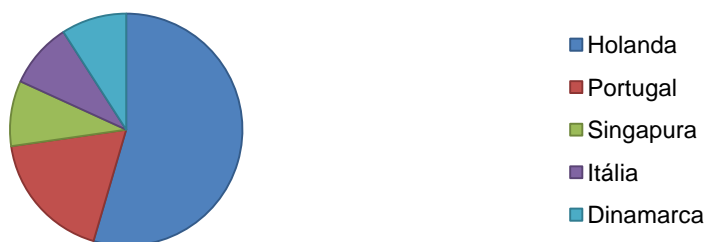


Fig. 48 - Local de produção das plantas aquáticas vendidas no mercado Português.

Fonte: Autor

- À pergunta “Estaria interessado em optar por um fornecedor de plantas aquáticas produzidas em Portugal?” 88,8% respondeu que sim.

Através destes dados estimou-se o potencial médio da produção de plantas por mês para o total de lojas inquiridas (43) de 4945 plantas representando uma facturação média de 5160€ por mês.

7. CONCLUSÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Tomou-se como objectivo desta dissertação a vontade de criar um exercício verdadeiramente prático como preparação para um futuro desempenho dessa actividade. Assim surgiu o tema Contribuição para o estudo de Propagação e Produção de Plantas Aquáticas baseado em duas premissas:

1. A necessidade de estudos sobre a importância das plantas aquáticas tanto a nível ambiental (alertando para a sensibilidade deste material vegetal e o seu papel na paisagem como um dos principais indicadores do estado de saúde das zonas húmidas) e económico (justificando a sua aplicação em diversos âmbitos como na fitoremediação de águas, integração paisagista e colonização de piscinas ecológicas, fonte de energia, alimentação, entre outros) como ao nível dos métodos de propagação e produção a fim de otimizar resultados e viabilizar projectos.
2. A conjectura baseada na reduzida ou quase inexistente produção de plantas aquáticas tanto autóctones como alóctones tropicais em Portugal, ainda que, exista um clima relativamente propício ao cultivo das últimas e uma procura relativa fundamentada pela grande quantidade e variedade de usos ambientais e económicos havendo por isso um potencial económico por avaliar.

Assim este trabalho teve como finalidade contribuir para a primeira premissa através de um trabalho teórico e prático com grande ênfase no exercício de produção e propagação e de comprovar as suposições da segunda premissa.

As plantas aquáticas, quando em equilíbrio nos ecossistemas húmidos dulçaquícolas possuem várias funções determinantes para a qualidade da paisagem. Actuam no suporte a comunidades biológicas conectando biótopos, fornecendo alimento, abrigo e local de postura. Regulam a qualidade físico-química do meio contribuindo para a oxigenação das massas de água e funcionando como filtro biológico. Fomentam a redução da velocidade da água, protegendo contra a erosão do solo, favorecendo a deposição de sedimentos e actuando por isso, activamente na protecção contra cheias. Todas estas funções contribuem para a melhoria da qualidade água e para a estética da paisagem destacando-se aqui o seu valor intrínseco por todas as exigências ecológicas que fazem destes *habitats* lugares extremamente sensíveis onde é fundamental a sua preservação.

Encontraram-se ainda diversos usos para as plantas aquáticas, que pelas suas funções são capazes de justificar a sua implementação em vários projectos acarretando mais-valias económicas como: em Estações de Tratamento de Águas com Plantas (ETAP), lagos artificiais e piscinas ecológicas, fertilizantes, fonte de energia, alimentação animal e humana,

usos em *hobbies* (aquariorfilia e terrariorfilia) ou em parques zoológicos (aquários, oceanários e fluviários) e ainda aumentando a qualidade estética e ambiental das zonas húmidas favorecendo o aparecimento de actividades de grande valor económico como o turismo, o desporto, a caça e pesca, fotografia e observação de aves e da natureza em geral.

No exercício prático foram apenas usados três métodos de propagação assexuada, estacaria, divisão de tufo/estolho e rizoma onde se obtiveram resultados positivos em todas. A produção em sistema hidropónico flutuante revelou-se tecnicamente possível, apesar dos problemas iniciais com as plantas aquáticas alóctones tropicais a começarem os testes em estados fitossanitários mais debilitados e a não se atingirem os controlos ambientais necessários a uma óptima produção. Resolvidos estes problemas obtiveram-se plantas em quantidade e de qualidade na maioria das espécies testadas, ficando os testes por prosseguir.

Neste exercício prático ficam perguntas por responder como: Será a produção de plantas aquáticas alóctones tropicais viável durante os fotoperíodos com menos de 12h sem que se adopte a aplicação de luz artificial? Ou qual a capacidade máxima de produção mensal?

Relativamente à análise económica confirmou-se através do inquérito existir um próspero mercado de trabalho em Portugal, com 88,8% dos inquiridos a preferir um produtor nacional, sendo que actualmente 81,9% das plantas adquiridas são produzidas no estrangeiro. Estimou-se ainda o potencial de plantas adquiridas pelos lojistas portugueses em 4945 plantas por mês, representando este número a produção média a ser atingida. Esta quantidade de plantas representaria rendimentos médios na ordem dos 5160€ por mês.

8. BIBLIOGRAFIA

- Alves, J. M. S., 2001. *Flora e vegetação de zonas húmidas*. Ponte de Lima, s.n.
- Barrett, P. R. F., Littlejohn, J. W. & Curnow, J., 2000. Long-term algal control in a reservoir using barley straw. *Developments in hydrobiology. Biology, Ecology and Management of aquatic plants*, Volume 147.
- Brilliantz, s.d. *Lumen*. [Consult. 28 Mar. 2013]. Disponível na internet:URL:<<http://www.brilliantz.co.uk/data/documents/Lumen.pdf>>.
- Brito, A., Cortes, R. & Ferreira, M. T., 2002. Vertebrados tetrápodes dulçaquícolas. In: *Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Ecologia, Gestão e Conservação*. s.l.:Instituto da água.
- Catarino, L., Moreira, I., Ferreira, T. & Duarte, M. C., 2001. *Plantas Aquáticas Infestantes de Valas e Canais*. Lisboa: ISA Press.
- Costa, J. C., 2001. *Plano de bacia hidrográfica das ribeiras do Oeste*. s.l.:Instituto Superior de Agronomia.
- Dias, A. A., 1988. As Zonas Húmidas Estuários do Tejo e do Sado. *Correio da Natureza*, Volume 1º trimestre, pp. 7-14.
- Dias, V. N., Pacheco, P. M. & Soutinho, E. A., 2000. *FITO-ETARs: mecanismos de depuração e papel das plantas*. [Consult. 28 Mar. 2013]. Disponível na internet:<URL:<http://www.aprh.pt/congressoagua2000/comunic/r_108.pdf>.
- Diver, S., 2006. *Aquaponics—Integration of Hydroponics with Aquaculture*. [Consult. 22 Abr. 2013]. Disponível na internet:<URL: <http://backyardaquaponics.com/Travis/aquaponic.pdf>>.
- Duarte, M. C. & Moreira, I., 2002. Suplemento 1. Composição florística e a grupamentos fitossociológicos dulçaquícolas. In: *Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Ecologia, Gestão e Conservação*. s.l.:Instuto da Água.
- Duarte, M. C. & Moreira, Í., 2009. *Flora aquática e ribeirinha*. s.l.:Administração da Região Hidrográfica do Algarve, I.P..
- Duarte, M. C., Moreira, I. & Ferrerira, M. T., 2004. *Flora de Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos Portugueses: Delimitação Taxonómica, Tipológica e Espacial*, s.l.: s.n.
- Edwards, G., 2011. *Aquarium plants: State of the art production*. [Consult. 29 Mar. 2013]. Disponível em WWW:<URL:<<http://www.practicalfishkeeping.co.uk/content.php?sid=3896>>.
- EPAL, s.d. *FICHA INFORMATIVA: O que é a dureza da água*. [Consult. 28 Mar. 2013]. Disponível em WWW:<URL:<www.epal.pt/Epal/Helios.aspx/download.aspx?id=2530>.
- FAO, F. a. A. D., 1994. *FAO: Food and Agriculture Organization - Aquatic plants and wetland wildlife resources of Nigeria*. [Consult. 29 Mar. 2013]. Disponível em WWW: <URL:<<http://www.fao.org/docrep/005/T3660E/T3660E02.htm>>.
- Ferreira, M. T., Duarte, M. C. & Moreira, I., 2002. Flora vascular dulçaquícola. In: *Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Ecologia, Gestão e Conservação*. s.l.:Instituto da água.
- Fernandes, Rosette Batarda, 1972. *Glossário de termos Botânicos*. [Consult. 29 Mar. 2013]. Disponível em WWW:<URL: http://www.uc.pt/herbario_digital/glossario/#top>.

- Filho, C. C. T., 2008. *Plantas Aquáticas: Contributo para a divulgação da sua importância*, Lisboa: Instituto Superior de Agronomia.
- Godinho, F. & Ferreira, M. T., 2002. Comunidades biológicas de albufeiras. In: *Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Ecologia, Gestão e Conservação*. s.l.:Instituto da água.
- Harris, D., 1994. *The illustrated guide to hydroponics*. London: New Holland (Publishers) Ltd.
- Hiscock, P., 2003. *Encyclopedia of aquarium plants*. s.l.:Barron's Educational Series, Inc..
- ICN, 2006. *Plano Sectorial da Rede Natura 2000*. [Consult. 28 Mar. 2013]. Disponível na internet: <URL:http://www.icn.pt/psrn2000/caracterizacao_valores_naturais/flora/Marsilea%20batardae.pdf>.
- ICN, 2009. *Revisão do Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa*, s.l.: s.n.
- James, B., 1997. *A Fishkeeper's Guide to. Aquarium plants*. Blacksburg: Tetra Press.
- Kasselmann, C., 2003. *Aquarium plants*. Florida: Krieger Publishing Company.
- Lansdown, R. V., Domingo, L. M., 2011. *Marsilea batardae*. [Consult. 29 Mar. 2013] Disponível em WWW:<URL:<http://www.iucnredlist.org/details/161966/0>>.
- Moreira, I., Ferreira, M. T., Aguiar, F. & Duarte, M. C., 2002. Plantas infestantes e invasoras de ecossistemas dulçaquícolas. In: *Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Ecologia, Gestão e Conservação*. s.l.:Instituto da água.
- Nasir, U. P., 2012. *Water quality assessment and isotope studies of Vembanad Wetland System*. [Consult. 28 Mar. 2013]. Disponível na internet: <URL:http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/3952/17/17_chapter%206.pdf>.
- Newman, J., 2004. *Aquatic Plant Management*. [Consult.16 Abr. 2013]. Disponível na internet: <URL :http://www.ceh.ac.uk/sci_programmes/documents/BarleyStrawtocontrolalgae.pdf>.
- Pereira, A. H., 2001. *Guia de requalificação e limpeza de linhas de água*, Lisboa: Instituto da água.
- Pinho, R., 2003. *Conhecer as Plantas nos Seus Habitats*. s.l.:Plátano-Edições Técnicas.
- PORDATA, s.d. *Poluição Atmosférica e Clima*. [Consult. 28 Mar. 2013]. Disponível em WWW<URL:<http://www.pordata.pt/Subtema/Portugal/Poluicao+Atmosferica+e+Clima-86>>.
- Rakocy, J. E., Masser, M. P. & Losordo, T. M., 2006. *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture*. [Consult. 22 Abr. 2013]. Disponível em WWW<URL:<https://srac.tamu.edu/index.cfm/event/getFactSheet/whichfactsheet/105/>>.
- Rataj, K. & Horeman, T. J., 1977. *Aquarium plants. Their identification, cultivation and ecology*. s.l.:T.F.H..
- Reis, M. & et al., 2001. *Cultura sem solo com reutilização dos efluentes, em estufa com controlo ambiental melhorado*, s.l.: s.n.
- Ribeiro, J. A., 2000. Flora e vegetação ribeirinha. In: *DOURO. Estudos & Documentos*. s.l.:s.n.
- Roberto, K., 1994. *How-to Hydroponics*. New York: The Futuregarden Press a division of Futuregarden, Inc..

Santos, G. M., 2005. *Piscinas ecológicas: conceito, execução e manutenção*. s.l.:Instituto Superior de Agronomia.

TNAU, s.d. *Agrometeorology: Relative Humidity and Plant Growth*. [Consult. 28 Abr. 2013]
Disponível em WWW:
<URL:http://agritech.tnau.ac.in/agriculture/agri_agrometeorology_relativehumidity.html>.

Tropica, 2007. *Tropica aquarium Plants*. 2º ed. Grenåvej: Tropica Aquarium Plants.

Volpe, H. X. L. et al., 2004. *Manejo de Renovação da Solução Nutritiva Para a Alface em Hidroponia*. [Consult. 29 Mar. 2013] Disponível em WWW:
<URL:<http://www.abhorticultura.com.br/Biblioteca/Default.asp>>.

Walstad, D. L., 1999. *Ecology of the Planted Aquarium. A Practical Manual and Scientific Treatise for the Home Aquarist*. Chapel Hill: Echinodorus Publishing.

Wilson, G., 2005. *Greenhouse Aquaponics Proves Superior to Inorganic Hydroponics*. [Consult. 22 Mar. 2013]. Disponível na internet:<URL:<http://aquaponicsjournal.com/docs/articles/Greenhouse-Aquaponics-Proves-Superior.pdf>>.

LEGISLAÇÃO CONSULTADA

Decreto-Lei n.º 565/99 de 21 de Dezembro, publicado em Diário da República

