

Relatório de Estágio no Aquário de Pula, Croácia

Inês Franco Gaspar

2022

Relatório de Estágio no Aquário de Pula, Croácia

Inês Franco Gaspar

Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em Aquacultura

Relatório de Estágio realizado sob a orientação do Doutor Sérgio Miguel Franco Martins Leandro, Professor da Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar do Politécnico de Leiria e sob supervisão da Doutora Milena Micic, diretora do Aquário de Pula.

2022

Título: Relatório de Estágio no Aquário de Pula, Croácia

Copyright © Inês Franco Gaspar

Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar - Instituto Politécnico de Leiria, 2022.

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

O conteúdo do trabalho apresentado é da exclusiva responsabilidade da autora, Inês Franco Gaspar. O presente relatório de estágio é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

*“Há mulheres que trazem o mar nos olhos
Não pela cor
Mas pela vastidão da alma*

*E trazem a poesia nos dedos e nos sorrisos
Ficam para além do tempo
Como se a maré nunca as levasse
Da praia onde foram felizes”*

-Sophia de Mello Breyner Andresen

***Para a minha mãe,
porque vives em mim.***

Agradecimentos

Porque seria impossível realizar este estágio sem a minha família, agradeço ao meu pai e à minha irmã por todo o suporte e carinho que me deram ao longo destes meses. Para além de dedicar este relatório à minha mãe, agradeço-lhe tudo o que fez por mim e porque lhe devo tudo o que sou, para sempre.

Agradeço a todos os meus amigos por estarem sempre presentes em todos os momentos, em especial ao Miguel por estar sempre aqui para mim, em tudo.

Agradeço também à Raquel por entender sempre os meus problemas e frustrações e as tornar sempre mais leves.

A toda a equipa do Aquário de Pula, em especial à Tamara e à Ilenia porque se tornaram minhas amigas e me darem a conhecer a cultura croata.

À diretora do Aquário de Pula, Milena Micic por ser sempre tão prestável e por me ter recebido tão bem.

Ao professor Sérgio Leandro por me ter orientado na realização deste estágio.

A todas as pessoas que de forma direta ou indiretamente tornaram esta aventura mais enriquecedora, obrigada.

Resumo

Estamos a viver numa época de profundas mudanças ecológicas. O crescimento da população humana, a sobre-exploração, a disseminação de doenças infecciosas e as rápidas mudanças climáticas ameaçam milhares de espécies selvagens em todo o mundo. Há décadas que os aquários têm sido incentivados a desempenhar um papel mais significativo no esforço global para combater a extinção de espécies, proteger habitats e, em geral, conservar a biodiversidade. Os aquários podem ter um papel fundamental na proteção e conservação de espécies marinhas bem como um papel de pesquisa e investigação para resolução de problemas existentes em vários ecossistemas marinhos. Este relatório relata a ideologia dos aquários públicos e a minha experiência em ter trabalhado no Aquário de Pula na Croácia bem como todas as tarefas que realizei. O objetivo é relatar as aprendizagens que tive durante esta experiência, nomeadamente explicar como desenvolvi e melhorei capacidades práticas na área da aquacultura, pondo em execução conceitos teóricos aprendidos no passado ano letivo no Mestrado de Aquacultura. O relatório descreve de forma geral o Aquário de Pula e a sua origem histórica, uma vez que fica inserido num antigo forte militar. Descreve todas as suas áreas, desde as exposições ao público até às áreas de trabalho em *backstage* como a maternidade e a quarentena. Relata os sistemas de suporte de vida existentes, desde os sistemas abertos aos fechados e como funcionam de forma geral. O relatório também explica as principais tarefas pelas quais fui responsável ao longo de 9 meses neste Aquário. Tarefas tais como a manutenção correta de sistemas e limpeza dos mesmos, manutenção da qualidade da água e alimentação dos organismos marinhos. Explica mais em detalhe o trabalho que realizei na zona da maternidade e de que forma se realizava a reprodução de diversas espécies tropicais importantes, como o famoso peixe-palhaço *Amphiprion clarkii* e variadas espécies de medusas. São explicados os programas de conservação existentes com as tartarugas marinhas e com o mexilhão *Pinna nobilis*, que se encontra fortemente ameaçado. No fim são descritas algumas análises críticas e propostas de melhoria e a conclusão geral deste estágio de mestrado. Este estágio permitiu-me alcançar com sucesso os objetivos por mim propostos e tornou o meu percurso académico e profissional mais promissor.

Palavras-chave: Aquários públicos, sistemas de suporte de vida, reprodução, conservação.

Abstract

Nowadays we live with strong ecological changes. Human population growth, overexploitation, the spread of infectious diseases and climate change threaten thousands of species across the world. Public aquariums have been encouraged for decades to protect endangered species and habitats. Aquariums can be important in protection and conservation of marine species and be part of research and investigation role to solve the main problems in marine ecosystems. This report explains the ideology of public aquariums and my work experience at the Pula's Aquarium, in Croatia. The aim of this report is to explain what I learned during this experience and how I developed and improved practical skills in aquaculture. This report describes Pula's Aquarium where the Adriatic is combined with the centennial military history of Pula. It describes all the aquarium, from the public exhibitions to the backstage areas (breeding and quarantine). It also explains the main tasks I was responsible for. Tasks such as the maintenance of systems and their cleaning, maintenance of water quality and feeding of marine organisms. It explains in more detail the work I did in breeding and how tropical species were reproduced, such as the famous clownfish *Amphiprion clarkii* and species of jellyfish. Also, it's important to talk about conservation programs with sea turtles and with the mussel *Pinna nobilis*, which is highly threatened. In the end, some critical analyzes and improvement proposals are described, as well as the general conclusion of this master's internship. This internship allowed me to successfully achieve the goals I proposed in the beginning. This experience enriched my academic and professional future.

Keywords: Public aquariums, life support systems, breeding, conservation.

Índice

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Lista de Figuras	x
1. Introdução	1
1.1. Breve história dos Aquários Públicos.....	1
1.2. Importância e atualidade dos Aquários públicos.....	2
1.3. Objetivos do estágio	4
2. Descrição geral do local de estágio – Aquário de Pula (Croácia)	5
2.1. Localização	5
2.2. Origem e história do Aquário de Pula	5
2.3. Missão e valores da instituição	8
2.4. Caracterização dos recursos humanos	9
3. Organização espacial e áreas exibicionais do Aquário de Pula.....	10
3.1. Espaços públicos.....	10
3.2. Áreas exibicionais do piso 0.....	10
3.2.1. Zona intertidal.....	11
3.2.2. Habitats sombrios	12
3.2.3. Habitats de areia	12
3.2.4. Crustáceos do Adriático.....	13
3.2.5. Pradarias marinhas.....	14
3.2.6. Espécies comercialmente importantes.....	14
3.3. Áreas exibicionais do piso 1	15
3.3.1. Mediterrâneo 1	15

3.3.2.	Mediterrâneo 2.....	16
3.3.3.	Recifes de coral	17
3.3.4.	Ecossistemas tropicais	17
3.3.5.	Mares do Norte	18
3.3.6.	Medusas	19
3.4.	Áreas exibicionais do piso 2.....	19
3.4.1.	Peixes de água doce e répteis	19
3.5.	Áreas exibicionais do piso -1.....	20
3.5.1.	Evolução dos períodos geológicos	21
3.5.2.	Ecossistemas de zonas húmidas	22
3.5.3.	Tartarugas terrestres	22
3.5.4.	Tartarugas semiaquáticas.....	23
3.6.	Espaço de maternidade e de quarentena	23
4.	Sistemas de suporte de vida existentes no Aquário de Pula	26
4.1.	Captação da água e reservatórios principais.....	26
4.2.	Aquários centrais de sistema fechado.....	29
4.3.	Aquários tropicais de sistema fechado	32
4.4.	Aquários de sistema aberto.....	34
4.5.	Maternidade e quarentena.....	34
5.	Tarefas desempenhadas ao longo do estágio.....	39
5.1.	Avaliação da qualidade da água	40
5.2.	Manutenção e limpeza	41
5.3.	Reprodução e manutenção de espécies na maternidade	42
5.3.1.	<i>Scyliorhinus canicula</i> e <i>stellaris</i> (Linnaeus, 1758)	42
5.3.2.	<i>Amphiprion ocellaris</i> (Cuvier, 1830) e <i>Amphiprion clarkii</i> (Bennett, 1830).....	44
5.3.3.	<i>Chiloscyllium plagiosum</i> (Bennett, 1830)	45
5.3.4.	Medusas	46
5.3.5.	Corais.....	49

5.3.6. <i>Lysmata wurdemanni</i> (Gibbes, 1850).....	51
5.4. Produção de microalgas.....	51
5.5. Produção de rotíferos.....	52
5.6. Produção de artémia	53
5.7. Mudança das instalações da maternidade.....	54
5.8. Programas de conservação.....	55
5.8.1. Tartarugas marinhas	55
5.8.2. <i>Pinna nobilis</i> (Linnaeus, 1758)	56
6. Análise crítica e proposta de melhoria	59
7. Conclusão	60
8. Bibliografia.....	61

Lista de Figuras

Figura 1 - Interior do Aquário Fish House em Londres (Circa, 1875).....	1
Figura 2 - Aquário de Pula.	5
Figura 3 - Localização do Aquário de Pula, Pula, Verudela, Croácia. (A) Croácia; (B) Pula; (C) Verudela.	5
Figura 4 – (A) Guarnição do Forte de Verudela; (B) Construção do forte.	6
Figura 5 - Projeto de reconstrução dos três pisos do aquário, nomeadamente dos três tanques centrais na antiga zona do bloco de artilharia.	7
Figura 6 - Processo de construção da cúpula.....	7
Figura 7 – (A) Aspeto inicial da estrutura externa do Aquário de Pula; (B) Aspeto final da estrutura externa do Aquário de Pula.....	8
Figura 8 – (A) Entrada principal do Aquário; (B) Loja de recordações.....	10
Figura 9 - Aquário central do piso 0.....	11
Figura 10 - Exibição da zona intertidal.	12
Figura 11 - Exibição dos habitats sombrios.....	12
Figura 12 - Exibição dos habitats de areia.....	13
Figura 13 - Exibição dos crustáceos do Adriático.....	13
Figura 14 - Exibição das pradarias marinhas.....	14
Figura 15 - Exibição das espécies comercialmente importantes.	15
Figura 16 - Aquário central do piso 1.....	15
Figura 17 - Exibição Mediterrâneo 1.....	16
Figura 18 - Exibição Mediterrâneo 2.....	16
Figura 19 - Exibição dos recifes de coral.	17
Figura 20 - Exibição dos ecossistemas tropicais.	18
Figura 21 - Exibição dos mares do Norte.	18
Figura 22 - Exibição das medusas.	19
Figura 23 - Aquário central de água doce do piso 2.....	20
Figura 24 - Iguana iguana.....	20
Figura 25 - Túneis de acesso ao piso -1.....	21
Figura 26 - Exibição da evolução.	21
Figura 27 - Paludário da exibição dos ecossistemas de zonas húmidas.	22

Figura 28 – (A) <i>Tartaruga Centrochelys sulcata</i> ; (B) tartarugas <i>Testudo hermanni</i>	23
Figura 29 - Exibição das tartarugas semiaquáticas.....	23
Figura 30 – (A) Área exterior da maternidade; (B) Área interior da maternidade.....	24
Figura 31 - Zona da quarentena.....	25
Figura 32 – (A) Torre de desgaseificação (a laranja); (B) Respetivos bio barreils.	27
Figura 33 - Reservatórios de 5m ³	28
Figura 34 - Reservatório de água destinado à zona da maternidade.	28
Figura 35 – (A) Aquário central do piso 0; (B) Aquário central do piso 1; (C) Aquário central do piso 2.....	29
Figura 36 - Bomba de calor.	30
Figura 37 - Puffer de 500L conectado à bomba de calor.....	30
Figura 38 - Permutador de calor.	31
Figura 39 - Interruptor do permutador.....	31
Figura 40 - Ecossistemas tropicais de sistema fechado.	32
Figura 41 - Compartimento com sistema de filtração do aquário.	33
Figura 42 - Compartimento com sistema de filtração do aquário.	33
Figura 43 – (A) Compartimento com sistema de filtração do aquário; (B) Reator.	33
Figura 44 - Exemplo de um aquário de sistema aberto.	34
Figura 45 - Galerias principais da maternidade.....	35
Figura 46 - Esquema da circulação da água das galerias da maternidade.....	36
Figura 47 – (A) Sistema dos corais moles; (B) Respetiva <i>sump</i>	37
Figura 48 - Tanques circulares da quarentena.	37
Figura 49 - Sistema do tanque circular da quarentena.....	38
Figura 50 - Aparelho regulador do nível da água.....	38
Figura 51 - Desempenho de tarefas na zona da maternidade.	39
Figura 52 - Limpeza do aquário dos corais na maternidade.....	41
Figura 53 - Organização dos ovos de <i>Scyliorhinus canicula</i> e <i>Scyliorhinus stellaris</i>	42
Figura 54 - Exemplo de um ovo de <i>Scyliorhinus canicula</i> viável (à direita) e de um ovo inviável (à esquerda).....	43
Figura 55 - Número de ovos eclodidos com sucesso de <i>S. canicula</i> e <i>S. stellaris</i>	43
Figura 56 - <i>Amphiprion clarkii</i> reprodutor.	44
Figura 57 - Desenvolvimento embrionário de <i>Amphiprion clarkii</i> durante 8 dias. Ovos observados ao microscópio binocular com uma ampliação de 100x.....	45

Figura 58 - Disposição dos ovos de tubarão bambu na maternidade.	46
Figura 59 - Medusa <i>Aurelia aurita</i>	46
Figura 60 - Fases de desenvolvimento da medusa <i>Aurelia aurita</i> observadas ao microscópio binocular. (A) Larva plânula (ampliação de 100x); (B) Pólipo (ampliação de 100x); (C) Pólipo em estrobilação (ampliação de 100x); (D) Éfira (ampliação de 40x).	47
Figura 61 - Pólipos de <i>Aurelia aurita</i>	48
Figura 62 – (A) Recipientes com pólipos de diferentes espécies; (B) Aquários circulares; (C) Tanques <i>kreisel</i>	49
Figura 63 - Aquário dos corais moles da maternidade.	49
Figura 64 - Fragmento de um coral duro a ser unido a uma rocha.	50
Figura 65 - Estrutura plástica para suportar os corais.	51
Figura 66 - Sistema de produção de microalgas.	52
Figura 67 - Sistema de produção de rotíferos.	53
Figura 68 - Sistema de produção de artémia.	54
Figura 69 - Construção dos sistemas da maternidade nas novas instalações.	55
Figura 70 - Reabilitação e tratamento de tartarugas marinhas.	56
Figura 71 - <i>Pinna nobilis</i> num dos aquários de exibição.	57
Figura 72 - Sistema fechado com exemplares juvenis de <i>Pinna nobilis</i> provenientes da ilha de Brioni, Croácia.	58

1. Introdução

1.1. Breve história dos Aquários Públicos

A popularização da observação da interação entre animais marinhos e plantas aquáticas em tanques de vidro pode ser atribuída ao naturalista e professor inglês Philip Henry Gosse (Brunner, 2005). Philip foi o primeiro a utilizar a palavra “aquário” para designar tais objetos num dos seus livros publicado em 1853.

Inicialmente, os aquários públicos foram quase sempre integrados em jardins zoológicos. O primeiro aquário público, criado por Philip Gosse, abriu portas em maio de 1853 no *Regent's Park*, em Londres (figura 1), pouco depois da invenção do próprio aquário (Brunner, 2005). Uma construção clássica de aço e vidro semelhante a uma estufa, chamada de *Fish House*, compreendia um grande número de pequenos aquários de água salgada e doce (Holdsworth, 1860). Alguns estavam presos às paredes, enquanto outros ficavam no meio da sala iluminada, coberta de ardósia para impedir a entrada da luz do sol e da poeira (Holdsworth, 1860). Uma vez que o aquário era uma invenção totalmente nova, um sistema de troca de água ainda era uma ideia distante da realidade sendo que a água salgada tinha de ser trazida diretamente do mar. Depois da abertura deste primeiro aquário em Londres, outros se seguiram como um aquário em Washington em 1857 (Brunner, 2005). Dois anos depois, em 1859 o aquário *Aquarial Gardens* abriu em Boston (Brunner, 2005).



Figura 1 - Interior do Aquário *Fish House* em Londres (Circa, 1875).

Na Europa, onde a competição para abrir o aquário mais impressionante estava em pleno andamento, um aquário foi desenvolvido em 1860 no *Jardin d'Acclimatation*, em

dos utilizados no *Fish House* de Londres. Todo o espaço se encontrava semi-escuro, a única fonte de luz emanava de cima e entrava na sala através dos tanques transparentes. A incidência precisa da luz era muito importante porque em demasia levaria a um elevado desenvolvimento de algas, resultando numa água turva com transparência reduzida. Também no ano de 1860 Gustav Jager abriu um aquário em Viena chamado *Viennese Aquarium*, sendo este considerado um dos primeiros aquários públicos da Europa (Brunner, 2005). Infelizmente este aquário não se conseguiu sustentar e fechou as suas portas ao fim de 4 anos.

A partir de então começou a haver avanços nas técnicas de aquarofilia relacionados não apenas com a estrutura dos tanques, mas também relacionados com o aquecimento da água, filtração e iluminação, permitindo manter não só espécies mais resistentes, como também as mais sensíveis de regiões tropicais e recifes de coral (Alves & Lechner, 2018).

1.2. Importância e atualidade dos Aquários públicos

Estamos a viver numa época de profundas mudanças ecológicas. O crescimento da população humana, a sobre-exploração, a disseminação de doenças infecciosas e as rápidas mudanças climáticas ameaçam milhares de espécies selvagens em todo o mundo (Minteer et al., 2018).

Há décadas que os aquários têm sido incentivados a desempenhar um papel mais significativo no esforço global para combater a extinção de espécies, proteger habitats e, em geral, conservar a biodiversidade (Andrews, 2018). Os aquários podem ter um papel fundamental na proteção e conservação de espécies marinhas bem como um papel de pesquisa e investigação para resolução de problemas existentes em vários ecossistemas marinhos. Os aquários são ativos na manutenção e reprodução de várias espécies de peixes selvagens ameaçados ou mesmo extintos, possibilitando o sucesso dessas espécies nos seus ecossistemas naturais (da Silva et al., 2019).

Para além da conservação e investigação, os aquários podem ter o papel de educar as novas gerações desenvolvendo projetos com as escolas e universidades. Os aquários também proporcionam interações únicas e altamente pessoais entre o visitante e os animais que nele habitam. Do ponto de vista da Psicologia da Conservação, muitos visitantes têm a capacidade de sentir as necessidades e perspetivas dos animais formando

um sentimento de empatia, e potencializando melhores comportamentos ambientais futuros perante uma espécie ou um habitat (Grajal et al., 2022).

Nas últimas três décadas, os aquários públicos estão a evoluir em todo o mundo. Novos aquários são construídos com conceitos e *designs* modernos e muitos aquários antigos foram renovados (Karydis, 2011). A missão dos aquários passa pela recreação, educação, conservação, investigação e benefícios sociais. Estas missões também ajudam a financiar os aquários por meio de projetos de investigação, conservação e educação, promovendo a colaboração entre aquários e instituições académicas. Publicações de livros e produções cinematográficas sobre a vida marinha aproximam a relação entre os visitantes e os organismos que habitam os aquários (Grajal et al., 2022). A contribuição dos aquários públicos para mudar as atitudes das pessoas em relação à natureza pode ser a chave para um futuro promissor.

Os aquários públicos têm muitos fatores positivos a dar à população e à natureza também. São muito importantes para aproximar o ser humano aos ecossistemas do nosso planeta e ensinar a preservá-los e estimá-los. Os aquários públicos também acabam por ser uma fonte importante de investigação e de conservação de espécies. No entanto, tem de haver um maior trabalho para que estas instituições se tornem mais conscientes a reduzir a pegada energética e o impacto ambiental na sua construção e operações. Especialmente no que diz respeito ao uso de água e de energia, deveria ser mais pensada a utilização de fontes renováveis para proveito das instalações e conseqüentemente do ambiente.

1.3. Objetivos do estágio

Este estágio de mestrado foi realizado na Croácia, especificamente no Aquário de Pula e teve como principais objetivos desenvolver e melhorar capacidades práticas na área da aquacultura, pondo em execução conceitos teóricos aprendidos no passado ano letivo no Mestrado de Aquacultura. Na prática, desenvolver competências ao nível da manutenção eficaz de organismos marinhos vivos, assegurando boas práticas da manutenção da qualidade da água e da manutenção dos sistemas de suporte de vida com mais segurança e aptidão. Decidi trabalhar estas competências num aquário público pois, da minha perspetiva, estaria em contacto com um maior número de espécies de organismos marinhos conseguindo assim ter mais versatilidade e diferentes experiências na minha aprendizagem.

Escolhi especificamente um aquário fora de Portugal, o Aquário de Pula na Croácia, para melhorar competências de integração social e profissional noutra país bem como competências linguísticas, tornando este desafio mais interessante e singular e adicionando um fator de dificuldade por ter de comunicar noutra língua.

Este estágio teve a duração de 9 meses, começando a 15 de setembro de 2021 e terminando a 15 de junho de 2022 e o presente relatório pretende apresentar os conhecimentos que adquiri ao longo deste tempo bem como as principais tarefas e atividades que desempenhei no Aquário de Pula. Será apresentada um pouco da história e funcionamento do Aquário de Pula, as suas áreas de exibição ao público, as zonas de trabalho de acesso exclusivo aos trabalhadores do Aquário, os sistemas de suporte de vida dos aquários, a metodologia de trabalho e as tarefas por mim desempenhadas ao longo destes 9 meses de trabalho. O relatório terminará com uma conclusão sobre perspetivas que tinha deste estágio e se estas foram cumpridas, bem como uma análise crítica e propostas de melhoria ao Aquário de Pula e a toda a sua equipa.

2. Descrição geral do local de estágio – Aquário de Pula (Croácia)

2.1. Localização

O Aquário de Pula (figura 2) é um aquário público localizado na cidade de Pula, na Croácia (Figura 3). Pula está situada no extremo sul da península de Ístria e é a maior cidade desta área. O Aquário encontra-se na região de Verudela.



Figura 2 - Aquário de Pula.

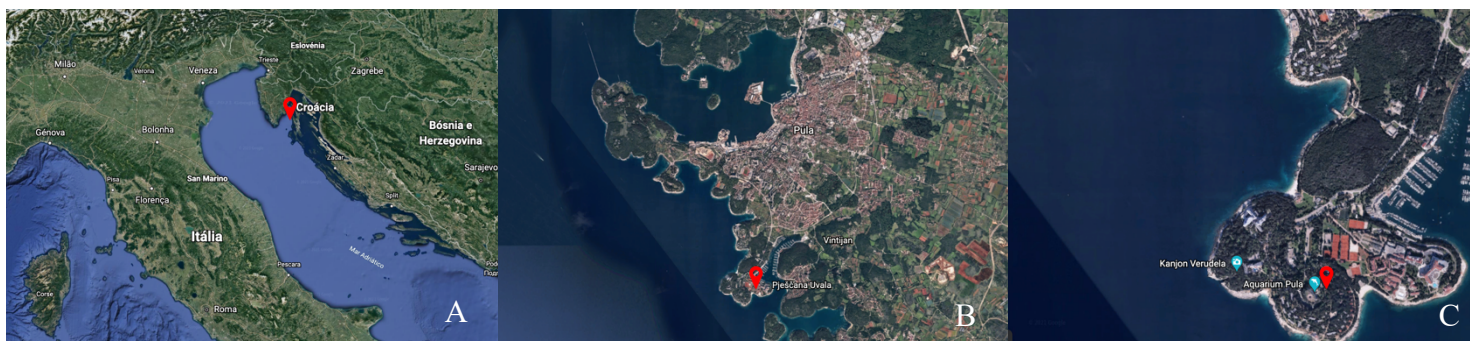


Figura 3 - Localização do Aquário de Pula, Pula, Verudela, Croácia. (A) Croácia; (B) Pula; (C) Verudela.

2.2. Origem e história do Aquário de Pula

O Aquário de Pula encontra-se situado no Forte de Verudela. Localizado a uma altitude de 31 metros, o forte de Verudela é um dos elementos que fez parte do sistema

de defesa costeiro Austro-Húngara de Pula. Este sistema compreendia 55 instalações de defesa no total, que protegiam a principal base naval austro-húngara em Pula.

Este forte foi construído e equipado durante os anos de 1881 a 1886 durante a monarquia Austro-Húngara, estando no seu domínio até 1918. A guarnição deste forte era em tempos composta por um comandante, quatro oficiais e uma centena de soldados que foram alojados nesta fortaleza (figura 4).

De 1918 a 1943 o forte esteve sob o domínio das forças militares italianas, e todos os objetos de metal foram removidos do forte, juntamente com os imponentes canhões que foram levados para a Itália onde foram derretidos. De 1943 a 1945, o forte foi usado pelas forças militares alemãs até à década de 1950, onde passou a ser propriedade da cidade de Pula.



Figura 4 – (A) Guarnição do Forte de Verudela; (B) Construção do forte.

Nas últimas décadas, o forte de Verudela caiu em desuso e ficou abandonado e coberto de vegetação. O bloco de artilharia central e a sua cúpula foram danificados e destruídos durante a Segunda Guerra Mundial. Isto aconteceu porque todos os objetos de metal, incluindo a cúpula de aço, foram transferidos para Itália em 1943 para fazer armas necessárias à guerra.

No ano de 2000, o aquário recebeu uma permissão para utilizar a fortaleza e iniciou uma restauração gradual de todo o edifício. Após vários anos a restauração do forte ficou finalizado, exceto o bloco de artilharia central, nomeadamente a cúpula.

Em 2007 foi iniciado um projeto de recuperação dessas áreas centrais. Como parte deste processo, a fortaleza foi oficialmente inscrita no Registo de Bens Culturais da República da Croácia em 2008.



Figura 7 – (A) Aspeto inicial da estrutura externa do Aquário de Pula; (B) Aspeto final da estrutura externa do Aquário de Pula.

Toda a construção interna é independente e não impacta nas paredes originais da fortaleza, podendo toda essa construção ser removida se necessário, sem alterar a estrutura do forte. A recuperação e revitalização deste espaço tem um valor social muito significativo para a cidade de Pula. Para além desse valor social, a inclusão e a sinergia de um aquário público com uma fortaleza histórica confere uma importância económica, ambiental e educacional muito significativa para esta região.

2.3. Missão e valores da instituição

A missão do Aquário de Pula é apresentar aos seus visitantes, de uma forma única, a riqueza do Mar Adriático uma vez que toda a costa da Croácia é banhada por ele. Também tem a missão de mostrar outras espécies de peixes de águas marinhas tropicais, e de água doce, principalmente provenientes de lagos e rios croatas.

O Aquário também tem a missão de preservar, perpetuar e contar a história do forte de Verudela, local onde as exposições de todos os aquários se encontram inseridas.

Para além de mostrar ao público uma grande variedade de organismos marinhos e répteis, o Aquário apresenta outros valores importantes tais como a educação das gerações mais novas, realizando diversas atividades em parceria com escolas e universidades e também a recuperação, conservação e o estudo de espécies em risco, como as tartarugas marinhas e o mexilhão de leque (*Pinna nobilis*).

2.4. Caracterização dos recursos humanos

O Aquário de Pula apresenta uma vasta equipa de trabalho. Coordenada pela diretora Milena Micic e adjuntos, este Aquário possui vários trabalhadores de várias áreas.

A equipa é constituída por um vasto leque de biólogos que asseguram o bem-estar e resolvem diversos desafios relacionados com os organismos vivos do aquário.

Para além dos biólogos também existe uma equipa de 5 aquaristas que realizam as rotinas de limpeza e alimentação de todo o Aquário.

Uma outra equipa é especificada nas limpezas. Esta é composta por 4 trabalhadores cuja função é assegurarem a higienização de todos os espaços públicos do Aquário, não incluindo os tanques e organismos vivos.

Também há uma equipa de 4 trabalhadores especializada em trabalhar sobre a mecânica, engenharia e construção das instalações do Aquário e dos sistemas de suporte de vida, assegurando que todas as instalações funcionam corretamente.

Na área do *marketing* há 2 trabalhadores a criar conteúdo e informação apelativa tanto para as redes sociais do Aquário como para os espaços educativos das exposições.

Na zona da entrada e da bilheteria existem mais 2 trabalhadores com função de acolher os visitantes, vender os bilhetes e estar ao encargo de todo o espaço da loja de recordações, que se localiza no mesmo espaço que a bilheteria.

Quando se realizam visitas guiadas a grupos, normalmente de crianças ou jovens, são os biólogos ou os trabalhadores da área do *marketing* que realizam essa visita guiada.

3. Organização espacial e áreas exibicionais do Aquário de Pula

3.1. Espaços públicos

A área da exibição ao público é essencialmente dividida em quatro pisos: -1, 0, 1 e 2. Os subcapítulos que se seguem explicam especificamente que habitats e ecossistemas existem em cada um desses pisos bem como as espécies de animais que neles existem. Simultaneamente será relatado o passado histórico de cada uma dessas salas, uma vez que toda a área da exibição está inserida no Forte de Verudela.

A entrada do forte (figura 8) costumava fazer parte de um fosso defensivo cuja entrada principal podia ser acedida através de uma ponte levadiça de madeira. Quando o forte foi adaptado para o turismo, na década de 1950, a ponte foi demolida e o fosso foi preenchido.

Atualmente, nesta entrada, encontra-se a zona de compra dos bilhetes e a loja de recordações do aquário, que em tempos foi um espaço destinado à proteção do forte, onde se encontrava abrigado um guarda de serviço.



Figura 8 – (A) Entrada principal do Aquário; (B) Loja de recordações.

3.2. Áreas exibicionais do piso 0

O espaço interior do piso 0, com uma área de 540 m², é dividido em 7 salas que contam a história do mar Adriático. Antigamente, as salas deste piso costumavam ser espaços para os soldados austro húngaros. Havia uma sala de recuperação para feridos e

respetivos enfermeiros, uma sala de caldeiras e de máquinas, uma dispensa, uma cozinha e uma sala que costumava albergar a central telefónica.

Neste piso, no meio do corredor, encontra-se um dos três aquários centrais com uma capacidade de 50000 litros. Este aquário (figura 9) é habitado por vários organismos característicos do mar Adriático que habitualmente vivem em mar aberto.



Figura 9 - Aquário central do piso 0.

3.2.1. Zona intertidal

A primeira sala à direita é a que aloja a exposição da zona intertidal do Adriático. (Figura 10). Na época do império austro húngaro este espaço continha a central telefónica. Esta zona é regida pelas marés e tem um impacto muito significativo em todos os organismos vivos na terra. A oscilação da maré alta e baixa no mar Adriático são muito menos pronunciadas do que outras áreas, tendo uma amplitude menos notória.

Nesta exposição podemos encontrar outras espécies representantes da zona entre marés, tais como o ouriço-do-mar-negro, *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758), que é uma espécie muito encontrada na costa do Mar Mediterrâneo mas também nas ilhas da Madeira e Açores, ilhas Canárias e na costa Atlântica da África Ocidental (Elakkermi et al., 2021), embora nesta costa seja menos comum do que nas primeiras. Também podemos encontrar alguns crustáceos como o camarão *Palaemon elegans* (Rathke, 1836), o caranguejo *Carcinus maenas* (Linnaeus, 1758), a santola *Maja crispata* (Risso, 1827) e o caranguejo

eremita *Dardanus calidus* (Risso, 1827). Aqui também habita o peixe *Salaria pavo* (Risso, 1810) e a anêmona *Actinia equina* (Linnaeus, 1758).



Figura 10 - Exibição da zona intertidal.

3.2.2. Habitats sombrios

Seguindo pelo corredor da esquerda encontramos a antiga sala das caldeiras e da câmara frigorífica. Hoje é nesta sala que se encontra a exibição dos habitats sombrios (figura 11) onde existem vários organismos marinhos que vivem em zonas com pouca luz e fortes correntes. Aqui habitam duas moreias, *Muraena helena* (Linnaeus, 1758) e outros peixes como *Balistes capriscus* (Gmelin, 1789), *Macroramphosus scolopax* (Linnaeus, 1758) e *Apogon imberbis* (Linnaeus, 1758).

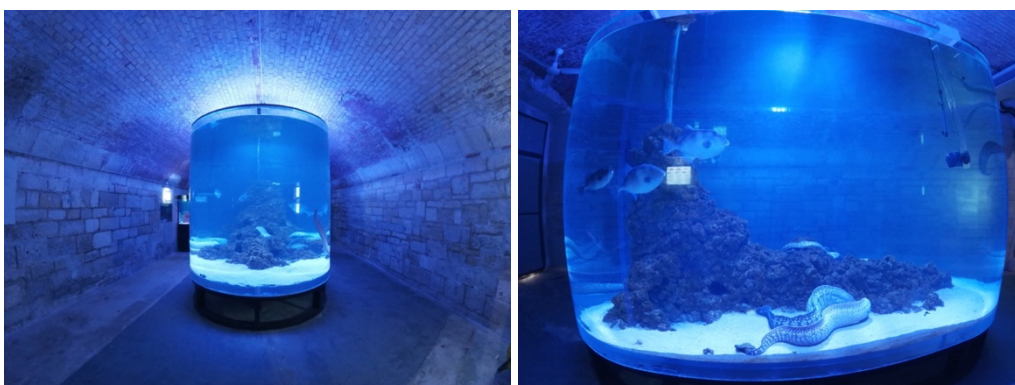


Figura 11 - Exibição dos habitats sombrios.

3.2.3. Habitats de areia

O espaço de um dos antigos quartos dos soldados é ocupado por um aquário grande e raso coberto de areia (figura 12). Aqui habitam as espécies de tubarão-gato *Scyliorhinus*

stellaris (Linnaeus, 1758) e *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758) e num outro aquário mais pequeno são mantidos os seus ovos e juvenis. Aqui também se encontra a raia *Raja clavata* (Linnaeus, 1758) e alguns peixes como o robalo *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) e a tainha *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758).



Figura 12 - Exibição dos habitats de areia.

3.2.4. Crustáceos do Adriático

A atual exibição dos crustáceos do Adriático (figura 13) costumava ser em tempos uma sala ocupada por soldados austro-húngaros doentes e feridos e respetivos enfermeiros. Aqui encontram-se três aquários pequenos de sistema aberto que contêm diferentes espécies de crustáceos: *Maja crispata* (Risso, 1827), *Palaemon elegans* (Rathke, 1836), *Calappa granulata* (Linnaeus, 1758), *Pisa nodipes* (Leach, 1815), *Scyllarus arctus* (Linnaeus, 1758). Para além dos crustáceos também encontram outros animais nestes ecossistemas como o ouriço *Cidaris cidaris* (Linnaeus, 1758), a anémoma *Anemonia sulcata* (Pennant, 1777) e o peixe *Gobius buccichi* (Steindachner, 1870)



Figura 13 - Exibição dos crustáceos do Adriático

3.2.5. Pradarias marinhas

A exibição das pradarias marinhas (figura 14) encontra-se num antigo quarto dos soldados. As pradarias marinhas são um dos habitats mais produtivos do mar e servem de local de alimentação, reprodução e de abrigo para inúmeros organismos, especialmente aqueles mais vulneráveis que se encontram nas primeiras fases de vida.

No aquário desta sala encontramos espécies de peixes como *Diplodus puntazzo* (Walbaum, 1792), *Diplodus sargus* (Linnaeus, 1758), *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758), *Symphodus tinca* (Linnaeus, 1758), *Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758), *Labrus merula* (Linnaeus, 1758), *Epinephelus costae* (Steindachner, 1878), *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) e *Sciaena umbra* (Linnaeus, 1758). Aqui também habita o crustáceo *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) e a estrela-do-mar *Marthasterias glacialis* (Linnaeus, 1758).



Figura 14 - Exibição das pradarias marinhas

3.2.6. Espécies comercialmente importantes

Uma outra exibição do piso 0 é a das espécies comercialmente importantes do Mar Adriático (figura 15). Aqui habita a dourada *Sparus aurata* e o robalo *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758), o sargo *Diplodus puntazzo* (Walbaum, 1792), a garoupa *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), o mexilhão *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) e a vieira *Aequipecten opercularis* (Linnaeus, 1758).



Figura 15 - Exibição das espécies comercialmente importantes.

3.3. Áreas exibicionais do piso 1

Ao chegar ao 1º andar, na parte central do Forte encontra-se um dos três aquários centrais (figura 16). Neste aquário habitam os tubarões tropicais das espécies *Triakis scyllium* (Müller & Henle, 1839), *Carcharhinus melanopterus* (Quoy & Gaimard, 1824), *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788) e *Triaenodon obesus* (Rüppell, 1837) e também a raia *Hypanus americanus* (Hildebrand & Schroeder, 1928)



Figura 16 - Aquário central do piso 1.

3.3.1. Mediterrâneo 1

A exibição do mediterrâneo 1 (figura 17) costumava ser uma área com elevadores para entrega de munição. Atualmente esta sala exibe um santuário de uma espécie de mexilhão, *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758), que se encontra fortemente ameaçada.

No aquário desta sala, em conjunto com *Pinna nobilis*, também habitam as espécies de peixe *Labrus merula* (Linnaeus, 1758), *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), *Mullus surmuletus* (Linnaeus, 1758), *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758), *Symphodus roissali* (Risso, 1810) e *Chelon auratus* (Risso, 1810).



Figura 17 - Exibição Mediterrâneo 1.

3.3.2. Mediterrâneo 2

A sala que em tempos servia para guardar granadas e explosivos de guerra, atualmente apresenta uma outra exibição de ecossistemas do Mediterrâneo (figura 18). Nesta exibição podemos encontrar três aquários grandes de sistema aberto com espécies muito presentes no mar Mediterrâneo. Aqui habitam peixes como *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758), *Argyrosomus regius* (Asso, 1801), *Pagellus acarne* (Risso, 1827), *Acanthurus xanthopterus* (Valenciennes, 1835), *Arothron hispidus* (Linnaeus, 1758), *Gymnothorax favagineus* (Bloch & Schneider, 1801) e *Glaucostegus typus* (Bennett, 1830). Aqui também podemos encontrar a estrela-do-mar *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783), muito comum no mar Mediterrâneo.

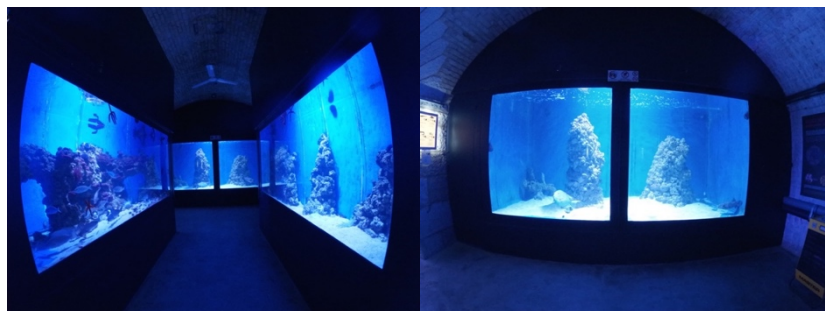


Figura 18 - Exibição Mediterrâneo 2.

3.3.3. Recifes de coral

A sala da exibição dos recifes de coral (figura 19) encontra-se conectada à exibição descrita anteriormente e, como tal, este espaço também era utilizado pelos soldados armazenarem instrumentos de guerra. Aqui existe um aquário comprido de sistema fechado com diversos corais tropicais do género *Acropora* e *Montipora*, e com algumas espécies como *Sinularia flexibilis* (Quoy & Gaimard, 1833) e *Euphyllia ancora* (Veron & Pichon, 1980). Neste ecossistema também habitam espécies de peixes tropicais muito comuns nos recifes como *Zebrasoma flavescens* (Quoy & Gaimard, 1833), *Zebrasoma scopas* (Cuvier, 1829), *Pterapogon kauderni* (Koumans, 1933) e *Paracanthurus hepatus* (Linnaeus, 1766).



Figura 19 - Exibição dos recifes de coral.

3.3.4. Ecossistemas tropicais

Uma das salas onde os soldados costumavam descansar, é hoje a exibição dos ecossistemas tropicais (figura 20). Aqui habitam vários organismos principalmente da família Syngnathidae, como os cavalos-marinhos *Hippocampus reidi* (Ginsburg, 1933) e *Hippocampus abdominalis* (Lesson, 1827) e o peixe *Aeoliscus strigatus* (Günther, 1861). Aqui também podemos encontrar *Heteroconger hassi* (Klausewitz & Eibl-Eibesfeldt, 1959), o camarão *Palaemon elegans* (Rathke, 1836) e os peixes *Enneapterygius similis* (Fricke, 1997), *Acreichthys tomentosus* (Linnaeus, 1758) e o famoso peixe-palhaço *Amphiprion ocellaris* que estabelece uma relação de simbiose com várias anêmonas tropicais (Cuvier, 1830).



Figura 20 - Exibição dos ecossistemas tropicais.

3.3.5. Mares do Norte

Também numa antiga sala de descanso dos soldados, atualmente encontra-se a exibição dos mares do Norte (figura 21). Aqui habitam peixes e invertebrados extremamente bem-adaptados a águas frias. Alguns destes peixes, como o Bacalhau do Atlântico adaptaram o seu metabolismo para produzir uma molécula anticongelante que impede que os seus fluidos corporais congelem nestas temperaturas tão baixas. Aqui podemos encontrar espécies de peixe como *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758), *Anarhichas lupus* (Linnaeus, 1758), *Eleginus nawaga* (Walbaum, 1792) e *Myoxocephalus scorpius* (Linnaeus, 1758). Também podemos encontrar o coral mole *Gersemia fruticosa* (Sars, 1860), o pepino do mar *Psolus phantapus* (Strussenfelt, 1765) e as anêmonas *Urticina eques* (Gosse, 1858) e *Metridium senile* (Linnaeus, 1761).



Figura 21 - Exibição dos mares do Norte.

3.3.6. Medusas

A exibição das medusas (figura 22) fica na antiga sala dos oficiais. As medusas, pertencentes ao filo cnidária, são um dos organismos mais antigos da Terra. Os seus corpos consistem em 98% de água e habitam na Terra há mais de 500 milhões de anos. Aqui podemos encontrar espécies como *Stomolophus meleagris* (Agassiz, 1860), *Cassiopea xamachana* (Bigelow, 1892), *Cotylorhiza tuberculata* (Macri, 1778), *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778) e *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758). Desta última espécie podemos perceber todo o seu ciclo de vida uma vez que a exibição contém vários aquários onde se apresentam os seus pólipos, éfiras, medusas juvenis e medusas adultas.



Figura 22 - Exibição das medusas.

3.4. Áreas exibicionais do piso 2

3.4.1. Peixes de água doce e répteis

Na partem mais elevada do forte, por baixo da cúpula, encontra-se o piso 2 onde é possível visitar várias espécies de peixes e répteis de água doce provenientes da América do Sul e Sudeste Asiático. Este espaço é composto pelo aquário central (figura 23) e por vários aquários mais pequenos ao seu redor. No aquário central podemos encontrar duas espécies de jacarés: *Caiman crocodilus* (Linnaeus, 1758) e *Paleosuchus palpebrosus* (Cuvier, 1807). A coabitar com os jacarés encontramos a piranha *Pygocentrus nattereri* (Kner, 1858), o peixe *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816), *Amphilophus citrinellus* (Günther, 1864) e *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831).



Figura 23 - Aquário central de água doce do piso 2.

Podemos encontrar outras espécies de peixe nos aquários ao redor do central tais como: *Pterophyllum scalare* (Schultze, 1823), *Chromobotia macracanthus* (Bleeker, 1852), *Toxotes jaculatrix* (Pallas, 1767), *Symphysodon aequifasciatus* (Pellegrin, 1904) e *Paracheiroidon innesi* (Myers, 1936). Para além destes peixes, nesta mesma sala também existem vários terrários com algumas espécies de répteis: o camaleão *Chamaeleo calytratus*, os lagartos *Eublepharis macularius*, *Lacerta viridis* e *Pogona vitticeps* e também a *Iguana iguana* (figura 24).



Figura 24 - *Iguana iguana*.

3.5. Áreas exibicionais do piso -1

No forte existem 2 íngremes túneis (figura 25). Um deles leva-nos à exibição da evolução e o outro leva-nos à exibição dos ecossistemas de zonas húmidas. Estes espaços situam-se nas extremidades do forte e eram ambas zonas onde se abrigavam guardas. A exibição das zonas húmidas tem acesso ao exterior do forte. No exterior encontra-se a exibição das tartarugas terrestres e semiaquáticas bem como a exibição das borboletas.



Figura 25 - Túneis de acesso ao piso -1.

3.5.1. Evolução dos períodos geológicos

As formas de vida mudaram ao longo dos períodos geológicos e essas transformações foram influenciadas por mudanças drásticas no ambiente que caracterizam a história do nosso planeta. Aqui encontra-se organismos de grande importância evolutiva como a tartaruga *Chelydra acutirostris* que foi praticamente inalterada pela evolução, mantendo uma morfologia praticamente igual aos períodos geológicos anteriores. Também se encontra o jacaré *Caiman crocodilos* (Linnaeus, 1758), a salamandra *Pleurodeles waltl*, ao artrópode *Limulus polyphemus* (Linnaeus, 1758) e o axolote *Ambystoma mexicanum* (figura 26).



Figura 26 - Exibição da evolução.

3.5.2. Ecossistemas de zonas húmidas

Nesta exibição há um paludário (figura 27) com diferentes espécies de anfíbios como a salamandra de fogo *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758), a salamandra de costelas salientes *Pleurodeles waltl* e o tritão alpino *Ichthyosaura alpestris*.

Saindo pela porta que dá acesso ao exterior existe um lago com diferentes espécies de sapos, entre as quais o sapo europeu de nome científico *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758).

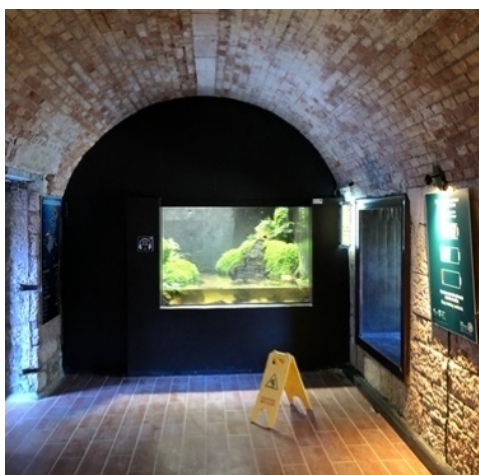


Figura 27 - Paludário da exibição dos ecossistemas de zonas húmidas.

3.5.3. Tartarugas terrestres

Na exibição das tartarugas (figura 28) podemos encontrar 7 exemplares da tartaruga de esporas africana de nome científico *Centrochelys sulcata* (Miller 1779). Estas tartarugas permanecem na área exterior do aquário nos meses de primavera e verão e nos meses de outono e inverno são transportadas para o interior, onde podem ter uma fonte de radiação ultravioleta artificial para se aquecerem. Também existem 3 tartarugas do mediterrâneo (*Testudo hermanni*) que foram resgatadas pelo Aquário e permanecem numa área cercada com terra e pedras. Nos meses de inverno esta espécie esconde-se na terra e hiberna, não sendo necessário mudá-las para o interior das instalações.

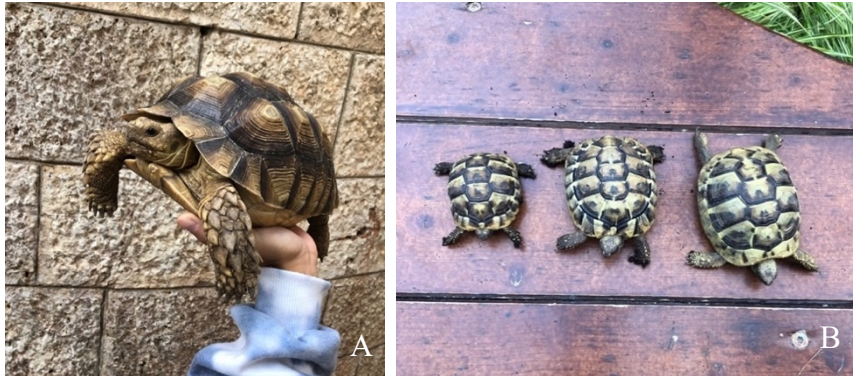


Figura 28 – (A) Tartaruga *Centrochelys sulcata*; (B) tartarugas *Testudo hermanni*.

3.5.4. Tartarugas semiaquáticas

Também há uma exibição destinada a tartarugas semiaquáticas que contem algumas espécies muito comuns como *Trachemys scripta elegans* e *Trachemys dorbigni*. Estas espécies habitam um lago no exterior (figura 29).



Figura 29 - Exibição das tartarugas semiaquáticas.

3.6. Espaço de maternidade e de quarentena

A maternidade (figura 30), originalmente designada por “*breeding area*” é uma das zonas mais importantes do Aquário. A maternidade encontra-se na Bateria de *San Giovanni*, a uns metros do forte.



Figura 30 – (A) Área exterior da maternidade; (B) Área interior da maternidade.

O objetivo da maternidade é realizar e acompanhar a reprodução de indivíduos bem como o desenvolvimento de larvas e juvenis de várias espécies marinhas do aquário. Para além disso, a maternidade também é a principal zona responsável pela produção de microalgas e alimento vivo (rotíferos, artémia e copépodes). A maternidade é uma área de *backstage*, isto é, não se encontra de livre acesso aos visitantes do aquário.

Durante os meses de março e abril o Aquário de Pula teve como objetivo transportar toda a maternidade da Bateria para uma nova instalação dentro do forte, para que ficasse mais próxima das exposições e facilitasse o transporte de espécies. Esta mudança permitiu-me aprender como desmontar, transportar e montar sistemas na íntegra sendo que esta mudança acabou por ser uma tarefa importante neste estágio e será apresentada mais em detalhe no capítulo das tarefas desempenhadas.

A zona da quarentena (figura 31) também se encontra na Bateria de *San Giovanni* e aloja os animais que chegam recentemente ao aquário e aqueles que, por algum motivo, precisam de ser separados dos animais da exposição. Quando há algum indício de letargia nos animais ou de patologia, estes são imediatamente transferidos para esta zona do Aquário até recuperarem.

Os animais que chegam recentemente às instalações permanecem na quarentena normalmente três semanas. Os animais com alguma patologia permanecem aqui o tempo necessário para que estejam saudáveis e aptos para regressarem à zona de exposição ao público.

Também é na quarentena que se encontram os tanques respetivos à reabilitação de tartarugas marinhas. De futuro, o Aquário pretende construir uma área específica só para a reabilitação destes animais.



Figura 31 - Zona da quarentena

4. Sistemas de suporte de vida existentes no Aquário de Pula

4.1. Captação da água e reservatórios principais

Este Aquário tem uma localização muito importante uma vez que fica muito perto do mar (entre 30 a 50 metros de distância). No geral, a maioria dos aquários públicos que estão localizados perto do mar utilizam essa mesma fonte de água para os seus sistemas uma vez que este é um recurso muito dispendioso.

Inicialmente, quando se começou a construção do Aquário, a água era captada através de uma bomba localizada numa praia perto das instalações. Esta bomba tinha uma capacidade de 7,5 kilowatts (kW) de potência e conseguia captar água a mais de 70 metros de profundidade. Porém, o problema desta bomba era que a água captada não vinha com a qualidade desejada. Como a água era captada diretamente do mar, no verão a água era demasiado quente e no inverno demasiado fria. Para além disso, quando o vento era desfavorável, a água não se apresentava totalmente límpida. Para remediar esse problema o Aquário instalou uma fonte de filtração, mas ainda assim a água não tinha as propriedades desejadas.

Como este sistema de captação de água não estava a funcionar adequadamente, o Aquário começou a usar bombas de captação do tipo *borehole*. As bombas *borehole* são um tipo de bomba centrífuga submersível que pode ser submersa em grandes profundidades. Normalmente, estas bombas são projetadas para caberem em orifícios estreitos (furos) que são perfurados para extrair água dos lençóis freáticos ou aquíferos abaixo do solo. Devido às profundidades a que os furos são perfurados, estes possuem normalmente um diâmetro estreito. Estas bombas são vendidas de acordo com o tamanho do furo e com a pressão. As bombas usadas no Aquário têm 10 centímetros de diâmetro e 45 metros de profundidade.

No Aquário existem três bombas deste tipo: duas delas têm uma potência de 4kW e a outra tem uma potência de 2,2kW. Estas três bombas captam água do mar sem quaisquer pausas. Desta forma, a água captada passou a ser límpida sem qualquer tipo de poluentes. Pensa-se que isso ocorre porque esta zona do Adriático tem um tipo de morfologia cárstica, ou seja, caracteriza-se pela dissolução e corrosão das rochas formando uma série de canais com fraturas tais como cavernas e grutas. Esses canais e

grutas acabam por servir como um tipo de filtro mecânico retendo as partículas indesejadas que se encontrem na água.

A maquinaria principal do Aquário encontra-se numa pequena instalação de madeira no ponto mais alto do forte (na zona do “telhado”) uma vez que a água é captada, tratada e direcionada para os sistemas através da gravidade.

Em termos de qualidade de água, os únicos fatores que o Aquário tem de ter mais em consideração é o facto de que os níveis de oxigénio da água estão sempre um pouco abaixo do pretendido bem como o pH. Para resolver a baixa concentração de oxigénio e pH, o Aquário possui uma torre de desgaseificação (figura 32). Esta torre possui ventiladores e *bio barrels* cuja função é causar agitação na água para que o dióxido de carbono extra seja removido e o oxigénio seja formado.

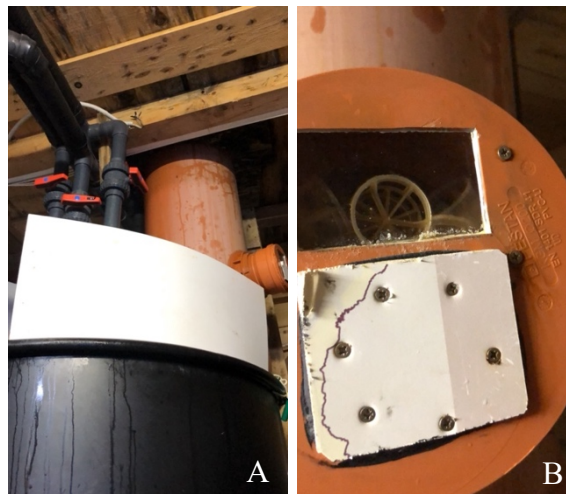


Figura 32 – (A) Torre de desgaseificação (a laranja); (B) Respetivos *bio barrels*.

Existem dois reservatórios de 5m³ que contêm a água captada do mar (figura 33). Estes reservatórios funcionam da mesma forma, mas o Aquário decidiu implementar dois reservatórios de 5m³ em vez de um reservatório de 10m³ por questões de dimensão.



Figura 33 - Reservatórios de 5m³.

Cada um destes reservatórios possui interruptores de flutuação. Estes aparelhos funcionam para controlar o nível da água no reservatório, quando esta chega ao limite máximo (por exemplo um aquário tem o seu sistema temporariamente fechado). O interruptor possui uma esfera metálica no seu interior que com o movimento desencadeia um sinal que desativa a bomba de água impedindo que esta chegue ao reservatório.

Neste espaço do telhado existe um outro reservatório destinado apenas à zona da maternidade (Figura 34). Neste reservatório a água é aquecida e é tratada com um filtro ultravioleta, uma vez que as espécies da maternidade são maioritariamente juvenis e reprodutores, logo as condições da água têm de permanecer sempre nas melhores condições.

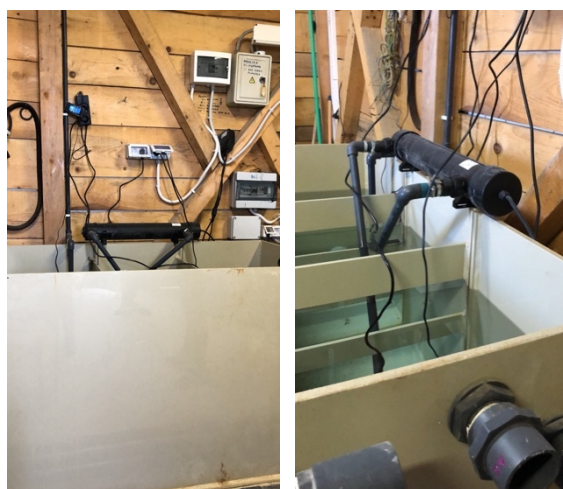


Figura 34 - Reservatório de água destinado à zona da maternidade.

A grande maioria dos aquários de exibição são de sistema aberto, isto é, a nova água que entra no aquário vem dos reservatórios do telhado referidos anteriormente. Esta água não é recirculada, ou seja, não existem *sumps* nem sistemas de filtração nestes aquários, tornando a sua manutenção simples.

Outra parte dos aquários de exibição são de sistema fechado, nomeadamente os pequenos aquários com espécies tropicais e os três grandes aquários centrais.

4.2. Aquários centrais de sistema fechado

Os três grandes aquários centrais (figura 35) possuem 50000 litros cada um, estes encontram-se distribuídos pelo piso 0, 1 e 2 exatamente no mesmo local central da infraestrutura do aquário. No aquário central do piso 0 estão peixes característicos do Mar Adriático. No aquário central do piso 1 podemos encontrar tubarões tropicais. O aquário central do piso 2 é de água doce e podemos encontrar animais como o jacaré e outros peixes de água doce.



Figura 35 – (A) Aquário central do piso 0; (B) Aquário central do piso 1; (C) Aquário central do piso 2.

Para aquecer a água de um dos aquários centrais (o de água doce do piso 2) o Aquário utiliza uma bomba de calor (*water pool heat pump*) representada na figura 36.



Figura 36 - Bomba de calor.

Essa bomba trabalha em simultâneo com um *puffer* de 500L (figura 37). Este reservatório serve para assegurar que a bomba de calor funciona corretamente e evitar que se ligue e desligue com frequência.



Figura 37 - *Puffer* de 500L conectado à bomba de calor.

Uma vez que a bomba de calor para piscina não está programada para ser utilizada com água marinha, para os outros aquários centrais marinhos, são utilizados permutadores de calor (figura 38).



Figura 38 - Permutador de calor.

A água marinha vinda do reservatório do “telhado” entra no permutador de calor para ser aquecida. Este aparelho possui pequenas placas feitas de titânio que se encontram muito próximas umas das outras, deixando poucos milímetros de distância entre elas. Estas placas funcionam como “contra corrente” fazendo com que a transferência de calor seja muito eficiente. Em relação ao material, as placas do permutador são feitas de titânio uma vez que é um elemento impermeável à água marinha não ficando degradado ao longo do tempo.

Uma vez que não é necessário que a água flutue sempre para o permutador, e uma vez que isso iria causar um desperdício de água, o Aquário instalou um interruptor (figura 39) que controla a passagem da água pelo permutador.

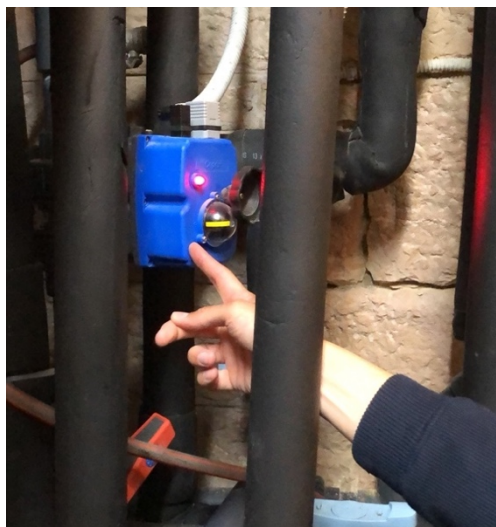


Figura 39 - Interruptor do permutador.

Na filtração destes tanques centrais fazem parte filtros de areia com 900Kg de areia.

4.3. Aquários tropicais de sistema fechado

Na zona de exibição dos ecossistemas tropicais existem 4 aquários de 600L, cada um deles com um sistema fechado e um aquário de formato cilíndrico (figura 40).



Figura 40 - Ecossistemas tropicais de sistema fechado.

Em baixo destes aquários existe um compartimento que possui uma pequena *sump* onde a água é filtrada. Nas figuras 41, 42 e 43 podemos observar três diferentes *sumps* desses aquários. Por gravidade a água é direcionada para a *sump* onde existe um termostato, uma vez que se trata de ecossistemas tropicais. Nas *sumps* existe uma bomba que redireciona a água para um filtro externo ou para um escumador de proteínas e outra para um reator. Uma outra bomba de maior potência direciona a água de volta ao aquário. Todas as *sumps* também têm uma saída de água no topo do recipiente para o caso de a água exceder o seu limite máximo. Desta forma conseguimos evitar que a água transborde.



Figura 41 - Compartimento com sistema de filtração do aquário.



Figura 42 - Compartimento com sistema de filtração do aquário.

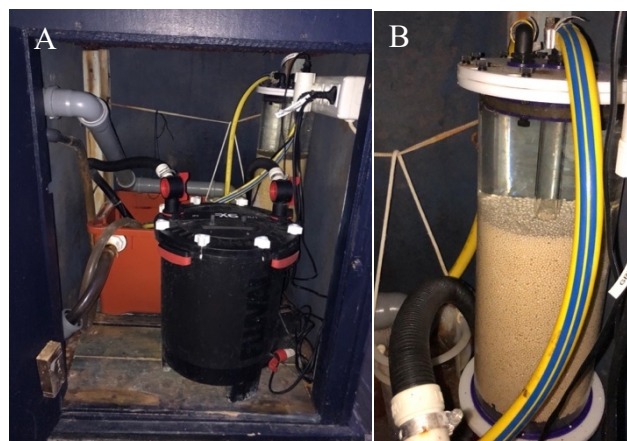


Figura 43 – (A) Compartimento com sistema de filtração do aquário; (B) Reator.

4.4. Aquários de sistema aberto

A maioria dos aquários de exibição ao público são de sistema aberto (Figura 44). O aquário tem uma entrada e uma saída de água não havendo filtragem nem renovação da mesma. Quer o canal de entrada de água quer o de saída possuem sempre válvulas permitindo controlar a entrada e saída do fluxo de água na limpeza e manutenção dos aquários.



Figura 44 - Exemplo de um aquário de sistema aberto.

4.5. Maternidade e quarentena

A zona da maternidade é extremamente importante para o funcionamento de todo o Aquário uma vez que realiza a manutenção e reprodução das principais espécies tropicais da exibição.

Os organismos mantidos na maternidade são reprodutores e respetivos ovos e juvenis, e como tal, os seus sistemas exigem um cuidado especial para que a água se mantenha sempre nas melhores condições possíveis, sendo estes sistemas maioritariamente fechados.

Os reprodutores mais importantes da maternidade, nomeadamente das espécies *Amphiprion ocellaris* e *Amphiprion clarkii* encontram-se inseridos nas galerias principais

(figura 45). Estas galerias funcionam aos pares, isto é, existe uma *sump* para cada dois aquários. As espécies desses sistemas tinham de exigir sempre as mesmas condições de qualidade e parâmetros de água, uma vez que esta recircula pelos dois aquários.



Figura 45 - Galerias principais da maternidade.

Cada uma das *sumps* das galerias é composta por uma bomba de água que impulsiona a água da *sump* para os aquários, um escumador de proteínas com uma bomba de água conectada, um termostato (quando necessário) e filtração biológica.

Nas respectivas tubagens de entrada de água para os aquários encontra-se conectada uma válvula para controlar o fluxo da mesma.

A tubagem de saída de água dos aquários encontra-se sempre à superfície dos mesmos e protegida com uma rede fina para que juvenis e ovos não entrem na tubagem. Todos os aquários têm arejamento. Este arejamento está implantado em grande escala na maternidade, utilizando bombas de ar.

Na figura 46 está representado um esquema da circulação da água das galerias da maternidade.

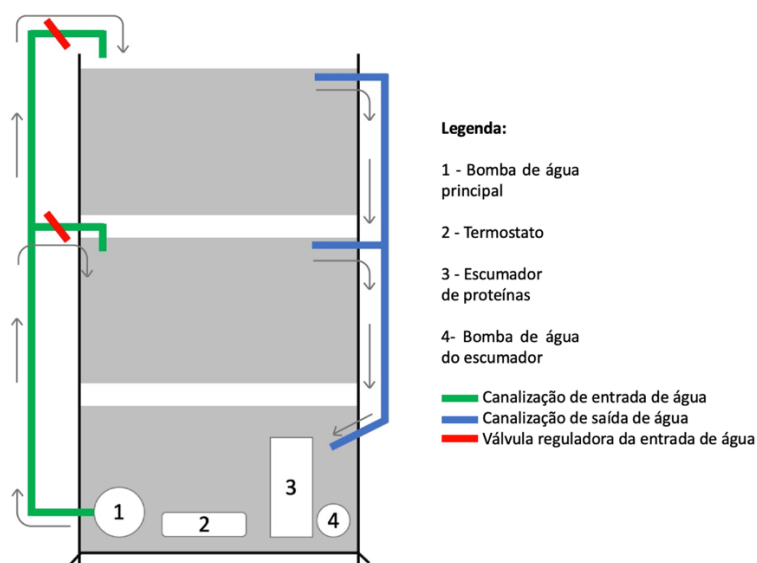


Figura 46 - Esquema da circulação da água das galerias da maternidade.

Também na maternidade se realiza a manutenção e reprodução de corais e como tal, estes também têm o seu espaço e sistema próprio.

Existem dois sistemas diferentes para os corais, um deles engloba os corais duros e o outro os corais moles, uma vez que exigem diferentes parâmetros de qualidade de água, diferentes intensidades de luz e diferentes temperaturas (figura 47).

Embora exijam diferentes parâmetros, estes dois sistemas funcionam de igual forma. Ambos têm uma *sump* com três compartimentos. A água vinda do aquário desce pela ação da gravidade até ao primeiro compartimento da *sump*. Neste compartimento existem pedras e esqueletos de coral para que ocorra filtração biológica e também um escumador de proteínas. De seguida, a água é direcionada para um reator, através de uma bomba de água. Este reator possui rochas no seu interior que para além de promoverem a filtração biológica, também promovem a libertação de cálcio para a água, sendo este elemento benéfico para o desenvolvimento dos corais. Depois passa também por um compartimento que possui algas, nomeadamente do género *Glacilaria* e *Chaetomorpha*.

Estas algas são utilizadas para melhorar a qualidade da água, nomeadamente controlar os valores de fosfatos. Porém, só estes sistemas possuem algas devido ao seu custo elevado e também à necessidade de estarem numa *sump* que tenha um compartimento destinado às mesmas (para que não sejam atraídas pela bomba de água).

Os esqueletos de coral acabam por ter uma função importante no sistema dos corais duros. Para além de serem filtros biológicos, libertam cálcio para a água potencializando o crescimento destas espécies.

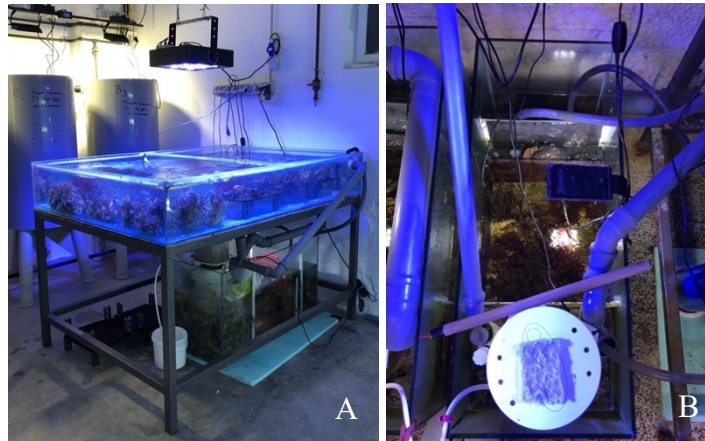


Figura 47 – (A) Sistema dos corais moles; (B) Respetiva *sump*.

Na área da quarentena existem vários tanques circulares de sistema aberto onde a água está em constante renovação (figura 48). A maioria dos tanques apenas possui um escumador de proteínas e alguns deles possuem um *chiller* para regular a temperatura da água.



Figura 48 - Tanques circulares da quarentena.

No entanto, na quarentena existe um tanque circular de maiores dimensões e de sistema fechado onde existe um escumador de proteínas que foi construído pelo Aquário especificamente para um projeto em tempos relacionado com tartarugas marinhas. Neste

sistema a água passar pelo escumador e também por um filtro de areia. Para que este circuito funcione são utilizadas duas bombas centrífugas da *AstralPool* que são não são específicas para utilizar com água marinha, mas que, no entanto, servem para este sistema (figura 49).



Figura 49 - Sistema do tanque circular da quarentena.

Neste tanque existe um aparelho regulador do nível da água, diferente do interruptor de flutuação mencionado no capítulo dos reservatórios principais. Este aparelho tem vários sensores e quando a água atinge a “vareta” mais pequena a bomba de água é desligada automaticamente (figura 50). Quando o nível da água volta a descer, a bomba é novamente ligada e o circuito é restabelecido. ,

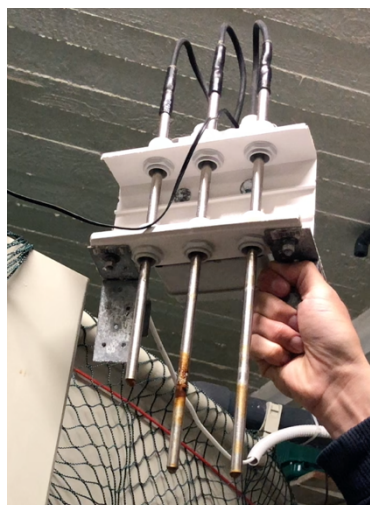


Figura 50 - Aparelho regulador do nível da água.

5. Tarefas desempenhadas ao longo do estágio

A maioria das tarefas que desempenhei ao longo destes meses no Aquário de Pula foram maioritariamente na zona da maternidade (figura 51). Pessoalmente, a maternidade é a área mais interessante e que engloba os principais trabalhos de um biólogo marinho e aquacultor. Para além de realizar o cultivo de diversas espécies de animais, que é o seu maior objetivo, também é a área responsável pela produção de alimento vivo (microalgas, rotíferos, copépodes e artémia) e pela investigação científica bem como propostas de melhoria a problemas nos aquários da exibição. Para além disso, é na área da maternidade que se mede a qualidade da água de todos os aquários presentes na exibição ao público bem como dos aquários da própria maternidade. Uma vez que as tarefas desempenhadas neste local são tarefas mais enriquecedoras e relacionadas com a aprendizagem teórica no passado ano deste mestrado de aquacultura, decidi permanecer mais tempo nesta zona e desempenhar mais atividades aqui também.



Figura 51 - Desempenho de tarefas na zona da maternidade.

O meu trabalho no Aquário, nomeadamente na maternidade, teve sempre início às 8h da manhã e foi estipulado desde início um conjunto de rotinas que teria de realizar todas as manhãs de forma autónoma. A primeira tarefa de todas a realizar era a medição dos parâmetros de todos os sistemas da maternidade, com uma sonda multiparamétrica. Essa foi sempre a primeira tarefa do dia para que, caso houvesse alguma alteração na

temperatura, salinidade ou nível de oxigénio da água durante a noite, se pudesse reajustar esse valor o mais rápido possível. Para além disso, enquanto media os parâmetros de todos os sistemas também era a minha função observar atentamente se havia algum tipo de anomalia nos sistemas de filtragem bem como alguma alteração anormal no comportamento dos animais. Nesta área dá-se muita relevância aos parâmetros da água porque se trabalha maioritariamente com organismos em fase de vida juvenil e que, como tal, estão numa fase de vida mais sensível.

Também de manhã era o meu dever realizar a limpeza de alguns aquários da maternidade bem como manter a integridade de todos os sistemas de filtragem desta área.

No período da tarde, ao decorrer do dia, eram-me estipuladas diferentes atividades consoante a necessidade das mesmas. Essas atividades variavam desde a manutenção da qualidade da água, à alimentação, à manutenção e limpeza dos sistemas, à produção de alimento vivo e também tarefas específicas para a reprodução e manutenção de juvenis de diversas espécies. Essas tarefas serão explicadas mais em pormenor nos capítulos que se seguem.

5.1. Avaliação da qualidade da água

A medição da temperatura, oxigénio dissolvido e salinidade dos aquários da maternidade eram medidos todos os dias pela manhã através da sonda multiparamétrica. Já a medição dos nitratos, nitritos, amónia e fosfatos era realizada todas as quartas-feiras.

Em relação aos aquários da exibição ao público, a medição da qualidade da água era feita sempre todas as segundas-feiras. Neste dia media-se os parâmetros principais com a sonda e retirava-se uma amostra de água de todos os aquários de sistema fechado. De cada uma dessas amostras avaliava-se os valores de nitratos, nitritos, amónia e fosfatos. Ao todo, retirava-se amostras de 15 aquários diferentes.

Nos aquários que continham corais também se avaliava os valores de cálcio, carbonato e magnésio.

5.2. Manutenção e limpeza

Para além da alimentação dos animais, principalmente os da maternidade, uma outra tarefa era a manutenção e limpeza. Dependendo das necessidades de cada espécie, os aquários eram limpos diariamente. Na zona da exibição e da quarentena, a equipa de aquaristas realizava a limpeza dos aquários de acordo com um planeamento estruturado para o efeito. Na zona da maternidade era da minha responsabilidade e também seguindo indicações que me iam dando, realizar as limpezas dos aquários. Para isso utilizava diferentes utensílios para conseguir esfregar as paredes e também para sifonar toda a sujidade (figura 52). Nos aquários que continham areia, esta tinha de ser toda retirada com uma rede e lavada com água em pressão. Depois, era reposta no aquário com todo o cuidado para que houvesse o mínimo de *stress* nos peixes. Todas as sextas-feiras era realizada a limpeza de todos os escumadores de proteínas dos sistemas da maternidade e nesse mesmo dia da semana era importante que todos os aquários ficassem impecáveis uma vez que ao fim de semana se dava prioridade a outro tipo de tarefas.



Figura 52 - Limpeza do aquário dos corais na maternidade.

5.3. Reprodução e manutenção de espécies na maternidade

5.3.1. *Scyliorhinus canicula* e *stellaris* (Linnaeus, 1758)

Scyliorhinus é um género de tubarões-gato da família Scyliorhinidae. No Aquário é realizada a reprodução das espécies *Scyliorhinus canicula* e *Scyliorhinus stellaris*.

Uma das minhas primeiras tarefas quando este estágio iniciou foi organizar os ovos destas duas espécies num aquário. O objetivo era, por um lado ser fácil de realizar a manutenção e acompanhamento dos ovos e recém-nascidos, mas por outro lado, tornar o Aquário apelativo e educativo ao público.

Organizei mais de 200 ovos num aquário utilizando *sticks* de plástico e cordas para que os ovos ficassem organizados, numerados e numa posição vertical (figura 53). Dessa forma poderia acompanhar cada ovo de forma individual e registar o seu progresso, nomeadamente a data de postura e data de eclosão de cada juvenil. Estes ovos estavam num aquário de sistema aberto, onde não havia qualquer tipo de filtração e onde a água era constantemente renovada. Este sistema apenas continha uma bomba de recirculação para fazer fluir e circular a água e também uma luz conectada a um temporizador analógico para que se pudesse simular as horas de luz e de escuridão.

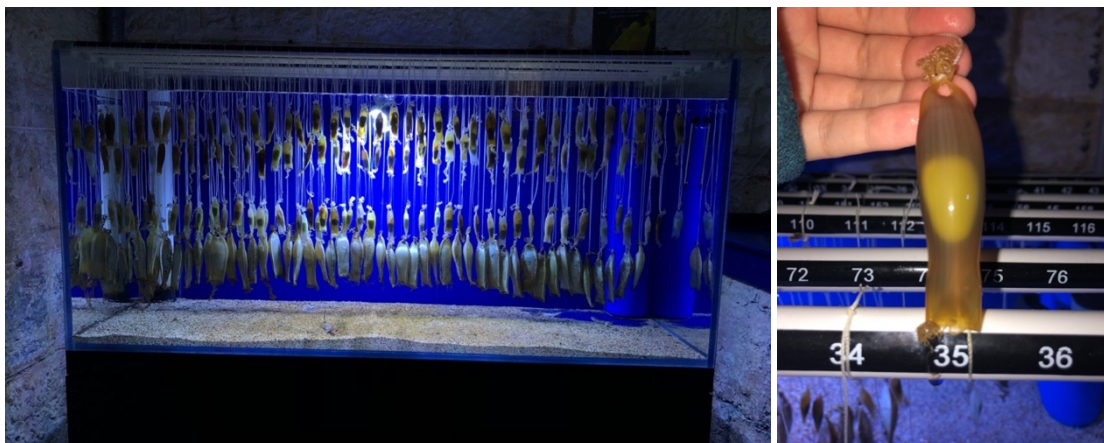


Figura 53 - Organização dos ovos de *Scyliorhinus canicula* e *Scyliorhinus stellaris*.

Esta foi mais uma das minhas importantes tarefas todas as manhãs. Observar atentamente os ovos registrando aqueles que eventualmente iam eclodindo e registrando os que ficavam inviáveis (figura 54).



Figura 54 - Exemplo de um ovo de *Scyliorhinus canicula* viável (à direita) e de um ovo inviável (à esquerda).

Para além disso, também todas as manhãs tinha de alimentar os juvenis destas duas espécies que permaneciam num outro aquário individual, ao lado dos ovos. Estes juvenis eram alimentados com cubos de peixe previamente descongelados. A alimentação era feita com o auxílio de uma pinça.

Durante alguns meses realizei a contagem do número de indivíduos que nasciam saudáveis para ambas as espécies. Esta contagem encontra-se representada na figura 55.

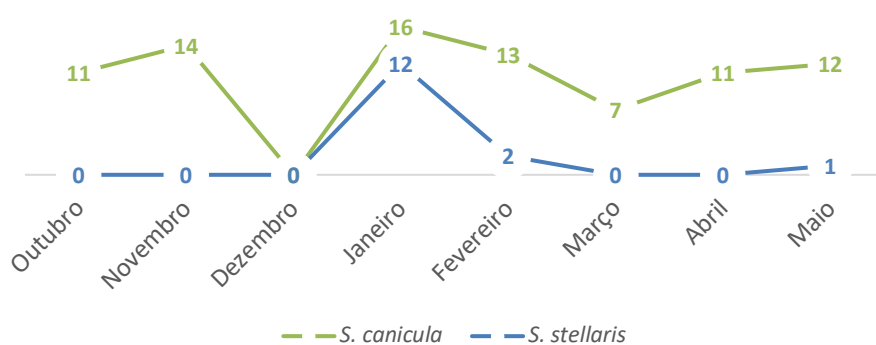


Figura 55 - Número de ovos eclodidos com sucesso de *S. canicula* e *S. stellaris*.

No Aquário, os indivíduos *S. canicula* encontravam-se mais adaptados comparativamente a *S. stellaris* e, como tal, houve um maior número de posturas e ovos eclodidos.

5.3.2. *Amphiprion ocellaris* (Cuvier, 1830) e *Amphiprion clarkii* (Bennett, 1830)

Os peixes *Amphiprion ocellaris* e *Amphiprion clarkii* são também muito importantes para o Aquário e como tal muito produzidos na maternidade.

Amphiprion ocellaris, de nome comum peixe palhaço é um dos peixes ornamentais mais requeridos e comercializados em todo o mundo (Soman et al., 2021). Também *Amphiprion clarkii* é um peixe muito conhecido e atraente para os aquários públicos. Os métodos de reprodução e manutenção destas duas espécies são muito semelhantes.

No Aquário os reprodutores de cada espécie eram mantidos num sistema fechado com arejamento, substrato de areia e um vaso de argila para a desova (figura 56).



Figura 56 - *Amphiprion clarkii* reprodutor.

A temperatura era de 25°C e a salinidade variava entre 33 a 34. Estes reprodutores realizavam posturas a cada duas semanas, aproximadamente. O tempo de eclosão dos ovos era variável, mas durava aproximadamente de 10 a 15 dias. Como tal, por volta do 9º dia o vaso de argila com os ovos era cuidadosamente movido para um novo aquário vazio e mantido às mesmas condições de temperatura e salinidade. Este aquário continha um fluxo de água direcionado para os ovos para promover uma leve movimentação, oxigenando-os. O aquário era forrado à volta para que os ovos eclodissem na escuridão. Numa das desovas de *Amphiprion clarkii* fui observando os desenvolvimento embrionário dos ovos ao microscópio e fiz um registo fotográfico desde o primeiro dia da desova até dia anterior à eclosão (figura 57).

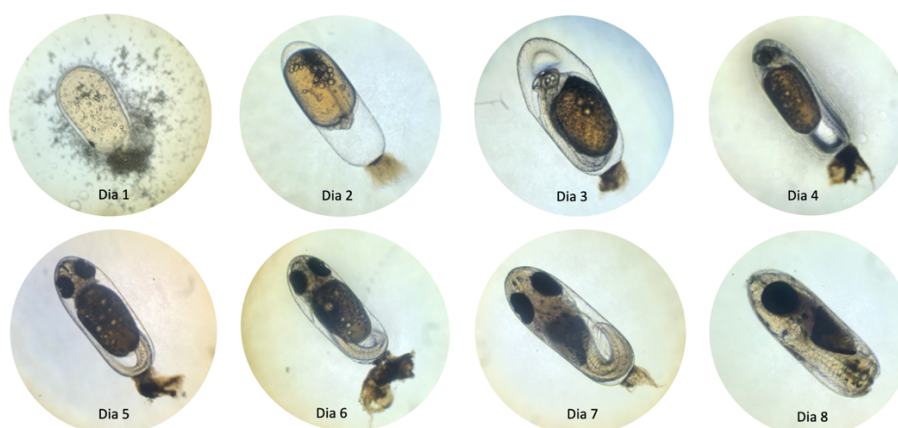


Figura 57 - Desenvolvimento embrionário de *Amphiprion clarkii* durante 8 dias. Ovos observados ao microscópio binocular com uma ampliação de 100x.

Os ovos fertilizados são em forma de cápsula cobertos pelo córion liso e transparente. No primeiro dia o vitelo ocupa todo o espaço da cápsula. No segundo a gema já não ocupa toda a cápsula, havendo a formação de um espaço perivitelino (Madhu et al., 2012). No terceiro dia é visível a formação do corpo do peixe sendo que no quarto dia é possível observar-se os seus olhos. A quantidade de vitelo vai diminuindo com o passar dos dias, diminuindo consequentemente a reserva e disponibilidade de nutrientes, uma vez que estes estão a ser absorvidos. Com o passar dos restantes dias nota-se, de forma geral, um desenvolvimento da formação e coloração dos olhos, observa-se o batimento cardíaco, movimentos da cauda, desenvolvimento das barbatanas pélvicas e peitorais e desenvolvimento da boca. No oitavo dia o embrião ocupa todo o espaço da cápsula do ovo, não havendo mais reservas vitelinas, e realiza movimentos contorcidos muito evidentes. Neste último dia o embrião está pronto a eclodir.

5.3.3. *Chiloscyllium plagiosum* (Bennett, 1830)

O tubarão bambu *Chiloscyllium plagiosum* é uma espécie muito comum em aquários públicos de todo o mundo devido à sua longevidade, fácil reprodução e devido ao seu tamanho pequeno (Wyffels et al., 2021). Estes tubarões são ovíparos e reproduzem-se a cada 7 dias durante um ciclo anual de postura de 2 a 3 meses.

O seu ciclo de vida inclui reprodução sexuada, onde o macho liberta esperma para a água fertilizando os óvulos da fêmea. Depois de fertilizados, os ovos são libertados em forma de larva, chamada plânula. Estas larvas apresentam forma oval e são totalmente ciliadas, movendo-se pela coluna de água. Esta larva move-se até encontrar um substrato e fixar-se nele, começando assim uma nova fase sésil que pode durar muito tempo. A larva agora passou a ser um pólipo que produz clones de si mesmo. Estas colónias de pólipos desenvolvem-se até ocorrer a estrobilação, isto é, quando o pólipo sofre várias alterações até criar e libertar várias éfiras. As éfiras são medusas em estado juvenil e este tipo de reprodução assexual permite que as éfiras cresçam e, após atingirem a maturidade, sejam consideradas medusas adultas. Ao longo do meu estágio fui aprendendo e observando todas estas fases de vida na maternidade e registei fotograficamente algumas das observações que fiz ao microscópio (figura 60).

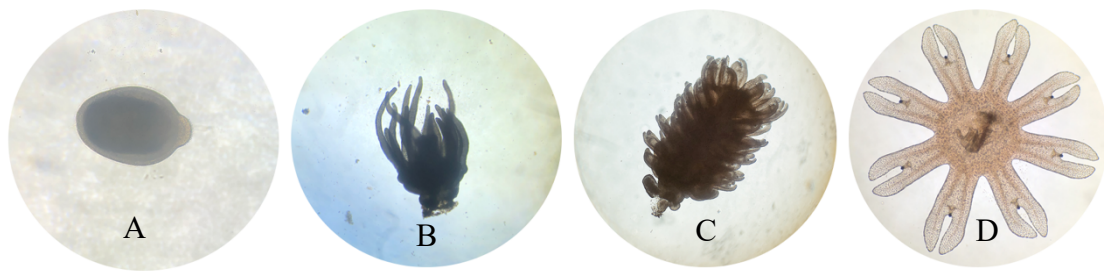


Figura 60 - Fases de desenvolvimento da medusa *Aurelia aurita* observadas ao microscópio binocular. (A) Larva plânula (ampliação de 100x); (B) Pólipo (ampliação de 100x); (C) Pólipo em estrobilação (ampliação de 100x); (D) Éfira (ampliação de 40x).

Na maternidade havia sempre pólipos de *Aurelia*. Estes pólipos estavam divididos por vários aquários pequenos numerados (figura 61) e eram alimentados com artémia (aproximadamente 1mL) durante 4 semanas. Ao fim desse tempo, o aquário era movido para dentro de um recipiente com água a 10°C, mantida com um *chiller*, e forrado para que o ambiente fosse sempre escuro.



Figura 61 - Pólipos de *Aurelia aurita*.

Estas condições induziam os pólipos em stress e ao fim de 1 mês entravam em fase de estrobilação. Quando isso acontecia, os aquários eram retirados do escuro e mantidos a uma temperatura superior a 10°C novamente. Todos os dias eram alimentados com artémia e era verificada a presença de éfiras. Quando se verificavam, estas eram retiradas do aquário com uma pipeta e transferidas para um aquário circular com arejamento no centro. Ao fim de algumas semanas, quando o seu crescimento era significativo eram transferidas para um aquário do tipo *kreisel*.

Também tínhamos pólipos de outras espécies de medusa tais como: *Stomolophus meleagris* (Agassiz, 1860), *Cassiopea xamachana* (Bigelow, 1892), *Cotylorhiza tuberculata* (Macri, 1778), *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778) e *Phyllorhiza punctata* (Lendenfeld, 1884). A sua manutenção passava por recolher as éfiras quando ocorria estrobilação e colocá-las em tanques circulares seguindo de tanques *kreisel* (figura 62) até crescerem e estarem prontas para irem para a exibição. Cada espécie tinha a sua temperatura e salinidade ótimas. No caso da medusa *Cassiopea xamachana*, esta não era mantida num tanque *kreisel*, mas sim num aquário de formato retangular.



Figura 62 – (A) Recipientes com pólipos de diferentes espécies; (B) Aquários circulares; (C) Tanques *kreisel*.

5.3.5. Corais

Para manter a exibição dos recifes de coral sempre rica em espécies, na maternidade também era realizada a reprodução e manutenção de corais, tanto moles como duros. Era importante manter sempre exemplares das principais espécies, para o caso de ocorrer algum problema nos corais da exibição e também se ia adquirindo novas espécies oferecidas por outros aquários públicos.

Na maternidade havia dois aquários grandes com corais (figura 63). Num deles eram mantidas espécies de corais duros e no outro espécies de corais moles.

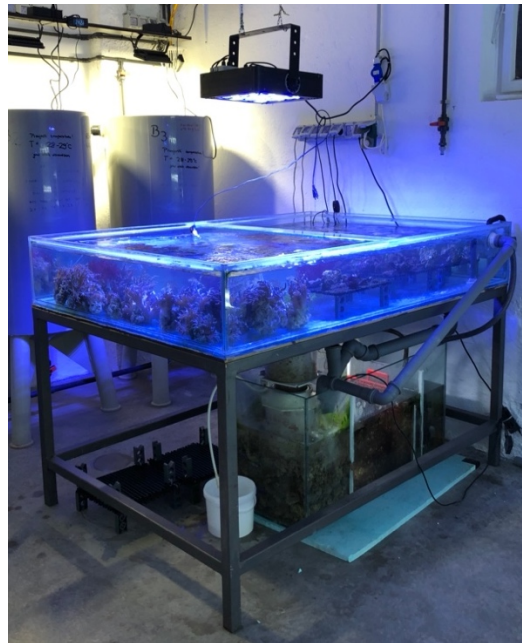


Figura 63 - Aquário dos corais moles da maternidade.

Alguns exemplos das principais espécies existentes na maternidade são: *Fimbriaphyllia divisa* (Veron & Pichon, 1980), *Montipora digitata* (Dana, 1846), *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) e espécies do género *Ricordia*, *Merulina*, *Duncan*, *Milepora*, *Cynarina*, *Pocillopora*, *Hydnophora* e *Stylophora*.

Os corais podem reproduzir-se de forma sexual ou assexual. Na reprodução sexual ocorre a libertação de óvulos e espermatozoides na coluna de água, ocorrendo a união

desses gâmetas que gera um embrião que se desenvolverá numa larva Plânula (Heemsoth, 2014). Estas larvas podem sobreviver na coluna de água por mais de 100 dias (Shlesinger & Loya, 2019), o que permite a sua dispersão e propagação a longas distâncias. Como tal, a Plânula fica em suspensão na água até encontrar um substrato ideal para se fixar, formando colónias que se vão transformar em pólipos. A maioria dos corais são hermafroditas, produzindo tanto gâmetas femininos como masculinos.

Na reprodução assexuada, um único organismo dá origem a outro que terá apenas genes do progenitor, sendo um clone deste (Heemsoth, 2014). Existem diferentes estratégias de reprodução assexuada sendo que na maternidade a estratégia utilizada era a de fragmentação. A fragmentação é quando um pedaço de coral é quebrado do coral original. Isto pode acontecer de forma intencional ou não (por meio de tempestades ou perturbação humana). Este fragmento pode crescer e desenvolver-se num coral maduro, iniciando novas colónias.

Na maternidade realizava-se a fragmentação de corais de diferentes formas consoante fosse uma espécie de coral duro ou mole. No caso dos corais duros, estes eram fragmentados com um alicate e estes fragmentos eram unidos a um pedaço de rocha (figura 64). Esta união era feita com uma massa especial. Esta rocha era posta sobre uma estrutura plástica (figura 65) para que a água circulasse por debaixo, não causando acumulação de sedimentos. No caso dos corais moles não se utiliza nenhuma massa própria, apenas de colocava o fragmento numa rocha com algum orifício. Com o tempo o próprio coral agarra-se à rocha e cresce naturalmente.



Figura 64 - Fragmento de um coral duro a ser unido a uma rocha.

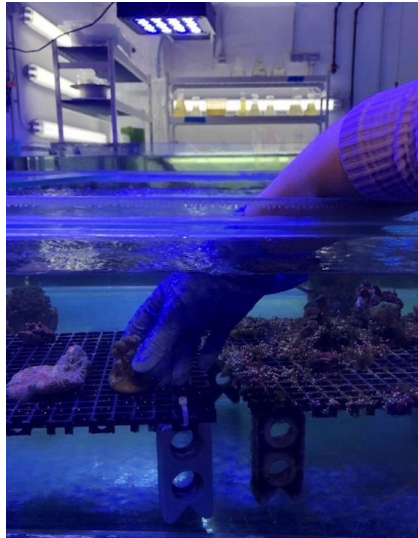


Figura 65 - Estrutura plástica para suportar os corais.

5.3.6. *Lysmata wurdemanni* (Gibbes, 1850)

Na maternidade também eram produzidos camarões, da espécie *Lysmata wurdemanni*. Para haver a reprodução desta espécie mantínhamos vários reprodutores num aquário de sistema fechado. Todos os dias, antes de ir para casa tinha de fechar a entrada de água do aquário para que se houvesse desova durante a noite as larvas se mantivessem dentro do aquário. Quando os ovos eclodiam tinha de transferir as larvas para um novo aquário de sistema fechado com as mesmas condições de temperatura e salinidade do sistema dos reprodutores. Estes eram alimentados com rotíferos 2 vezes por dia e mais tarde com artémia.

5.4. Produção de microalgas

As microalgas são organismos unicelulares, planctónicos e autotróficos. Representam o primeiro elo da cadeia alimentar e são produzidas como alimento direto para organismos filtradores, para o cultivo larvar de peixes marinhos e também são utilizadas na produção de rotíferos (Ferreira, 2009). As espécies a produzir devem cumprir certos requisitos biológicos e nutritivos consoante o objetivo da sua produção.

As espécies de microalgas produzidas no Aquário de Pula são a *Isochrysis galbana* (Parke, 1949), *Nannochloropsis* (D.J.Hibberd, 1981) e *Tetraselmis* (F.Stein,

1878) sendo que sempre se deu mais importância à produção de *Isochrysis* uma vez que possui um valor nutricional mais elevado que as restantes.

Para se produzir estas microalgas utilizava-se cilindros de acrílico (figura 66). Misturava-se água de osmose reversa com sal até se obter uma salinidade de 36. Colocava-se 10mL de hipoclorito de sódio com arejamento durante 24h. Passado esse tempo adicionava-se 1g de tiosulfato para neutralizar o hipoclorito. Depois de deixar o tiosulfato atuar, adicionava-se nutrientes na medida de 1mL para 1L de água. Deixava-se com arejamento e intensidade luminosa até as microalgas proliferarem.

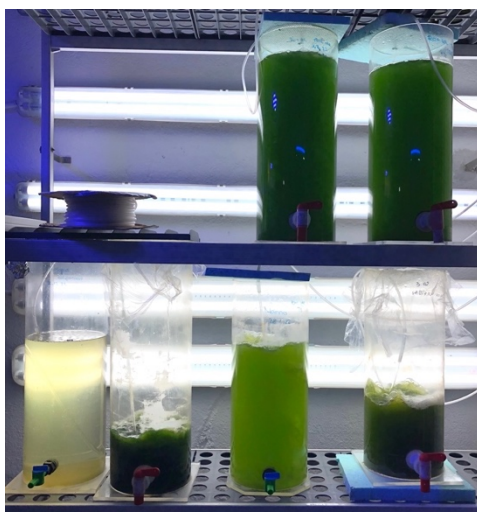


Figura 66 - Sistema de produção de microalgas.

5.5. Produção de rotíferos

A alimentação das fases larvares é um período muito sensível e crítico. Para alimentar essas fases larvares é necessário cultivar espécies de zooplâncton, uma vez que estas são nutricionalmente e em termos de tamanho adequadas às fases iniciais de vida de muitos organismos marinhos (Ferreira, 2009). Para além disso, estas espécies apresentam um rápido crescimento e conseguem atingir densidades elevadas num curto período. Com isso é possível adquirir alimento diariamente e de forma constante, assegurando a sobrevivência e crescimento das fases larvares de muitos organismos marinhos.

Brachionus plicatilis (Müller, 1786) é uma espécie eurihalina que atinge dimensões de 120 a 300µm e cresce entre 2 a 97 de salinidade (Ferreira, 2009). Para além do seu

tamanho, é uma espécie muito utilizada porque se pode melhorar o seu valor nutricional através do uso de dietas de enriquecimento especializadas (Delbos et al., 2019). Este enriquecimento pode ser feito com microalgas e produtos comerciais específicos para esse fim.

No Aquário, o sistema de produção de rotíferos *brachionus plicatilis* (figura 67) consiste num conjunto de 4 recipientes cilindro-cónicos plásticos transparentes com arejamento. Quando água tinham um tom menos esverdeado, era necessário adicionar mais microalgas ao meio para que os rotíferos se pudessem alimentar. Os stocks desta espécie eram mantidos em separado. Para o cultivo dos rotíferos não era realizada uma contagem nem controlo laboratorialmente não havendo um protocolo estabelecido para manter este cultivo desta espécie nas condições ideais.



Figura 67 - Sistema de produção de rotíferos.

5.6. Produção de artémia

A *Artemia* spp. (Leach, 1819), é um crustáceo branquiópode que habita em todos os continentes em salinas ou lagos salgados. Os seus ovos são cistos em diapausa adaptando-se a condições ambientais muito adversas (FAO, 2022). Quando estes cistos são hidratados dão origem a novos organismos. A artémia pode medir cerca de 0,45 mm e 1,5 cm em fase adulta (Ferreira, 2009).

Para a produção de artémia, o Aquário utiliza 3 tanques (figura 68). Adiciona-se água do mar ao tanque até 15cm abaixo da saída de água. De seguida adiciona-se 65ml de hipoclorito de sódio para que a água seja esterilizada. O arejamento é ligado com a intensidade máxima e são também ligados termostatos para que a água esteja sempre nas temperaturas ideais (28-29°C). Passado 24h, adiciona-se 6,6g de tiosulfato de sódio no tanque para neutralizar o hipoclorito. Após 10-15min o arejamento é desligado e os ovos de artémia são adicionados à água. O arejamento é novamente ligado e na manhã seguinte abre-se a saída de água permitindo o escoamento da artémia para um sistema que permite que as larvas recém-eclodidas se separem das suas cascas.



Figura 68 - Sistema de produção de artémia.

5.7. Mudança das instalações da maternidade

Durante os meses de março e abril, para além de todas as rotinas e tarefas diárias normais ajudei ativamente na mudança das instalações da maternidade. Estas foram movidas da Bateria de *San Giovanni* para junto das exposições no forte principal.

Esta mudança acaba por ser uma tarefa importante que desempenhei neste estágio porque me permitiu aprender mais em detalhe como proceder para desmontar um sistema inteiro por completo, transportar em segurança as espécies que lá existiam e montar novamente esse sistema noutra local (figura 69). Foi importante ter em conta a segurança dos organismos durante o seu transporte e a manutenção dos parâmetros da água sempre estáveis.



Figura 69 - Construção dos sistemas da maternidade nas novas instalações.

5.8. Programas de conservação

5.8.1. Tartarugas marinhas

As tartarugas marinhas desempenham um papel muito importante nos ecossistemas marinhos sendo essenciais para manter os habitats estáveis, ajudando a balançar a cadeia trófica. Estes animais estão a ser cada vez mais ameaçados pelas ações antropogénicas e o seu declínio, em número, apresenta efeitos negativos no equilíbrio dos nossos oceanos.

No aquário existe um centro de resgate e recuperação de tartarugas marinhas que provisiona tratamento veterinário e todas as condições necessárias para a reabilitação destes animais.

A reabilitação de tartarugas marinhas no Aquário de Pula começou desde o início, isto é, desde o ano de 2000. A República da Croácia declarou as tartarugas marinhas como animais protegidos em 1995. Em 2012 foi estabelecido um plano de ação em caso de se encontrar uma tartaruga morta, doente ou ferida.

Até à data, no Aquário, já foram tratadas mais de 170 tartarugas *loggerhead*. Esta espécie migra longas distâncias e visita diferentes habitats durante a sua vida. Devido aos seus hábitos alimentares, as tartarugas *loggerhead* entram frequentemente na zona norte do mar Adriático, que é um mar onde a vida marinha é muito diversificada e abundante e, como tal, o local ideal para a alimentação destes animais.

Muitas tartarugas marinhas são encontradas feridas no mar e nas praias da costa Adriática não só por pescadores e marinheiros, mas também pelas pessoas que passeiam ao longo da costa. A probabilidade de sobrevivência dessas tartarugas feridas iria ser muito baixa se os cuidados e tratamentos necessários não lhes fossem fornecidos.

Ao longo destes meses de estágio pude experienciar e participar em diversas atividades com tartarugas marinhas (figura 70). Aprendi vários procedimentos importantes na reabilitação destes animais, como por exemplo a remoção correta de cracas da carapaça e a injeção de soros e antibióticos.



Figura 70 - Reabilitação e tratamento de tartarugas marinhas.

5.8.2. *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758)

Para além da do Aquário estar envolvido na conservação de tartarugas marinhas, também está muito focado no mexilhão de leque, de nome científico *Pinna nobilis* (figura 71).



Figura 71 - *Pinna nobilis* num dos aquários de exibição.

Este mexilhão representa o maior bivalve endêmico do Mar Mediterrâneo e pode viver até aos 50 anos fazendo parte de um dos habitats mais produtivos (Scarpa et al., 2020). Desde 2016 tem havido uma mortalidade em massa desta espécie que já foi observada em várias áreas (Scarpa et al., 2020). Esta mortalidade foi associada à presença de um parasita, *Haplosporidium pinnae*, que em sinergia com a bactéria *Mycobacterium sherrisii*, matou populações inteiras na Espanha e, em 2020, esses agentes patogénicos dispersaram-se incontrolavelmente por todo o Mediterrâneo, infetando quase todos os indivíduos (Lattos et al., 2021). Nesse ano, o Aquário implementou ações de conservação para preservar os últimos indivíduos saudáveis no norte do Adriático e essas ações foram aprovadas pelo ministério. Com a ajuda financeira da *European Union of Aquarium Curators*, o Aquário de Pula tomou medidas preventivas e tornou-se o primeiro centro conhecido pelo nome de *Noble Sanctuary*.

Na prática, o Aquário mantém organismos juvenis de *Pinna nobilis* encontrados em diversos locais do Adriático em sistemas fechados e separados pelos locais de origem (figura 72). Para isso, a água é tratada, purificada e esterilizada por filtros UV. Todos os parâmetros da água são controlados diariamente e é crucial alimentá-los várias vezes ao dia com algas unicelulares. Estes indivíduos estão a ser estudados e mantidos em sistemas fechados para que possam crescer de forma saudável e num futuro perceber como se pode realizar a reprodução destes indivíduos para mais tarde restaurar os ecossistemas.

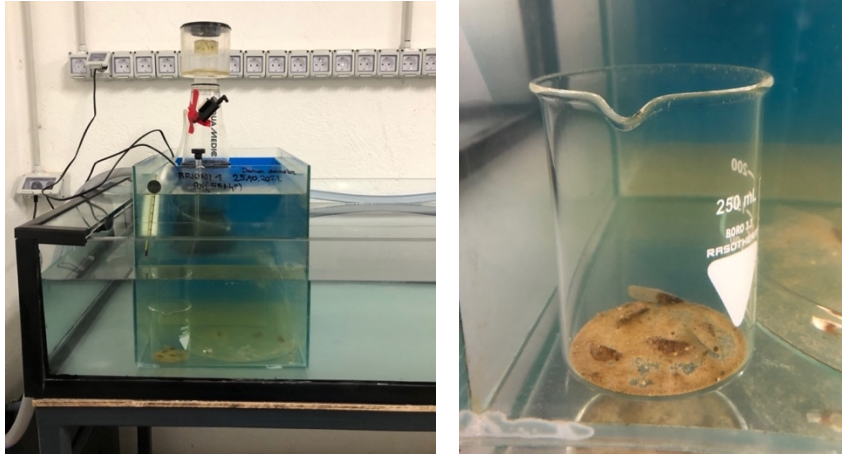


Figura 72 - Sistema fechado com exemplares juvenis de *Pinna nobilis* provenientes da ilha de Brioni, Croácia.

6. Análise crítica e proposta de melhoria

A característica especial do Aquário de Pula é o facto de estar inserido num antigo forte militar. Esta característica é especial porque enriquece a história deste Aquário bem como toda a sua estrutura, uma vez que todo o aspeto envolvente acaba por não ter as características mais comuns que outros aquários Públicos têm. Por outro lado, esta é uma característica que é desafiante para toda a equipa, uma vez que os aquários e sistemas de filtração são estruturas que se têm de adaptar ao edifício, e não o contrário, uma vez que não é permitido alterar a configuração e estrutura física do forte. Isso acaba por ser um desafio complexo, uma vez que nem sempre há um espaço amplo para inserir os componentes necessários ao funcionamento de um sistema, e, portanto, a equipa tem de ter um pensamento mais crítico e tem de se reinventar. No fundo, esta característica única é uma referência deste Aquário, tornando-o diferente de todos os outros.

Toda a equipa faz um trabalho incrível para tornar este Aquário melhor todos os dias, porém, pessoalmente, penso que deveria haver um maior trabalho e foco nos protocolos principalmente dos cultivos auxiliares, que nem sempre estão controlados e por vezes existe contaminação principalmente nas microalgas.

Também como proposta de melhoria penso que deveria haver um maior acompanhamento dos estagiários e voluntários para que se estabelecesse logo de início um plano de trabalho baseado na área onde o estagiário se quer inserir e em que tipo de trabalho tenciona explorar e aprender mais. Fui muito bem acompanhada por toda a equipa, mas muitas das vezes partiu de mim tentar estabelecer para mim própria o tipo de tarefas que fazia mais sentido aprender e mais relacionadas com a área da Aquacultura.

7. Conclusão

Este estágio no Aquário de Pula foi muito enriquecedor a nível pessoal e profissional. O balanço destes meses de trabalho e aprendizagem é muito positivo porque me permitiu ficar mais à vontade e trabalhar com mais segurança com um amplo leque de espécies marinhas. Permitiu a aprendizagem mais ao pormenor como manter sistemas de filtração e como manter as propriedades da água, agilizando-as às diferentes espécies marinhas que tive contacto.

Foi possível aprender como se realiza a reprodução e manutenção de muitas espécies com as quais nunca tinha trabalhado e as técnicas que resultam em maiores taxas de sucesso e sobrevivência.

Em geral, permitiu-me alcançar com sucesso os objetivos por mim propostos para este estágio e tornou o meu percurso académico e profissional mais promissor.

8. Bibliografia

- Alves, R. R. N., & Lechner, W. (2018). Wildlife Attractions: Zoos and Aquariums. In Ethnozology Animals in our Lives. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809913-1.00019-3>
- Andrews, C. (2018). Public Aquariums in the 21st Century in Tourism and Animal Welfare edited by Carr and Broom, 2018. July.
- Brunner, B. (2005). The ocean at home An illustrated history of the Aquarium. Princeton Architectural Press, New York.
- da Silva, R., Pearce-Kelly, P., Zimmerman, B., Knott, M., Foden, W., & Conde, D. A. (2019). Assessing the conservation potential of fish and corals in aquariums globally. *Journal for Nature Conservation*. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2018.12.001>
- Delbos, B. (Virginia S. A. R. and E. C., Seafood, V., Schwarz, M. H., Specialist, E. A., & Seafood, V. (2019). Rotifer production (as a first feed item) for intensive finfish larviculture. Virginia Cooperative Extension.
- Elakkermi, M., Mezali, K., & Soualili, D. L. (2021). Interpopulation variability of the reproductive cycle of *Arbacia lixula* (Echinodermata: Echinoidea) in the Mostaganem shallow-water area (south-western Mediterranean). *Regional Studies in Marine Science*. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101810>
- FAO (2022). *Artemia spp.* Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Van Stappen, G.. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated 2012-02-28
- Ferreira, P. M. P. (2009). Manual de cultivo e bioencapsulação da cadeia alimentar.
- Grajal, A., Becker, D., Luebke, J. F., & Vernon, C. (2022). Conservation psychology and the legacy of Carol Saunders for zoo and aquarium programs , networks , practices , and exhibits. <https://doi.org/10.1002/zoo.21717>
- Heemsoth, A. (2014). Coral reproduction. Khaled Bin Sultan Living Oceans Foundation.
- Holdsworth, E. (1860). Handbook to the fish-house In the gardens of the zoological society of London.

- Karydis, M. (2011). Organizing a public aquarium: Objectives, design, operation and missions. A review. *Global Nest Journal*. <https://doi.org/10.30955/gnj.000702>
- Lattos, A., Bitchava, K., Giantsis, I. A., Theodorou, J. A., Batargias, C., & Michaelidis, B. (2021). The implication of *vibrio* bacteria in the winter mortalities of the critically endangered *pinna nobilis*. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9050922>
- Madhu, R., Madhu, K., & Retheesh, T. (2012). Life history pathways in false clown *Amphiprion ocellaris*, 1830 : A journey from egg to adult under captive condition. <https://doi.org/10.6024/jmbai.2012.54.1.01698-10>
- Minteer, B., Maienschein, J., Collins, J., & Rabb, G. (2018). The ark and beyond The evolution of Zoo and Aquarium conservation. The University of Chicago Press, Chicago. <https://doi.org/https://doi.org/10.7208/chicago/9780226538631.001.0001>
- Scarpa, F., Sanna, D., Azzena, I., Mugetti, D., Cerruti, F., Hosseini, S., Cossu, P., Pinna, S., Grech, D., Cabana, D., Pasquini, V., Esposito, G., Cadoni, N., Atzori, F., Antuofermo, E., Addis, P., Sechi, L. A., Prearo, M., Peletto, S., Casu, M. (2020). Multiple non-species-specific pathogens possibly triggered the mass mortality in *pinna nobilis*. <https://doi.org/10.3390/life10100238>
- Shlesinger, T., & Loya, Y. (2019). Sexual Reproduction of *Scleractinian* Corals in Mesophotic Coral Ecosystems vs. Shallow Reefs. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92735-0_35
- Soman, M., Chadha, N. K., Madhu, K., Madhu, R., Sawant, P. B., & Francis, B. (2021). Optimization of temperature improves embryonic development and hatching efficiency of false clown fish, *Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830 under captive condition. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736417>
- Wyffels, J. T., Adams, L. M., Bulman, F., Fustukjian, A., Hyatt, M. W., Feldheim, K. A., & Penfold, L. M. (2021). Artificial insemination and parthenogenesis in the whitespotted bamboo shark *Chiloscyllium plagiosum*. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88568-y>