

MESTRADO EM CIÊNCIAS DO MAR - RECURSOS MARINHOS
ESPECIALIZAÇÃO EM BIOLOGIA E ECOLOGIA MARINHAS

Relatório Final de estágio: Formação como aquarista e estudo do padrão alimentar dos elasmobrânquios sob cuidados humanos no SEA LIFE Porto

Érica Daniela da Silva Rocha

M
2025



Relatório Final de estágio: Formação como aquarista e estudo do padrão alimentar dos elasmobrânquios sob cuidados humanos no SEA LIFE Porto

Érica Daniela da Silva Rocha

Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar



ÉRICA DANIELA DA SILVA ROCHA

Relatório Final de estágio: Formação como aquarista e estudo do padrão alimentar dos elasmobrânquios sob cuidados humanos no SEA LIFE Porto

Estágio de Candidatura ao grau de Mestre em Ciências do Mar – Recursos Marinhos, submetida ao Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto.

Orientadora – Ana Isabel Ferreira Magalhães Gamito Carrilho

Categoria – Professora Auxiliar

Afiliação – Instituto Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto

Co-orientadora – Ana Sofia Poças da Costa Ferreira

Categoria – Curadora

Afiliação – Merlin Entertainments - SEA LIFE Porto

Co-orientador – Rodrigo Ozório

Categoria – Investigador Principal

Afiliação – Centre Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental

Agradecimentos

A realização deste Relatório de Estágio não seria possível sem a ajuda de várias pessoas, às quais dedico estes agradecimentos com o mais sincero reconhecimento.

À professora Ana Magalhães, agradeço por toda a disponibilidade e por me ter ensinado muito nestes últimos dois anos. Foi a professora que me fez ganhar um carinho ainda maior por esta área marinha e pelo bem-estar animal. Obrigada por todas as palavras de força e por achar sempre que seria possível terminar este trabalho da melhor forma.

Quero muito agradecer à minha Coorientadora e Líder da equipa de biologia do SEA LIFE Porto, Ana Ferreira, por todo o apoio que me deu durante este ano letivo. A sua disponibilidade, abertura e profissionalismo fizeram-me criar uma grande admiração pela pessoa que é, e tenho a certeza que é alguém com quem eu possa contar e aprender nos próximos anos da minha vida.

Um obrigada a toda a equipa do SEA LIFE Porto por me receberem todos os dias no vosso local de trabalho com um sorriso na cara, com um profissionalismo enorme e com vontade de fazer mais e melhor a cada dia que passa. À equipa super profissional da biologia - Ritinha, Daniela, Diogo, Miguel e Nuno - um enorme obrigada. Foi um gosto passar os dias do meu estágio entre vocês e vivenciar que têm um enorme gosto por aquilo que fazem, pelos animais e pelo seu bem-estar. Foram conselheiros, colegas de equipa e apoiaram-me sempre.

Tenho também que agradecer muito à minha colega e amiga de Mestrado e de Estágio a Maria. Foi ela com quem eu passei a maior parte do tempo. Juntas desabafávamos sobre as nossas dificuldades, sobre o quão gratas estávamos pela oportunidade e mesmo nos dias mais cansativos riámos-nos uma com a outra e tudo ficava melhor e com mais sentido. Desejo-lhe a maior das sortes e que nunca desista dos seus sonhos.

Agradeço também ao professor Rodrigo Ozório pelo apoio em parte deste trabalho em especial na análise da composição nutricional e na realização de determinados cálculos.

Por fim, resta-me agradecer do fundo do coração à minha família, amigos e namorado, por todas as horas de paciência que tiveram comigo. Aos meus pais um agradecimento especial pelo que me deram e proporcionaram ao longo destes anos, sem vocês não seria possível chegar até aqui. Aos meus amigos, obrigada por me apoiarem e fazerem-me ter a certeza de que estava a fazer o correto. O tempo que partilhei convosco durante este ano, fez-me perceber que existe um momento para cada coisa e que também nos momentos de maior exigência é essencial viver bons momentos que nos façam sentir capazes de prosseguir. Ao Francisco, obrigada! Eras tu a quem eu ligava todos os dias ao sair do SEA LIFE para partilhar tudo o que tinha acontecido durante o dia. Eras tu quem me ouvia com atenção, me aconselhava e dizia as palavras certas, nos momentos certos.

Declaração de Honra

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e não foi utilizado previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referenciação. Tenho consciência de que a prática de plágio e auto plágio constitui um ilícito académico.

12 de setembro de 2025

O estudante

Assinado por: Érica Daniela da Silva Rocha
Num. de Identificação: BI15501039
Data: 29-01-2026 17:22:19 +00:00



CHAVE MÓVEL

Érica Daniela da Silva Rocha

Resumo

Este relatório apresenta o estágio curricular realizado no SEA LIFE Porto (SLP), no âmbito do Mestrado em Ciências do Mar – Recursos Marinhos, do ICBAS entre setembro de 2024 e junho de 2025.

O SEA LIFE Porto é um aquário público inaugurado em 2009 que combina conservação, educação e entretenimento, recriando diferentes habitat marinhos e de água doce. Desta forma, para garantir que os ambientes e as espécies presentes neste aquário funcionem bem, o trabalho dos aquaristas é essencial. Os aquaristas desempenham um papel vital, na medida em que garantem a alimentação dos animais, a monitorização da qualidade da água, a manutenção dos tanques e a observação e deteção precoce de alterações comportamentais. A sua intervenção diária especializada estabelece a ligação indispensável entre os animais e os sistemas de suporte de vida, assegurando não só a sobrevivência e saúde das espécies mantidas, mas também a maximização do seu bem-estar.

Este estágio teve como principais objetivos gerais a aquisição de experiência prática como aquarista e o desenvolvimento de um plano nutricional para três elasmobrânquios que habitam no aquário: quatro tubarões-de-pontas-negras (*Carcharhinus melanopterus*), um tubarão-zebra (*Stegostoma tigrinum*) e uma raia-uge-americana (*Hypanus americanus*).

Durante o estágio foram realizadas tarefas diárias, como alimentação, monitorização de parâmetros físico-químicos, manutenção de tanques, controlo da quarentena, necropsias, entre outros. Este trabalho permitiu consolidar conhecimentos em biologia e bem-estar animal, desenvolver autonomia e entender o papel do aquarista nos sistemas de suporte de vida, garantindo o bem-estar das espécies sob cuidados humanos.

Simultaneamente, foi desenvolvido um plano alimentar e de monitorização para as 3 espécies de elasmobrânquios residentes no SEA LIFE Porto. A realização deste plano iniciou-se com uma revisão da literatura sobre a biologia, comportamento e necessidades nutricionais das espécies em estudo, que forneceu informação de referência para a elaboração de um protocolo de alimentação adequado, onde se definiram os tipos de alimento, a frequência e as quantidades ajustadas ao peso corporal e à espécie. Além disso, foram analisados os diferentes alimentos, em que se avaliaram os teores de proteína, lípidos e energia de cada um. Também foi implementado um sistema de registo, de modo a monitorizar a ingestão e o comportamento alimentar. Os resultados deste trabalho mostraram variações na ingestão alimentar entre indivíduos e espécies, porém, de forma geral, as necessidades energéticas foram atendidas, mostrando que o plano é

eficaz para a saúde e bem-estar, permitindo a melhoria das práticas de gestão alimentar, como a diversificação nutricional em misturas alimentares.

Este estágio foi enriquecedor tanto a nível pessoal como profissional onde houve oportunidade não só de consolidar competências técnicas, mas também desenvolver capacidades transversais importantes, como a comunicação e trabalho em equipa em contexto profissional. Este estágio também despertou interesse pela nutrição animal.

Palavras-chave: Aquarismo, Bem-estar animal, Tarefas diárias, Tubarões, Raia-uçá-americana, Nutrição, Plano alimentar

Abstract

This report presents the curricular internship undertaken at SEA LIFE Porto, within the scope of the Master's Degree in Marine Sciences – Marine Resources, at ICBAS from September 2024 to June 2025.

SEA LIFE Porto is a public aquarium opened in 2009, which combines conservation, education and entertainment by recreating various marine and freshwater habitats. Therefore, to ensure that the environments and species present in this aquarium function well, the work of aquarists is essential. Aquarists play a vital role in ensuring the feeding of animals, monitoring water quality, maintaining tanks, and observing and detecting early behavioural changes. Their daily specialised intervention establishes the indispensable link between the animals and the life support systems, ensuring not only the survival and health of the species kept, but also the maximisation of their well-being.

The main objectives of this internship were to gain practical experience as an aquarist and to develop a nutritional plan for three elasmobranch species living in the aquarium: four blacktip reef sharks (*Carcharhinus melanopterus*), one zebra shark (*Stegostoma tigrinum*) and one southern stingray (*Hypanus americanus*).

During the internship, daily tasks were performed, such as feeding, monitoring physical and physicochemical parameters, tank maintenance, quarantine control, necropsies, among other activities. This work enabled the consolidation of knowledge regarding biology and animal welfare, the development of autonomy and a deeper understanding of the aquarist's role in life support systems, ensuring the welfare of species under human care.

At the same time, a feeding and monitoring plan was developed for the three species of elasmobranchs residing at SEA LIFE Porto. The implementation of this plan began with a review of the literature on the biology, behaviour and nutritional needs of the species under study, which provided reference information for the development of an appropriate feeding protocol, defining the types of food, frequency and quantities adjusted to body weight and species. In addition, the different foods were analysed, assessing the protein, lipid and energy content of each one. A recording system was also implemented to monitor food intake and behaviour. The results of this work indicated variations in food intake between individuals and species, but in general, energy requirements were met, demonstrating the plan's effectiveness for health and well-being. This enabled improvements in feeding management practices, such as nutritional diversification in feed mixtures.

This internship was enriching on both personal and professional levels, providing the opportunity to consolidate technical skills while developing important soft skills, such as communication and teamwork within a professional context. This experience also fostered a keen interest in animal nutrition.

Keywords: Aquariums, Animal welfare, Daily tasks, Sharks, Rays, Nutrition, Feeding plan

Índice

Agradecimentos.....	ii
Declaração de Honra.....	iii
Resumo	iv
Abstract	vi
Lista de figuras	x
Lista de tabelas.....	xii
Lista de abreviaturas.....	xiii
Apresentação em conferência	xiv
Capítulo I - Introdução geral	1
1. Aquários públicos.....	1
2. Bem-estar animal.....	1
2.1 Avaliação do bem-estar animal	3
3. Enriquecimento ambiental.....	7
4. Objetivos gerais	9
Capítulo II - Formação prática como aquarista no SEA LIFE Porto	10
1. Bem-estar em aquários públicos.....	10
2. Importância dos aquaristas no bem-estar animal	11
3. SEA LIFE	12
4. Objetivos.....	13
5. Caracterização do local de estágio	13
5.1 SEA LIFE Porto.....	13
5.2 Sistemas água SEA LIFE Porto	14
5.3 Quarentena	25
5.4 <i>Life Support System</i>	26
6. Qualidade da água.....	27
6.1 Compostos azotados.....	28
7. Atividades desenvolvidas	30
7.1 Atividades regulares.....	30

7.2 Atividades ocasionais	35
8. Conclusão	37
Capítulo III - Estudo e desenvolvimento de um plano alimentar para três espécies do SEA LIFE Porto	38
1. Introdução	38
1.1 Elasmobrânquios	38
1.2 Nutrição em elasmobrânquios	46
2. Objetivos	49
3. Métodos	50
3.1 Local de estudo	50
3.2 Animais em estudo	51
3.3 Alimentação	52
3.4 Método de gestão alimentar previamente utilizado	54
3.5 Desenvolvimento de plano de monitorização e avaliação da alimentação	55
4. Resultados	58
4.1 Revisão bibliográfica	58
4.2 Composição nutricional dos alimentos	60
4.3 Avaliação da composição nutricional	61
4.4 Implementação do plano de gestão alimentar	63
4.5 Ingestão de alimentos	64
5. Discussão	73
Capítulo IV – Conclusão geral	76
Referências Bibliográficas	78
Apêndice	92

Lista de Figuras

Figura 1 - Os três círculos do bem-estar animal.....	5
Figura 2 - A relação entre os domínios físicos e mental.....	6
Figura 3 - Mapa da localização do SEA LIFE Porto	13
Figura 4 – Sistema marinho ambiente – Tanque 1 (T1)	14
Figura 5 - Sistema marinho ambiente – Tanque 7(A), Tanque 7A(B), Tanque 8 (C)	15
Figura 6 - Sistema marinho ambiente – Tanque 9	15
Figura 7 - Sistema marinho ambiente – Tanque 10.	16
Figura 8 - Sistema marinho ambiente – Tanque 11 (A), 12 (B) e 13 (C)	16
Figura 9 - Sistema marinho ambiente – Tanque 14.	17
Figura 10 – Sistema marinho tropical – Tanque 15.....	17
Figura 11 - Sistema marinho tropical – Tanque 20.....	18
Figura 12 - Sistema marinho tropical – Tanque 26.....	18
Figura 13 - Sistema marinho tropical – Tanque 27.....	18
Figura 14 - Sistema marinho tropical – Tanque 28.....	19
Figura 15 - Sistema marinho tropical – Tanque 21.....	19
Figura 16 - Sistema marinho tropical – Tanque 24.....	20
Figura 17 - Sistema marinho tropical – Tanque 25.....	20
Figura 18 - Sistema marinho tropical – Tanque 30.....	20
Figura 19 - Sistema marinho tropical – Tanque 31.....	21
Figura 20 – Sistema de água doce – Tanque 2.....	21
Figura 21 – Sistema de água doce – Tanque 4.....	21
Figura 22 – Sistema isolado – Tanque das medusas.....	22
Figura 23 – Sistema isolado – Tanque com água doce quente.....	22
Figura 24 - Sistema isolado – Tanque das Tartarugas mapa	22
Figura 25 – Sistema isolado - Tanque 16 dos Corais.....	23
Figura 26 - Sistema isolado - Tanque 17 dos Corais.....	23
Figura 27 - Sistema isolado - Tanque 18 dos Corais.....	24
Figura 28 – Sistema isolado – Tanque dos Cavalos Marinhos.....	24
Figura 29 - Diferentes áreas da Quarentena do SEA LIFE Porto.	25
Figura 30 - Equipamentos presentes na área do Life Support System.....	26
Figura 31- Representação do equipamento e respetivas sondas.....	27
Figura 32 - Equipamentos utilizados para a determinação dos compostos azotados.....	28
Figura 33 - Exemplos de ração utilizada	31
Figura 34 - Diferentes exemplos de plâncton fornecido aos animais.....	32
Figura 35 - Náuplios de <i>Artemia sp.</i> produzido no SEA LIFE Porto.....	32

Figura 36 - Vitaminas fornecidas aos elasmobrânquios	33
Figura 37 - Limpeza dos tanques.....	33
Figura 38 - Limpeza de vidros com a utilização de uma mopa com esponja.....	34
Figura 39 - Medição dos parâmetros de qualidade da água (pH, temperatura, oxigénio dissolvido e salinidade) dos diferentes tanques	34
Figura 40 – Tubarão-de-pontas-negras (<i>Carcharhinus melanopterus</i>).....	40
Figura 41- Tubarão-zebra (<i>Stegostoma tigrinum</i>)	42
Figura 42 – Raia-uge-americana (<i>Hypanus americanus</i>)	44
Figura 43 - Zonas de alimentação dos Elasmobrânquios em estudo	50
Figura 44 - Método de alimentação dos tubarões-de-pontas-negras.	53
Figura 45 - Método de alimentação da raia-uge-americana	53
Figura 46 - Método de alimentação do tubarão-zebra.....	54
Figura 47 - Registos de alimentação da <i>Hypanus americanus</i> : ingestão acima do previsto entre 16-22/jun (6,43%) e ideal na semana seguinte (6,605%).....	57
Figura 48 - Registos da Fêmea 3 (<i>Carcharhinus melanopterus</i>): ingestão acima do ideal entre 2-8/jun (6,74%) e inferior entre 23-29/jun (2,6%)..	57
Figura 49 - Ingestão de alimento, em gramas (g), por semana para as três espécies de elasmobrânquios em estudo	65
Figura 50 - Ingestão de alimento segundo o peso corporal (%PC) de cada animal por semana.....	67
Figura 51 -Variação da percentagem de proteína em relação ao peso corporal (%PC) das três espécies em estudo.	69
Figura 52 - Registo da variação da percentagem de lípidos em relação ao peso corporal (%PC) das três espécies em estudo.	71
Figura 53 - Registo da quantidade de energia (kcal) ingerida por semana para as três espécies de elasmobrânquios em estudo.	73

Autorização de uso de imagens: As fotografias (3 a 53) incluídas neste relatório são da minha autoria, tendo obtido previamente a autorização necessária para a sua utilização.

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de água para cada um dos três sistemas de água principais do SLP.....	29
Tabela 2 - Parâmetros de qualidade de água para cada um dos tanques com sistemas de água isolado do SLP.....	29
Tabela 3 - Caracterização de cada um dos indivíduos em estudo.	51
Tabela 4 - Apresentação do peso, em gramas, de cada pedaço de alimento fornecido aos elasmobrânquios do SLP.....	56
Tabela 5 - Registo da informação recolhida sobre espécies semelhantes ou das espécies em estudo tendo em conta artigos científicos.	59
Tabela 6 - Composição nutricional comparativa de diferentes amostras de pescado: valores teóricos (preto) e resultados experimentais obtidos no ICBAS (azul).	61
Tabela 7 - Valores de referência retirados da literatura, sobre o peso médio, proteína, lípidos e energia consumidos por semana utilizados para as espécies em estudo.	63
Tabela 8 - Informação aplicada às espécies em estudo do SLP durante o estágio.	64

Lista de Abreviaturas

BEA	Bem-estar animal
EA	Enriquecimento ambiental
SLP	SEA LIFE Porto
AMS	<i>Ambient Marine System</i>
TMS	<i>Tropical Marine System</i>
FWS	<i>Freshwater System</i>
T	Tanque
RAS	Sistema de recirculação aquático
ADQ	Água doce quente
CR	Corais
TM	Tartarugas mapa
SH	Cavalos marinhos
LSS	<i>Life support system</i>
ppt	Partes por milhar
OD	Oxigénio dissolvido
NH ₃	Amoníaco
NH ₄ ⁺	Ião amónio
NO ₂ ⁻	Nitrito
NO ₃ ⁻	Nitrato
mg/L	Miligramas por litro
PC	Peso corporal

Apresentação em Conferência

Os resultados incluídos neste Relatório de Estágio foram divulgados no Encontro de Investigação Jovem da Universidade do Porto:

- Rocha, Érica; Ferreira, Ana; Ozório, Rodrigo & Magalhães, Ana (2025, 7 maio). *Optimizing Nutrition for Elasmobranchs: A Study on Feeding* *Optimizing Nutrition for Elasmobranchs: A Study on Feeding Strategies to Improve Welfare in a Public Aquarium*. (Apresentação em formato Poster) Encontro de Investigação Jovem da Universidade do Porto, 18ª edição, IJUP. Porto, Portugal. <https://www.up.pt/ijup/ijup-2025/>

Capítulo I - Introdução Geral

1. Aquários Públicos

Os aquários públicos são espaços que oferecem uma oportunidade às pessoas de explorarem e entenderem o mundo aquático. Os aquários modernos, utilizando o entretenimento como forma de sensibilização e conscientização sobre proteção dos ecossistemas marinhos e de água doce, têm como objetivos principais, a preservação das espécies aquáticas e a educação ambiental, assegurando que os animais sob o cuidado humano vivam em condições que favoreçam o seu bem-estar físico e mental (Karydis, 2011).

Ao longo de pelo menos 30 anos, a missão dos aquários públicos tem passado por uma transformação gradual, acompanhada por um crescimento na conscientização sobre o bem-estar das espécies aquáticas, bem como um aumento do interesse e da especialização dos veterinários nos cuidados destes animais (Smith, 2025).

Neste processo de transformação, os aquários públicos, em parceria com as universidades, têm servido como centros de investigação científica, contribuindo significativamente para o estudo do comportamento e bem-estar animal (BEA), assim como para o sucesso de programas de reprodução e reintrodução de espécies em perigo (Feistner et al, 2003). Essas iniciativas não só promovem o BEA sob sua supervisão, mas também possibilitam que as instituições cumpram as suas responsabilidades éticas e alcancem de forma eficiente os seus objetivos: conservação, educação e investigação (Minteer et al., 2013). Para além disso, vários estudos têm demonstrado que a presença e observação de peixes em aquários pode também beneficiar o bem-estar humano, reduzindo a pressão arterial, os níveis de ansiedade e promovendo um aumento de relaxamento (Hatch, 2007; Buttelmann & Römpke, 2014). Ainda se constatou que a presença de aquários em ambientes terapêuticos favorece a tolerância à dor, o apetite e até o estado nutricional dos pacientes, especialmente em unidades especializadas em demência (Edwards & Beck, 2013).

2. Bem-Estar Animal

O bem-estar dos animais, nas últimas décadas, passou a ser uma preocupação tanto para a ciência quanto do público em geral (Gracia, 2013). Esse aumento de interesse tem-se refletido especialmente em instituições como os jardins zoológicos e aquários, onde o cuidado com os animais é uma responsabilidade contínua (Sherwen et al., 2018).

Ao longo dos anos, a noção de BEA evoluiu de uma visão que se concentrava exclusivamente na saúde física, onde a preocupação se restringia à prevenção e

tratamento de doenças ou manutenção de condições adequadas de saúde, para uma perspectiva mais abrangente que leva em consideração o estado psicológico do animal (Fraser et al., 1997). Hoje em dia, o bem-estar animal inclui tanto aspectos físicos como mentais da vida do indivíduo, nomeadamente as condições em que vive, interage, envelhece e morre (Mellor et al., 2020). Desta forma, a senciência, isto é, a capacidade de perceber e experimentar estados subjetivos, percebendo estímulos internos e externos como positivos ou negativos, é considerada um elemento essencial para compreender o bem-estar, pois implica reconhecer que os animais são seres afetivos, com experiências afetivas que influenciam a sua qualidade de vida (Browning et al., 2022).

Foram surgindo ao longo do tempo múltiplas definições de bem-estar, podendo apresentar significados diferentes dependendo de quem a define (Hill et al., 2009). Barry Hughes (1998) afirmou bem-estar como “um estado de completa saúde física e mental, no qual o animal está em harmonia com o ambiente que o rodeia” (Kokocińska et al., 2016). Donald M. Broom (2001), por outro lado, definiu bem-estar animal como “o seu estado no que diz respeito às suas tentativas de lidar com o seu ambiente” e que este varia entre um bom e muito pobre bem-estar (Broom, 1996). Ian J.H. Duncan (2005), por fim, considerou os sentimentos experienciados pelos animais, indicando que estes apresentariam um bom bem-estar na “ausência de sentimentos negativos intensos, geralmente chamados de sofrimento, e na presença de sentimentos positivos, geralmente chamados de prazer” (Baumans, 2005). Portanto, o BEA está intrinsecamente associado à qualidade de vida de cada animal. Quando um animal está em bem-estar encontra-se num estado de equilíbrio (homeostasia), que lhe permite responder a desafios e fatores de stress ambientais sem que o seu equilíbrio interno seja comprometido significativamente, garantindo que a saúde física e psicológica sejam preservadas (Sitcha et al., 2020). As diferentes perspectivas teóricas do BEA tornam a sua implementação prática particularmente desafiante em contextos complexos, como é o caso dos jardins zoológicos e aquários. A variedade de espécies, a diversidade individual entre os animais e o conhecimento ainda rudimentar sobre as necessidades específicas de muitas das espécies complicam a formulação de critérios universais de avaliação (Smith, 2014). Cada animal difere entre si, dado que são influenciados por fatores genéticos, ambientais, comportamentais, e experiências prévias, o que faz com que cada um responda de maneira diferente a uma determinada situação (Mellor et al., 2020).

2.1 Avaliação Do Bem-Estar Animal

A avaliação prática do bem-estar baseia-se em três categorias de indicadores: comportamentais, funcionais e fisiológicos (Long et al., 2022), que permitem inferir o estado de BEA. Mais recente, esses indicadores têm sido divididos em indicadores baseados nos recursos, que dizem respeito ao ambiente e às condições oferecidas ao animal, e em indicadores baseados nos animais, que refletem diretamente o seu estado físico e emocional (Yáñez et al., 2025). Embora os indicadores forneçam uma base objetiva para avaliar o BEA, a sua interpretação permanece num processo complexo uma vez que diversos fatores podem influenciar os resultados. De facto, em animais da mesma espécie e na mesma condição, o bem-estar pode variar significativamente, o que reforça a importância de estratégias de manejo individualizado, mais holísticas e mais atentas às particularidades de cada animal (Broom, 2016a). Com a introdução do conceito de “alostase” (capacidade do corpo de alcançar a estabilidade através da mudança, adaptando-se a desafios e stresses variando parâmetros fisiológicos para manter o funcionamento essencial) na avaliação do bem-estar animal há um reconhecimento de como os animais participam ativamente no seu ambiente, sendo capazes de se adaptarem a desafios e aprenderem com algumas adversidades (Schreck, 2010).

Com o avanço da ciência, tem-se investido cada vez mais para identificar indicadores que possibilitam diagnosticar com maior precisão a condição de bem-estar dos animais. A observação de mudanças no comportamento, como o aparecimento de padrões anormais ou mudanças na frequência e intensidade de comportamentos naturais, é uma das abordagens mais utilizadas (Yáñez et al., 2025). No entanto, não é suficiente confiar num único indicador, e, por isso, é necessário um conjunto integrado de medidas que reflita a complexidade da experiência animal (Broom, 2016a). Assim, dada a sua complexidade, o BEA é hoje considerado um conceito multidisciplinar que abrange áreas como a biologia, a etologia, a psicologia, a medicina veterinária, a ética e até a economia, permitindo uma compreensão mais completa e uma gestão mais eficaz do bem-estar, particularmente em contextos exigentes como os jardins zoológicos e aquários (Yeates, 2011). Ao considerar não apenas a ausência de sofrimento, mas também a promoção de experiências positivas, o conceito de bem-estar animal passou a apresentar um ideal de qualidade de vida que exige uma avaliação rigorosa, conhecimento científico atualizado e, acima de tudo, sensibilidade perante a individualidade de cada animal (Rault et al., 2025). Para tornar mais fácil a compreensão e a avaliação prática do bem-estar animal, ao longo dos anos foram criados diversos modelos teóricos que ajudam na implementação da avaliação do bem-estar animal. Entre os modelos mais conhecidos e amplamente utilizados pelos especialistas da área, instituições e órgãos reguladores, estão os modelos das Cinco Liberdades, que mais tarde evoluíram para os Cinco Domínios.

2.1.1 Cinco Liberdades

Um dos passos mais importantes na história da definição do BEA foi o Relatório Brambell, publicado em 1965 no Reino Unido (Brambell, 1965). Este relatório surgiu como resposta à crescente preocupação pública com as condições dos animais de produção intensiva e deu origem à reflexão ética e científica sobre as condições em que os animais eram mantidos, lançando as bases para o desenvolvimento de políticas públicas na área (Bock & Buller, 2013).

Para tornar mais concreta a aplicação do conceito de bem-estar, foram definidas orientações práticas, as Cinco Liberdades, propostas pelo Farm Animal Welfare Council, em 1979 (Farm Animal Welfare in Great Britain, 2009). Estas liberdades foram formuladas com o objetivo de definir, de forma simples e objetiva, as condições mínimas necessárias para garantir o bem-estar dos animais sob cuidados humanos (Fraser, 2008). Tornaram-se num modelo influente, na orientação de práticas e cuidados, promovendo a saúde, o conforto e a expressão do comportamento natural, ao mesmo tempo que fundamentam medidas preventivas contra o sofrimento (Brambell, 1965).

As Cinco Liberdades são descritas da seguinte forma:

1. Liberdade de fome e sede, que assegura acesso fácil a água e uma dieta adequada;
2. Liberdade de desconforto, por meio de um ambiente apropriado que inclua abrigo e um espaço de descanso confortável;
3. Liberdade de dor, lesão ou doença, assegurando prevenção, diagnóstico e tratamento rápidos;
4. Liberdade de medo e angústia, incentivando condições que evitem o sofrimento psicológico;
5. Liberdade para manifestar comportamentos naturais, permitindo que os animais tenham o espaço e a companhia adequados à sua espécie.

Este modelo concentra-se, principalmente, na prevenção de experiências negativas, pois o seu objetivo é eliminar ou reduzir estados de sofrimento físico e/ou mental (Ohl & Staay, 2012). O facto de apresentar uma estrutura simples e clara facilitou a sua integração em legislações, guias técnicos e políticas públicas em diversas regiões do mundo para orientar profissionais, cuidadores e público em geral (Mellor, 2016).

Por outro lado, a sua simplicidade também é uma das suas limitações (Yáñez et al., 2025). O facto das 5 liberdades se focarem quase exclusivamente na ausência de sofrimento, estão a negligenciar a importância das experiências positivas, como o prazer, a curiosidade ou a interação social voluntária, que são fundamentais para um bem-estar. Outra limitação é não abordarem de forma explícita o estado mental dos animais, o que pode conduzir a

avaliações incompletas ou a interpretações redutoras do que significa realmente "estar-bem" (Yáñez et al., 2025).

Apesar de terem sido originalmente criadas para animais de produção, as Cinco Liberdades foram mais tarde aplicadas a contextos como os jardins zoológicos e aquários, sendo adaptadas às especificidades de cada espécie (Friggens et al., 2017). No entanto, o progresso do conhecimento científico sobre cognição, emoção e senciência animal levou ao desenvolvimento de abordagens mais abrangentes, como as Três Conceções do bem-estar animal de Fraser (1997) e o modelo dos Cinco Domínios, que amplia a perspectiva das liberdades ao incluir os estados positivos de bem-estar (Mellor et al., 2020). Esta mudança fez com que além de se evitar o sofrimento do animal, ainda se procura promover uma vida com qualidade emocional, física e comportamental para os animais.

2.1.2 Fraser e as Três Conceções (1997)

Posteriormente, Fraser e os colegas (1997) destacaram três grandes dimensões do bem-estar: a naturalidade, os estados emocionais e o funcionamento biológico (figura 1). Segundo esta abordagem, apenas a integração destas três dimensões permite uma avaliação completa do bem-estar, orientando práticas de manejo e enriquecimento que promovam a saúde, as experiências positivas e a expressão comportamental adequada. Para além disso, este modelo atua como uma ligação entre as questões éticas e científicas do bem-estar, orientando práticas que respeitem tanto a saúde física quanto o aspeto emocional dos animais.

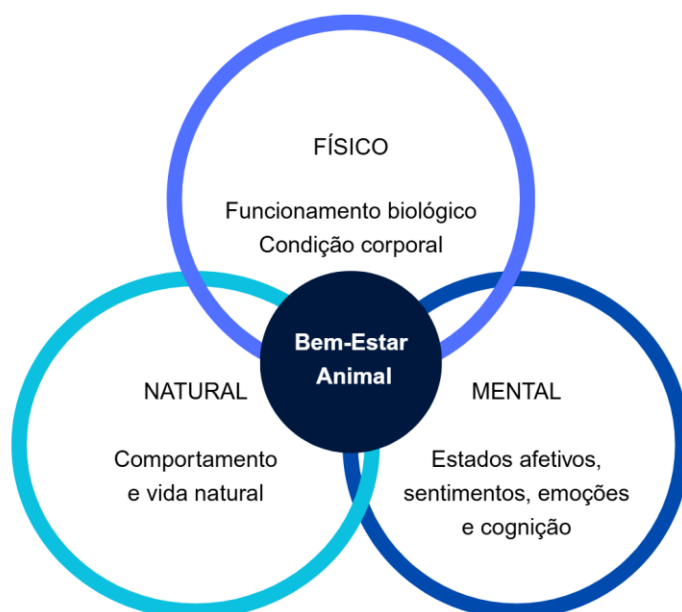


Figura 1 - Os três círculos do bem-estar animal. O centro é comum aos três círculos, denominando-se bem-estar animal. Adaptado de (Lund, 2006).

2.1.3 Cinco Domínios

O modelo dos Cinco Domínios foi inicialmente apresentado em 1994, desenvolvendo-se após e com base nas Cinco Liberdades, acompanhando os avanços científicos relacionados com o bem-estar animal (Mellor et al., 1994). As Organizações como a Associação Mundial de Jardins Zoológicos e Aquários (WAZA) e a Associação Europeia (EAZA) recomenda o uso do modelo dos Cinco Domínios para assegurar práticas adequadas de cuidado em cativeiro (EAZA, 2025). Este modelo oferece uma avaliação mais completa e integrada do bem-estar dos animais, a partir de experiências subjetivas, dando ênfase à oportunidade de os animais viverem experiências positivas, e não só à simples mitigação do seu sofrimento (Mellor et al., 2020). A estrutura do modelo é composta por cinco domínios interligados: quatro domínios físicos - nutrição, ambiente, saúde e comportamento - que influenciam diretamente o quinto domínio, de natureza mental, no qual são avaliados os estados emocionais gerais do animal, decorrentes do equilíbrio entre emoções positivas e negativas (Mellor, 2017) (figura 2). Ao contrário das Cinco Liberdades, que se centram principalmente na ausência de fatores negativos, os Cinco Domínios possibilitam uma avaliação da qualidade emocional da experiência animal.

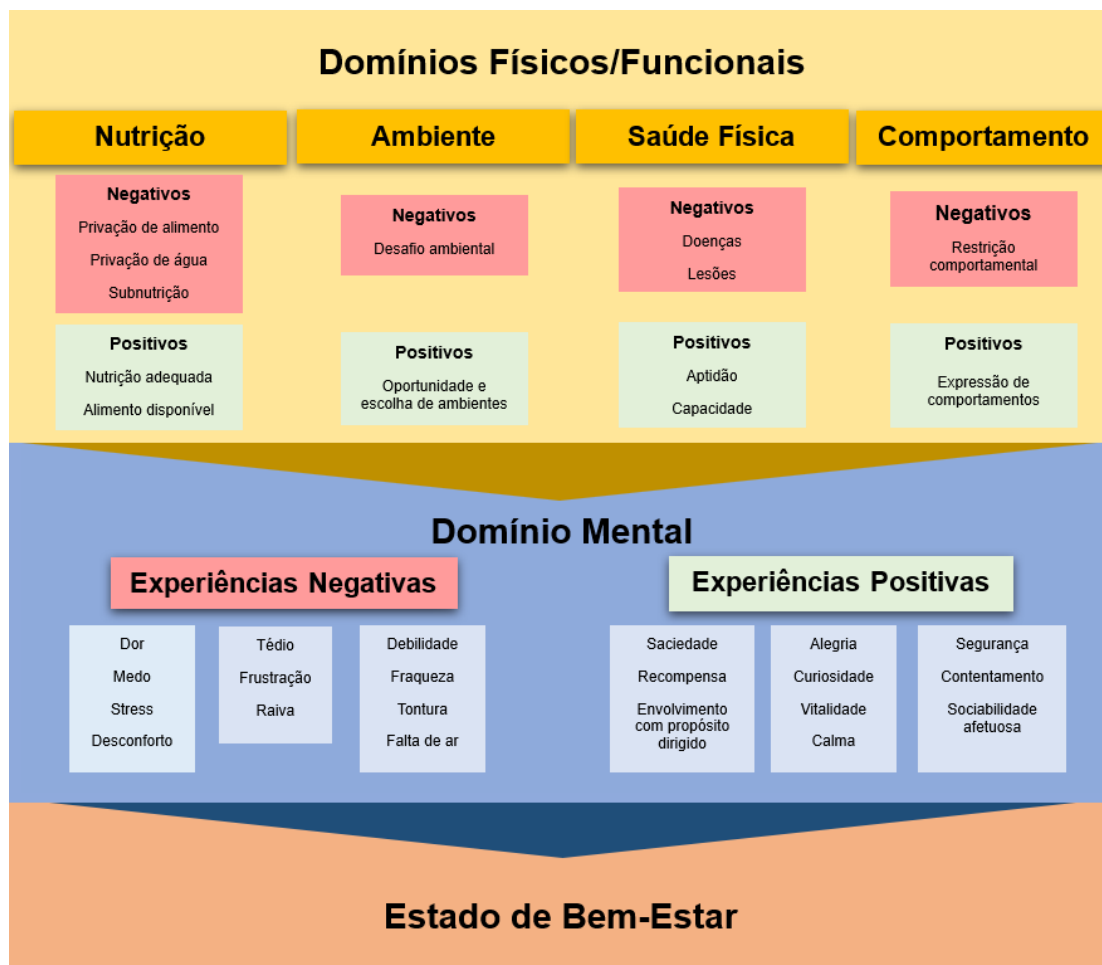


Figura 2 - A relação entre os domínios físicos e mental. Adaptado: (Mellor & Beausoleil, 2015).

Este modelo aplica-se em análises futuras e em avaliações retroativas, em contextos de investigação científica e em ambientes de produção e cativeiro com o objetivo de identificar riscos e oportunidades para melhorar o bem-estar (Mellor, 2017). No entanto, mesmo com o seu valor analítico e com o maior rigor científico, a aplicação prática do modelo pode ser mais desafiante, especialmente devido à complexidade de mensurar de forma objetiva os estados mentais (Yáñez et al., 2025). Ainda assim, o reconhecimento das emoções positivas e do bem-estar mental marca uma mudança de paradigma: passar de simplesmente evitar o sofrimento para promover vidas mais ricas, satisfatórias e emocionalmente estáveis para os animais. Assim, os Cinco Domínios complementam e ampliam a visão das Cinco Liberdades, refletindo o progresso ético e científico sobre o que é “viver bem”.

3. Enriquecimento Ambiental

A preocupação em promover o bem-estar animal foi crescendo em contextos como jardins zoológicos, centros de reabilitação, aquaculturas, aquários e laboratórios e, foi daí que surgiu o conceito de enriquecimento ambiental (EA) (Hediger, 1950). Desde o início do século XX, que a importância de proporcionar condições ambientais que permitissem aos animais expressar comportamentos naturais, apontando a relevância da estrutura física, da dieta e da interação social no BEA se tornou relevante (Hediger, 1969). No entanto, foi somente mais tarde, com a definição proposta por Newberry (1995) que o conceito de “enriquecimento ambiental” se tornou mais consistente, assumindo-se como qualquer modificação ambiental que promova melhorias no funcionamento biológico e psicológico dos animais em cativeiro. Assim, o EA visa aumentar a complexidade do ambiente, estimular comportamentos típicos da espécie, reduzir o stress, prevenir comportamentos anormais como estereotípias, e contribuir para uma melhor qualidade de vida (Mather & Anderson, 2007).

Para que o enriquecimento seja implementado de forma eficaz devem-se considerar as necessidades específicas de cada espécie em estudo, os seus comportamentos naturais e os estímulos para o seu bem-estar físico e mental, sendo igualmente fundamental que haja uma avaliação contínua para garantir que os objetivos estabelecidos estão a ser alcançados e se as estratégias implementadas são apropriadas à evolução comportamental e fisiológica dos animais (Broom, 2016b).

O EA pode ser agrupado em diferentes categorias, frequentemente interligadas, que abrangem uma diversidade de estímulos e abordagens (Näslund & Johnsson, 2014). As principais categorias são:

- Enriquecimento Físico: Consiste na modificação ou adição de estruturas ao recinto dos animais, com o objetivo de tornar o ambiente mais complexo e funcional (Lopez et al., 2022). Inclui elementos como plataformas, troncos, esconderijos ou objetos manipuláveis, promovendo o exercício físico, a exploração e a redução de comportamentos repetitivos (Skibieli et al., 2007). Este tipo de enriquecimento tem mostrado benefícios concretos, como a redução da agressividade e a melhoria de indicadores físicos em diversas espécies, incluindo peixes, mamíferos e aves (Crank et al., 2019).
- Enriquecimento Sensorial: Tem como finalidade estimular os sentidos dos animais (visão, audição, olfato, tato ou percepção química) através da introdução de novos estímulos no ambiente, como por exemplo, aromas, sons naturais, texturas variadas ou alterações de iluminação (Wells, 2009). A estimulação sensorial revela-se, particularmente, eficaz em espécies com capacidades sensoriais altamente desenvolvidas, contribuindo para uma maior diversidade comportamental e uma experiência ambiental mais rica (Clark, 2011).
- Enriquecimento Social: Procura fomentar interações sociais, respeitando a natureza social ou solitária de cada espécie (Swaigood et al., 2005).
- Enriquecimento Ocupacional/Cognitivo: Este tipo de enriquecimento está orientado para o estímulo da cognição e do comportamento exploratório, introduzindo desafios ou tarefas que exigem resolução de problemas, aprendizagem ou adaptação (Mason, 2006). Pode assumir a forma de objetos que requerem manipulação, variações no fluxo de água em instalações aquáticas ou mudanças imprevisíveis no ambiente, estratégias que aumentam a flexibilidade comportamental e reduzem o risco de surgimento de comportamentos disfuncionais resultantes do tédio ou da monotonia (Boere, 2001).
- Enriquecimento Alimentar: O enriquecimento alimentar destaca-se pela frequência e eficácia em estimular comportamentos naturais, reduzir o stresse, aproximar a alimentação das condições do habitat natural, incentivando a procura, manipulação e consumo do alimento (Lopez et al., 2022). Para tal, recorre-se a estratégias como esconderijos, dispensadores de comida, variações na textura, cor e forma do alimento, e alterações na periodicidade e no esforço necessário para a sua obtenção (Boere, 2001). Ao transformar o momento da alimentação num desafio, cria-se uma oportunidade diária de enriquecimento funcional que, além de estimular a atividade física e cognitiva, promove a diversidade comportamental e o desenvolvimento de competências adaptativas, com benefícios evidentes para a saúde, a motivação e o bem-estar geral dos animais (Brereton & Rose, 2022). Para além da forma como o alimento é apresentado, a qualidade e variedade dos nutrientes fornecidos também devem ser consideradas, pois desempenham um papel determinante na eficácia do enriquecimento alimentar, influenciando diretamente a resposta comportamental dos animais (Fens & Clauss, 2024). Uma alimentação equilibrada, adequada às exigências fisiológicas e comportamentais de cada espécie, é

essencial para a manutenção da saúde, crescimento, reprodução e bem-estar geral (Smith et al., 2025). Neste contexto, o conceito de “enriquecimento nutricional” distingue-se por não se limitar à apresentação do alimento, mas por incluir também a avaliação do seu valor nutricional, da sua adequação ao metabolismo e da forma como este pode ser utilizado como ferramenta de estimulação comportamental (Wooddell et al., 2019). Um plano alimentar bem estruturado, que alie os princípios do enriquecimento ambiental às necessidades nutricionais específicas da espécie, poderá maximizar os benefícios para o bem-estar, tornando a alimentação mais natural, estimulante e funcional (Morel et al., 2024).

A eficácia do EA depende de uma planificação adequada, baseada no conhecimento científico da espécie, que inclua a definição de objetivos específicos, a escolha das técnicas mais apropriadas, a integração de diversas categorias de enriquecimento e a monitorização dos resultados com ajustes regulares (Taylor et al., 2023). A implementação eficaz do enriquecimento ambiental requer conhecimento técnico e científico sobre o comportamento, a fisiologia e as necessidades de cada espécie, sendo que perante esta situação, os biólogos e aquaristas desempenham um papel essencial ao monitorizar os animais, interpretar indicadores de bem-estar e propor estratégias adequadas ao contexto e aos objetivos institucionais.

4. Objetivos Gerais

O presente relatório descreve o estágio curricular no SEA LIFE Porto, no âmbito do Mestrado em Ciências do Mar – Recursos Marinhos do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar (ICBAS), no Porto, que decorreu de 16 de setembro de 2024 até 27 de junho de 2025. Este trabalho teve como objetivos principais:

- 1) Adquirir experiência profissional como aquarista em contexto real, integrando uma equipa multidisciplinar no Sea Life Porto;
- 2) Desenvolver um plano nutricional que enfatize a importância de uma dieta equilibrada e diversificada, reproduzindo os hábitos alimentares naturais de quatro tubarões-de-pontas-negras (*Carcharhinus melanopterus*), um tubarão-zebra (*Stegostoma tigrinum*) e uma raia-uge-americana (*Hypanus americanus*).

A estrutura deste trabalho compreende quatro capítulos. O capítulo I, inicial, que constitui a introdução e os objetivos, os dois capítulos seguintes que refletem os objetivos centrais do estágio, nos quais são descritas, com detalhe, as atividades desenvolvidas e os resultados alcançados e o último capítulo que relata a conclusão geral de todo o trabalho realizado.

Capítulo II - Formação Prática como Aquarista no SEA LIFE Porto

1. Bem-Estar em Aquários Públicos

A existência de peixes em aquários públicos e jardins zoológicos já dura há mais de 150 anos, com propósitos educativos, recreativos, de investigação ou de conservação (Smith, 2023). Contudo, quando o interesse e preocupação sobre o BEA cresceu, surgiram perguntas sobre as condições em que estes animais eram mantidos e sobre como percebiam e reagiam ao ambiente em que estavam incluídos (Johansen et al., 2006).

No caso dos peixes, ainda hoje não existe consenso sobre a sua capacidade em sentir dor, sofrimento, medo ou desconforto. Por um lado, existem investigadores que defendem que os peixes não têm nem a anatomia, nem o nível de consciência necessária para experienciar a dor (Rose, 2002). Por outro lado, existem investigadores que argumentam que os peixes têm nociceptores, vias neurais e estruturas cerebrais que detetam e reagem a estímulos negativos (Huntingford et al., 2006). Embora haja diferença de opiniões entre investigadores, ambos os lados concordam que, com condições inadequadas, a saúde e o bem-estar dos peixes ficam comprometidos (Smith, 2023).

Como discutido no capítulo anterior, o conceito de bem-estar é complexo e ainda mais difícil de definir em peixes e invertebrados. No caso específico dos peixes a definição de bem-estar pode ser entendida como “a procura de um estado que permita aos peixes exibir comportamentos, funções fisiológicas e interações sociais naturais e adequadas à espécie” (Smith, 2014). No entanto, reconhecer estados de bem-estar positivo em peixes é um verdadeiro desafio, sendo mais fácil identificar sinais de sofrimento (Braithwaite & Huntingford, 2004).

A investigação em bem-estar animal em aquários públicos, nomeadamente em peixes, é escassa. Por essa razão, torna-se inevitável que, perante a enorme diversidade de espécies que os aquários públicos albergam, cada uma apresentando necessidades específicas em termos de qualidade da água, temperatura, iluminação e espaço, estes locais apliquem um modelo de avaliação de bem-estar animal generalista (Smith, 2023), apesar de não terem em conta exigências específicas de cada espécie.

Neste contexto, o papel do aquarista é fundamental, pois constitui o principal meio para assegurar as necessidades específicas dos animais. Os aquaristas através de observação atenta do comportamento e de possíveis alterações fisiológicas podem adaptar as práticas generalistas às particularidades de cada espécie e até de cada indivíduo.

2. Importância dos aquaristas no bem-estar animal

Em qualquer infraestrutura que alberga animais terrestres ou aquáticos, o papel dos tratadores é essencial para garantir o bem-estar, a saúde e a segurança dos organismos vivos (Bacon et al., 2023). No caso específico dos aquários públicos, esta função é desempenhada por profissionais especializados no meio aquático, os aquaristas. São eles os responsáveis diretos por manter os habitats em condições ideais e assegurar os cuidados diários a peixes, invertebrados, répteis e plantas aquáticas, garantindo o bom funcionamento de todo o sistema biológico. O aquarista é o elemento base da equipa de biologia, sendo o profissional com contacto mais direto e contínuo com os organismos aquáticos.

Entre as principais responsabilidades de um aquarista destaca-se a monitorização e o controlo dos parâmetros físico-químicos da água (como a temperatura, pH, salinidade, níveis de amoníaco (NH_3) e oxigénio), bem como a sua interpretação e a tomada de decisões com base nele (Silveira & Silva, 2020). Paralelamente, o aquarista, tal como um tratador de Zoo, é também responsável pela preparação e distribuição da alimentação, assegurando que cada animal recebe uma dieta equilibrada e adequada à sua espécie (Carlstead, 2009). Outra vertente essencial do trabalho passa pela manutenção dos habitats aquáticos, garantindo condições de higiene, bom estado visual para o público e estímulos adequados aos comportamentos naturais dos animais (Carlstead, 2009). O aquarista garante o bom funcionamento dos sistemas de suporte de vida, que asseguram as condições ideais para os organismos. Para além das funções diárias, crescem ainda outras funções, mais pontuais, que podem incluir o tratamento de patologias sob orientação veterinária, resolução de falhas técnicas ou acionamento de apoio especializado, implementação de novas atrações e exposições, o que pode ser feito tanto através do rearranjo de tanques existentes como pela criação de novos espaços (Silveira & Silva, 2020). Esta vertente criativa e técnica visa não só melhorar a qualidade de vida dos animais, mas também proporcionar uma experiência enriquecedora e envolvente aos visitantes (Whitham & Wielebnowski, 2009). Complementarmente à vertente técnica, o aquarista pode também assumir um papel educativo, através da interação com o público, de forma a fomentar a sensibilização para a conservação dos ecossistemas aquáticos e a incentivar o respeito pelos animais e pelos seus habitats naturais (Silveira & Silva, 2020). Deste modo, a função de aquarista, apesar de muitas vezes ocorrer em áreas não visíveis da vista do público, é fundamental para garantir o bem-estar animal num aquário público, pois com rigor, conhecimento técnico e dedicação diária é possível assegurar que cada organismo aquático vive num ambiente estável, saudável e adaptado às suas necessidades.

3. SEA LIFE

O grupo Merlin Entertainments © foi fundado no ano de 1999, em Inglaterra, e atualmente é considerado um dos maiores grupos de entretenimento do mundo, contando no seu grupo com atrações como os parques temáticos Legoland, os museus Madame Tussaud, vários parques de diversões e vários Aquários SEA LIFE espalhados por todo o Mundo (Merlin Entertainments, 2025).

O SEA LIFE pertence a uma das maiores redes de aquários do mundo, e conta com 50 aquários, 2 santuários, e mais de 180 000 animais espalhados por 17 países na Europa, EUA, Ásia e Oceânia, onde se destacam pela forma como aliam a conservação marinha, a educação ambiental e o entretenimento (SEA LIFE, 2025). Com uma média anual de cerca de 20 milhões de visitantes, esta instituição aposta numa abordagem interativa e educativa para sensibilizar o público para a importância da proteção dos oceanos (SEA LIFE, 2025).

Como parte dessa estratégia, a recriação de diferentes habitats marinhos, desde recifes tropicais a oceanos gelados, através de túneis de vidro, tanques interativos e exposições, permite o contacto uma diversidade enorme de espécies, que vão desde estrelas-do-mar até tubarões, proporcionando aos visitantes uma compreensão mais aprofundada da diversidade ecológica dos oceanos, para além de despertar o interesse pela vida marinha e promover a valorização da sua preservação (SEA LIFE, 2025). Simultaneamente, o SEA LIFE desenvolve atividades pedagógicas destinadas às crianças e famílias, com o propósito de estimular o conhecimento e o respeito pelos ecossistemas aquáticos (SEA LIFE, 2025). Este esforço educativo é reforçado por um compromisso ativo com a conservação, exemplificado pelo envolvimento do SEA LIFE e da sua organização parceira, o SEA LIFE Trust, na criação de santuários e em programas de reabilitação de animais marinhos (SEA LIFE Trust, 2025). Entre estas iniciativas destaca-se o desenvolvimento de projetos de resgate e reabilitação de animais, proteção de habitats naturais e ações de sensibilização ambiental junto às comunidades, como por exemplo o primeiro santuário de belugas do mundo, criado para abrigar baleias resgatadas de cativeiro (SEA LIFE Trust, 2025).

4. Objetivos

O estágio realizado no SEA LIFE Porto, entre 16 de setembro e 27 de junho, teve como primeiro objetivo a adquirir experiência profissional como aquarista, integrando uma equipa multidisciplinar. Para atingir este objetivo foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- I. Adquirir e aprofundar conhecimentos, práticos e teóricos, fundamentais para exercer a função de aquarista;
- II. Compreender o papel do aquarista nos sistemas de suporte de vida;
- III. Compreender o papel do aquarista no bem-estar animal;
- IV. Expandir o conhecimento sobre a diversidade dos animais mantidos no aquário do SEA LIFE Porto;
- V. Assegurar e promover o bem-estar de todas espécies.

5. Caracterização do local de estágio

5.1 SEA LIFE Porto

Este aquário integra a conservação das espécies e o entretenimento com o fomento da sensibilização pública e a atenção ao bem-estar animal, refletindo um compromisso educativo e ético (SEA LIFE Porto, 2025). O SEA LIFE Porto (SLP) foi inaugurado no dia 15 de junho de 2009, e localiza-se na cidade do Porto, numa zona que ainda pertence ao Parque da Cidade do Porto (SEA LIFE Porto, 2025) (figura 3).

No Porto, a empresa é constituída por quatro departamentos - *marketing*, operações, financeiro e biologia – que trabalham em conjunto para o bom funcionamento do centro SEA LIFE. O departamento de biologia, onde este estágio foi realizado, é responsável pelo cuidado de mais de 2000 animais aquáticos, nomeadamente na limpeza e manutenção dos aquários, monitorização dos parâmetros da água, observação comportamental e alimentação.

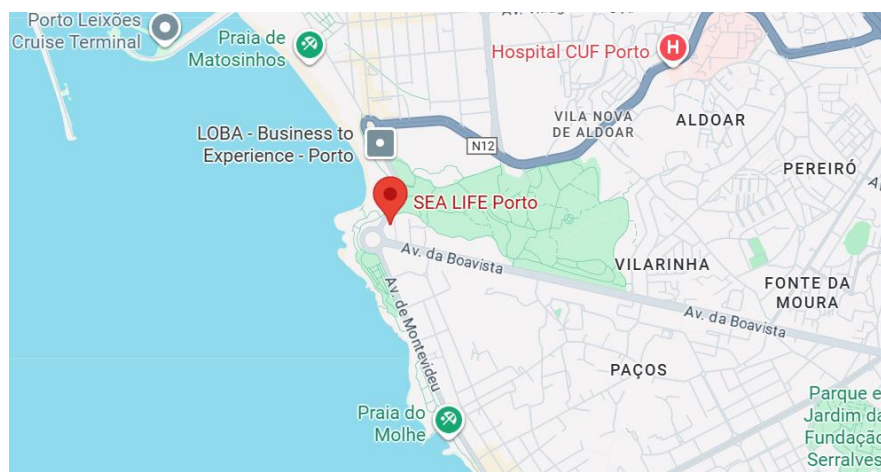


Figura 3 - Mapa da localização do SEA LIFE Porto (Fotografia de: Google Maps).

5.2 Sistemas Água SEA LIFE Porto

O aquário é composto por dois sistemas principais de água salgada e um sistema principal de água doce que recria o leito de um rio português, o rio Douro, que desagua na cidade no Porto.

Os três sistemas principais são então divididos em dois sistemas de água salgada, o *Ambient Marine Sistem* (AMS) e o *Tropical Marine Sistem* (TMS) e um sistema de água doce, o *Freshwater Sistem* (FWS). As diferenças entre estes sistemas são: a temperatura, a salinidade, o pH e os níveis de oxigénio. Estes parâmetros são fundamentais para a sobrevivência das diferentes espécies. Em casos específicos, estes parâmetros têm um intervalo de valores mais pequeno e, por isso existem cinco sistemas de água isolados, cada um deles com equipamentos de filtração independentes e necessidades particulares, capazes de corresponder às necessidades biológicas das espécies existentes em cada um destes sistemas.

5.2.1 Sistema marinho ambiente

O AMS contém um sistema de recirculação aquático (RAS) (Medina et al., 2022) que suporta 9 tanques do SLP (figura 4 a 9) com um volume total de aproximadamente 22 000 litros. Este sistema alberga espécies de zonas de água salgada fria, nomeadamente espécies encontradas no mar em Portugal.

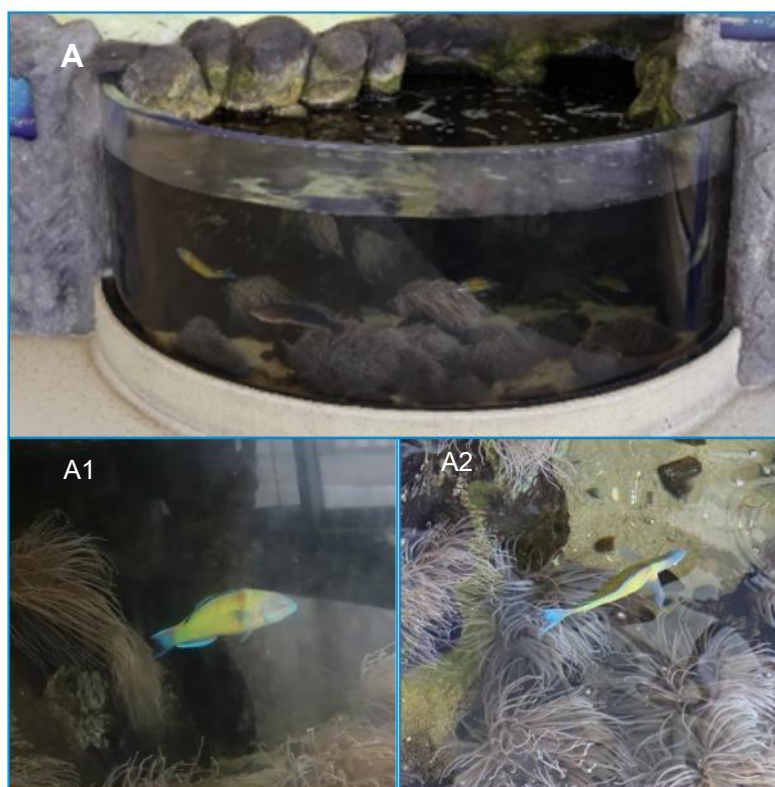


Figura 4 – Sistema marinho ambiente – Tanque 1 (T1). A) Visualização completa do tanque. A1) e A2): Observação aproximada do T1 com as seguintes espécies: *Anemonia viridis*, *Paracentrotus lividus*, *Thalassoma pavo*, *Actinia equina* e *Salaria pavo*.



Figura 5 - Sistema marinho ambiente – Tanque 8 (A), Tanque 7A(B), Tanque 7(C). A1) Observação próxima do T8 com a espécie: *Anthias anthias*, *Scyllarides latus* e *Asterias rubens*. *Octopus vulgaris*; B1) Observação próxima do T7A com as espécies: *Macroramphosus scolopax* e *Asterias rubens*; C1) Observação próxima do T7 com as espécies: *Octopus vulgaris*;

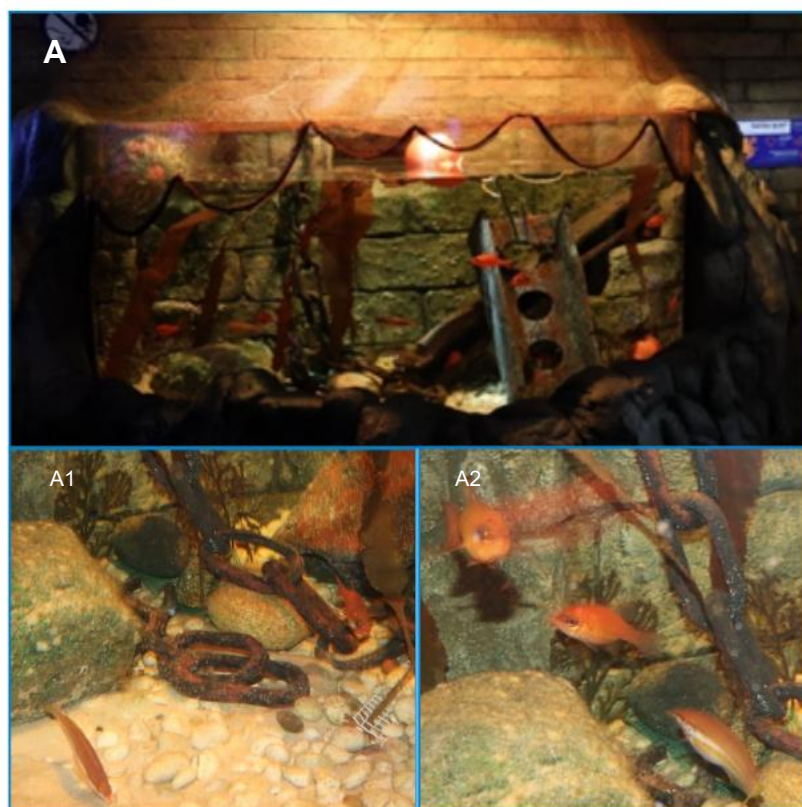


Figura 6 - Sistema marinho ambiente – Tanque 9. A) Visualização completa do T9. A1) e A2): Observação aproximada do T9 com as seguintes espécies: *Apogon imberbis* e *Coris julis*.

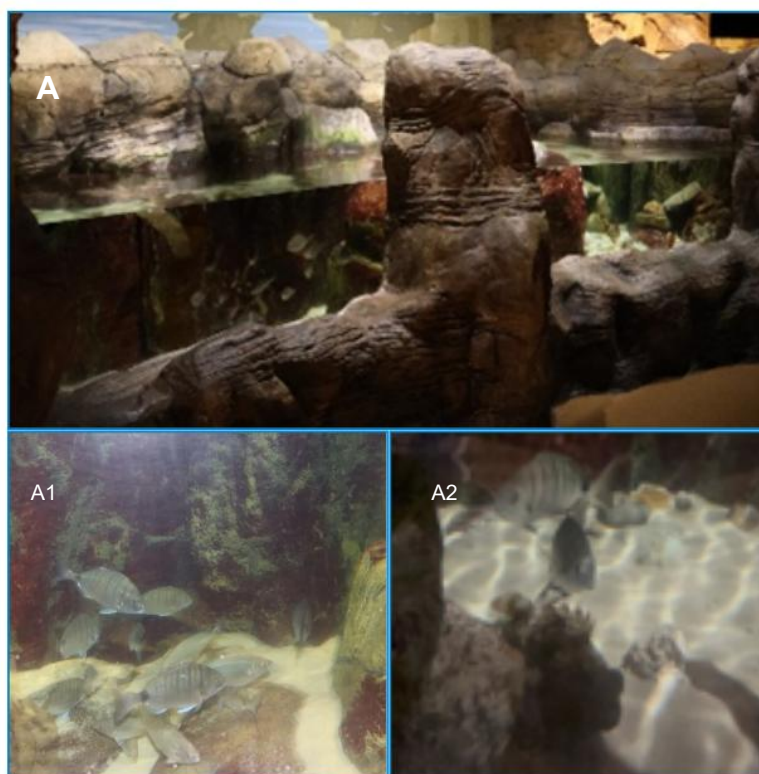


Figura 7 - Sistema marinho ambiente – Tanque 10. A) Visualização completa do T10. A1) e A2): Observação próxima do T10 com as seguintes espécies: *Anemonia viridis*, *Actinia equina*, *Diplodus vulgaris*, *Sarpa salpa*, *Solea solea*, *Chromis limbata*, *Scorpaena porcus* e *Chelon labrosus*.

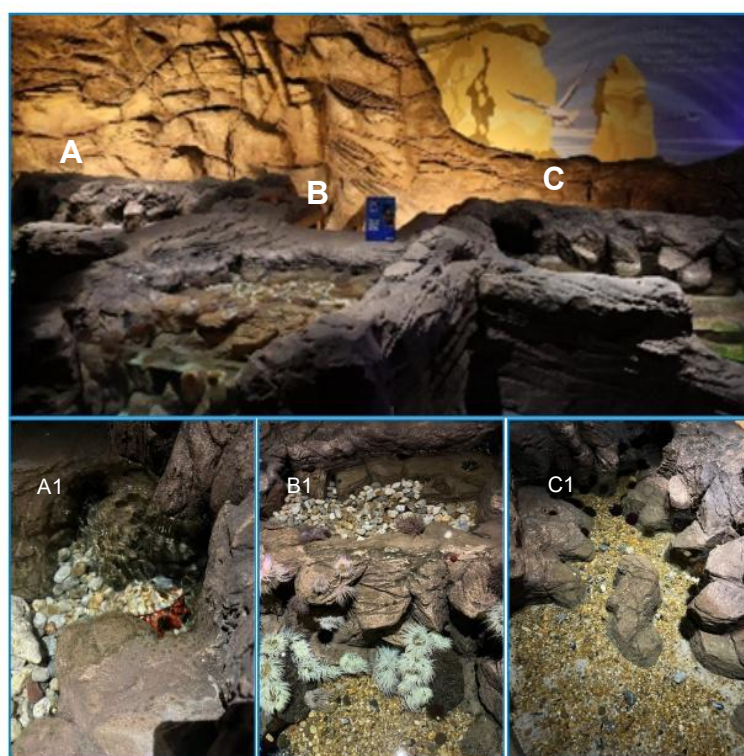


Figura 8 - Sistema marinho ambiente – Tanque 11 (A), 12 (B) e 13 (C). A1) Observação próxima do T11 com as espécies: *Palaemon elegans* e *Dardanus* sp. B1) Observação próxima do T12 com as espécies: *Actinia equina*, *Paracentrotus lividus*, *Gobios paganellus*, *Lipophrys pholis* e *Marthasteris glacialis*; C1) Observação próxima do T13 com as espécies: *Paracentrotus lividus*, *Palaemon elegans*, *Holothuria* sp. e *Marthasterias glacialis*.



Figura 9 - Sistema marinho ambiente – Tanque 14. A) Visualização completa do T14. A1): Observação próxima do T14 com as seguintes espécies: *Actinia equina*, *Anemonia viridis* e *Dardanus* sp.

5.2.2 Sistema marinho tropical (TMS)

Inclui também um sistema RAS que alberga 17 tanques (figura 10 a 19), com um volume de aproximadamente 600 000 litros. Nos tanques deste sistema aquático, existem espécies de água salgada quente, animais tropicais, específicos de recifes, como tubarões e raias, e claro, um conjunto de peixes coloridos que destacam a diversidade de espécies nos nossos oceanos.



Figura 10 – Sistema marinho tropical – Tanque 15. A) Visualização completa do T15. A1) e A2: Observação próxima do T15 com as seguintes espécies: *Abudefduf sexfasciatus*, *Chaetodon lunula*, *Pterois volitans*, *Labroides dimidiatus*, *Balistoides conspicillum*, *Gymnothorax favagineus* e *Enchelycore pardalis*.

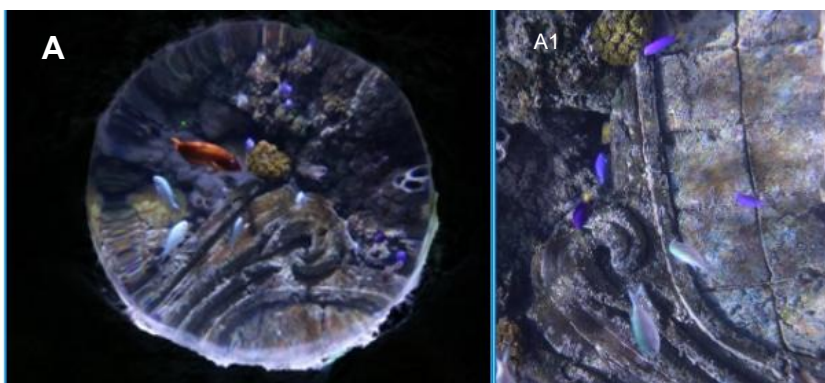


Figura 11 - Sistema marinho tropical – Tanque 20. A) Visualização completa do T20. A1): Observação próxima do T20 com as seguintes espécies: *Chrysiptera cyanea*, *Zoramia leptacantha*, *Chromis viridis*, *Acreichthys tomentosus* e *Coris gaimard*.

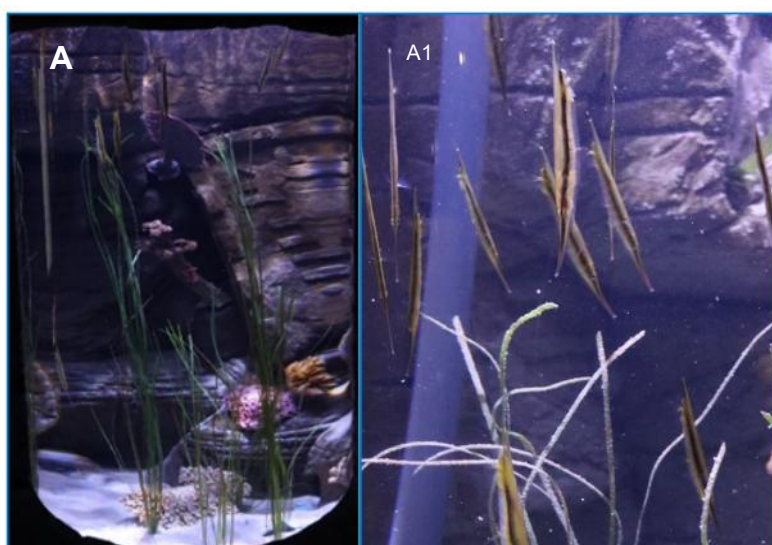


Figura 12 - Sistema marinho tropical – Tanque 26. A) Visualização completa do T26. A1): Observação próxima do T26 com as seguintes espécies: *Aeoliscus strigatus* e *Acreichthys tomentosus*.

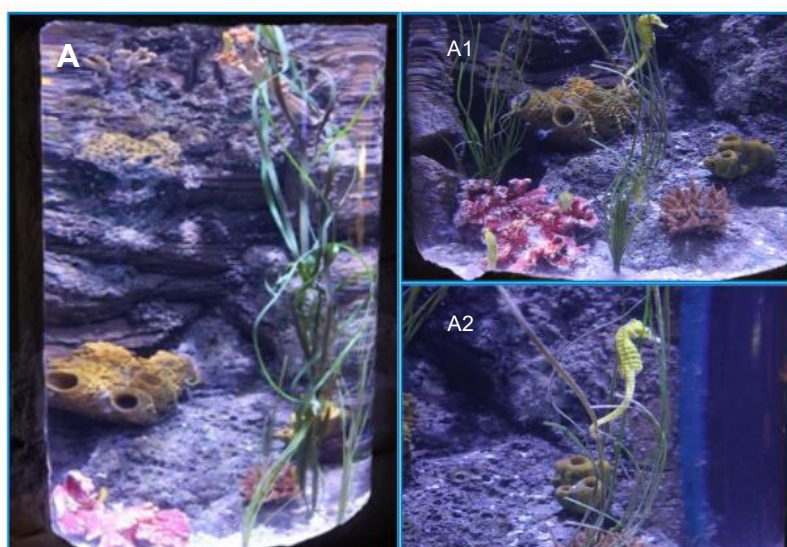


Figura 13 - Sistema marinho tropical – Tanque 27. A) Visualização completa do T27. A1) e A2) Observação próxima do T27 com a seguinte espécie: *Hippocampus erectus*.

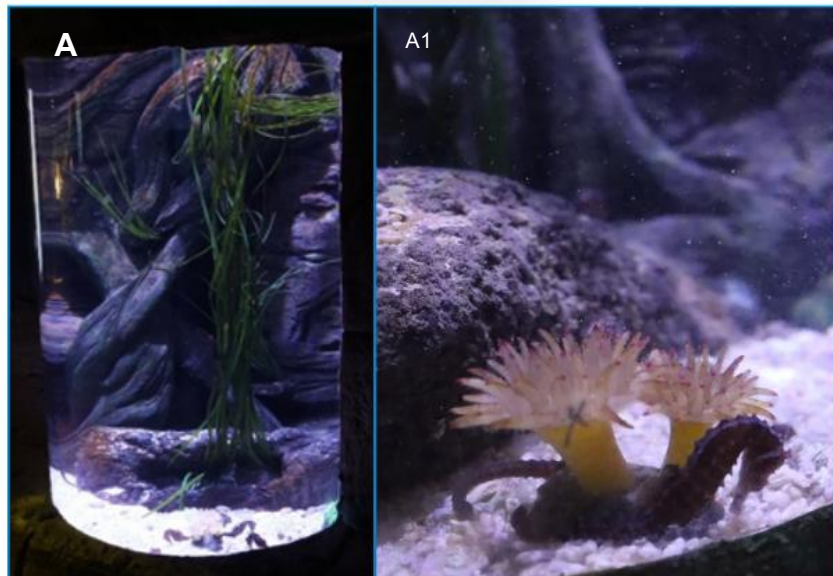


Figura 14 - Sistema marinho tropical – Tanque 28. A) Visualização completa do T28. A1) e A2) Observação próxima do T28 com a seguinte espécie: *Hippocampus erectus*.

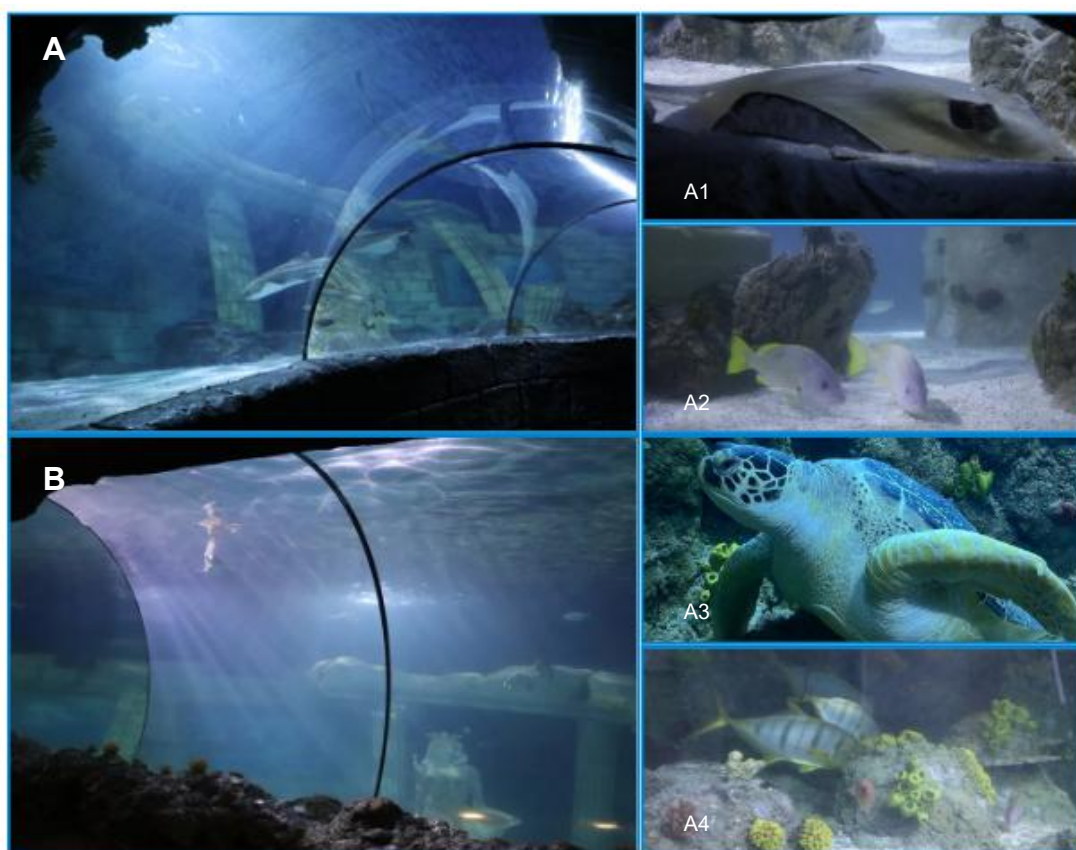


Figura 15 - Sistema marinho tropical – Tanque 21. A) é a vista do piso 0 e B) a vista do piso 1 do SLP. O T21 tem mais de 20 espécies de animais, entre elas: A1) *Hypanus americanus*, A2) *Caesio cuning*, A3) *Chelonia mydas* e A4) *Gnathanodon speciosus*

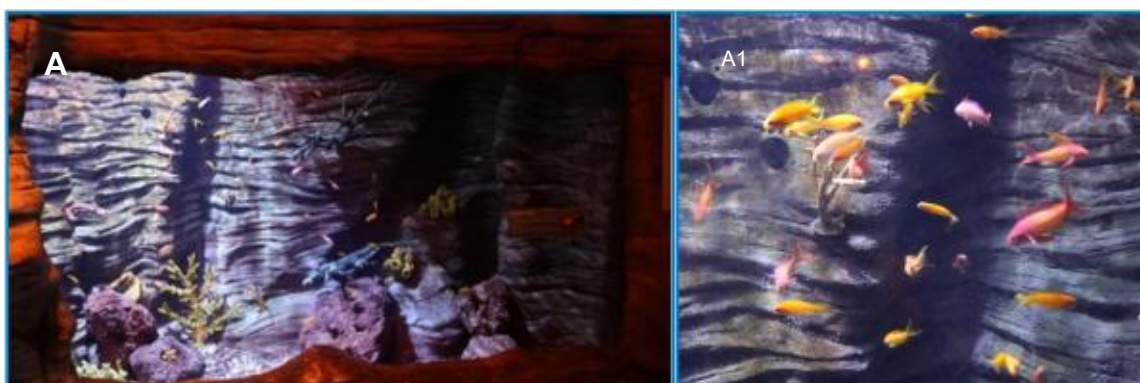


Figura 16 - Sistema marinho tropical – Tanque 24. A) Visualização completa do T24. A1) Observação próxima do T24 com a seguinte espécie: *Pseudanthias squamipinnis*, *Nemanthias carberryi*, *Cittarium pica*, *Protoreaster nodosus*, *Acreichthys tomentosus*, *Diadema setosum* e *Gramma loreto*.



Figura 17 - Sistema marinho tropical – Tanque 25. A) Visualização completa do T25. A1) Observação próxima do T25 com a seguinte espécie: *Monodactylus argenteus*.



Figura 18 - Sistema marinho tropical – Tanque 30. A) Visualização completa do T30. A1) Observação próxima do T30 com a seguinte espécie: *Chaetodon lunula*, *Anisotremus virginicus*, *Selene vomer*, *Arothron nigropunctatus*, *Chiloscyllium punctatum*, *Labroides dimidiatus*, *Rhinoptera bonasus*, *Hemiscyllium ocellatum*, *Pomacanthus semicirculatus*, *Naso lituratus*, *Plectorhynchus orientalis*, *Paracanthurus hepatus*, *Acanthurus leucosternon* e *Rhinoptera bonasus*.



Figura 19 - Sistema marinho tropical – Tanque 31. A) Visualização completa do T31. A1) Observação próxima do T31 com a seguinte espécie: *Sphaeramia nematoptera*, *Zoramia leptacantha* e *Chelmon rostratus*.

5.2.3 Sistema de água doce (FWS)

Como os anteriores, este sistema funciona a partir de um sistema RAS que engloba 4 tanques, com um volume aproximado de 31 000 litros. Nestes tanques habitam animais água doce fria que podem ser encontradas nos rios de Portugal (figuras 20 e 21).

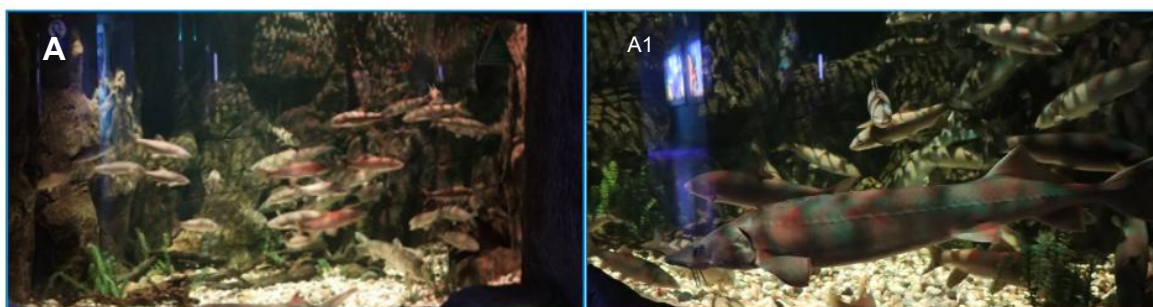


Figura 20 – Sistema de água doce – Tanque 2. A) Visualização completa do T2. A1) Observação próxima do T2 com as seguintes espécies: *Barbus barbus*, *Pseudochondrostoma duriense* e *Acipenser oxyrinchus*.

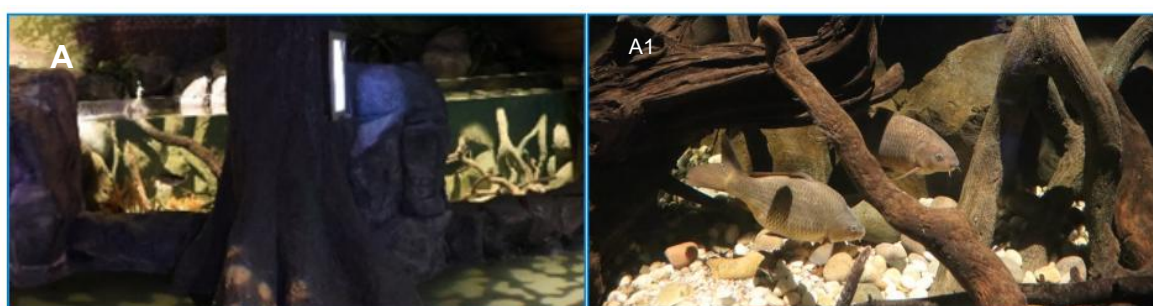


Figura 21 – Sistema de água doce – Tanque 4. A) Visualização completa do T4. A1) Observação próxima do T4 com as seguintes espécies: *Cyprinus carpio*, *Chelon labrosus* e *Carassius carassius*.

5.2.4 Sistemas isolados

Relativamente aos sistemas isolados, podemos contar com cinco: o sistema de água doce quente (ADQ), o dos corais (CR), o das medusas (*Jelly*), o das tartarugas mapa (TM) e o sistema dos cavalos marinhos (SH) (figuras 22 a 28).

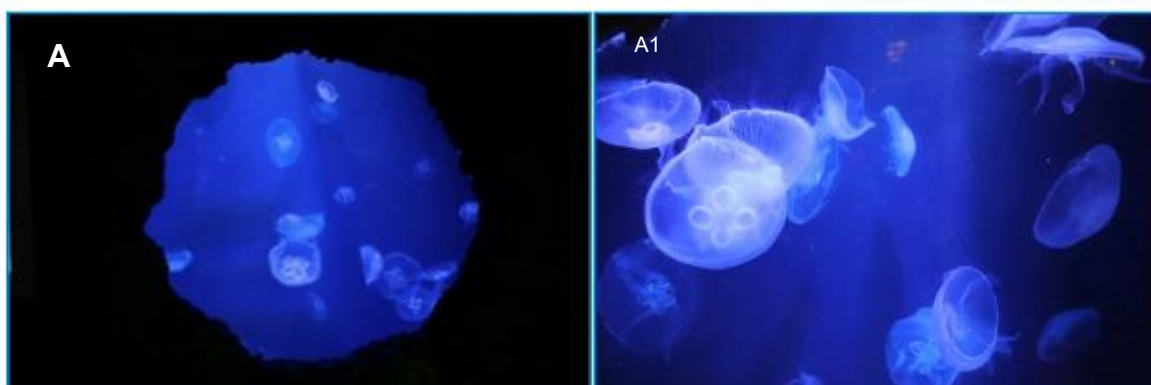


Figura 22 – Sistema isolado – Tanque das medusas. A) representa a visão geral para o tanque e A1) representa a espécie em pormenor: *Aurelia aurita*.



Figura 23 – Sistema isolado – Tanque com água doce quente. A) Visualização completa do T6. A1) e A2) Observação próxima do T6 com as seguintes espécies: *Neocaridina davidi*, *Paracheirodon axelrodi*, *Caridina multidentata*, *Neritina zebra*, *Peckoltia compta*, *Crossocheilus oblongus*, *Otocinclus vestitus*, *Ancistrus* sp, *Otocinclus affinis*, *Corydoras sterbai* e *Ancistrus cirrhosis*.

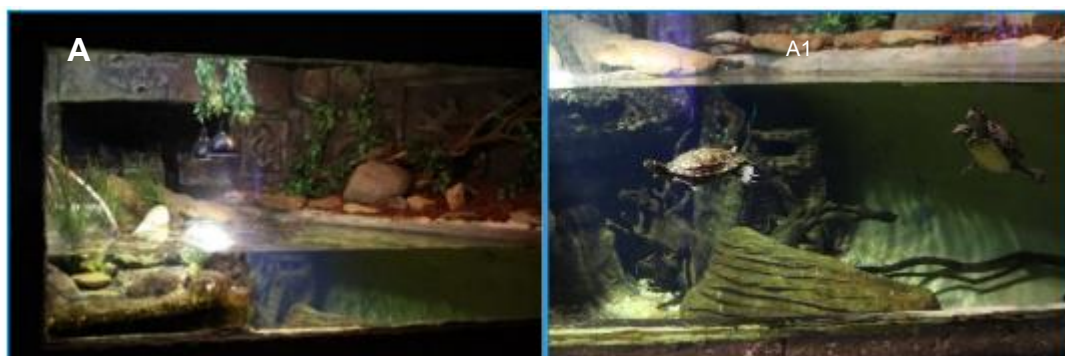


Figura 24 - Sistema isolado – Tanque das tartarugas mapa. A) representa a visão geral para o tanque e A1) representa a espécie em pormenor: *Graptemys geographica*.

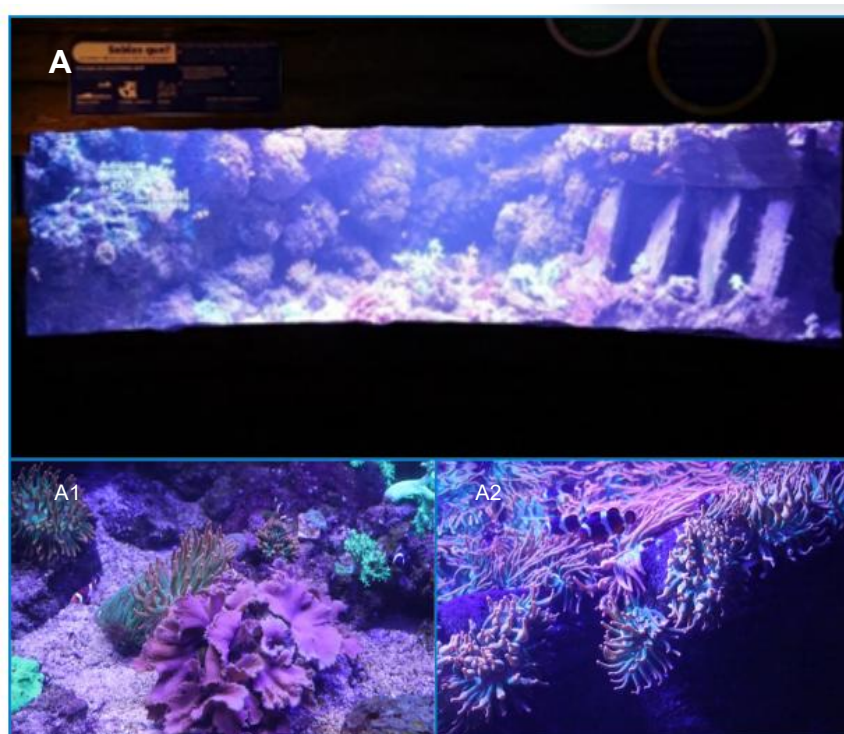


Figura 25 – Sistema isolado - Tanque 16 dos Corais. A) Visualização completa do T16 que conta com mais de 20 espécies de animais. A1) e A2) Apresentam algumas espécies: *Entacmaea quadricolor*, *Amphiprion ocellaris black*, *Capnella imbricata* e *Amphiprion ocellaris*.

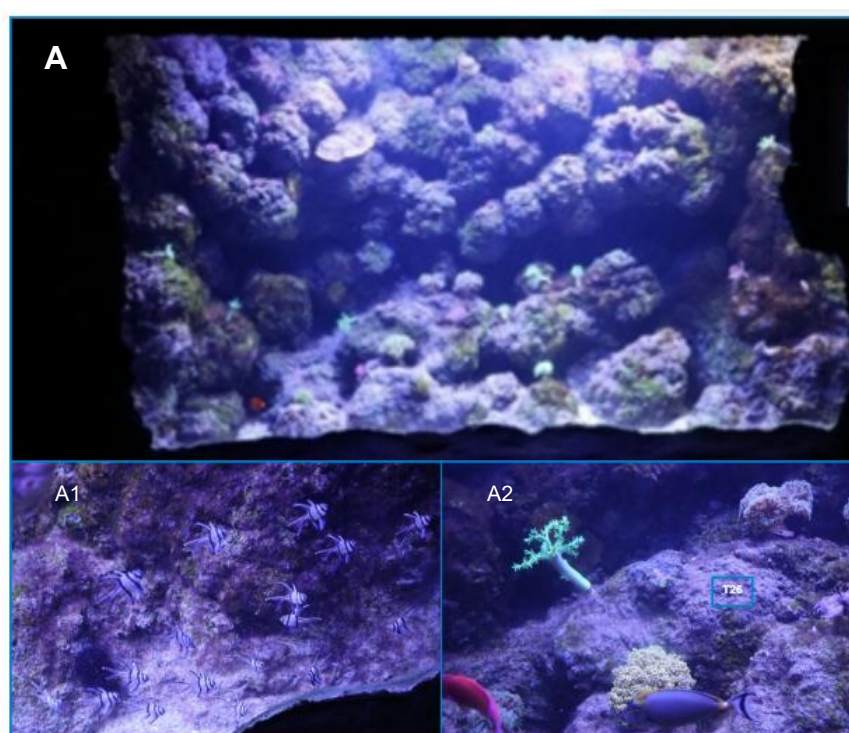


Figura 26 - Sistema isolado - Tanque 17 dos Corais. A) Visualização completa do T17 que conta com mais de 20 espécies de animais. A1) e A2) Apresentam algumas espécies: *Caulastrea sp.*, *Capnella sp.*, *Centropyge loriculus*, *Sarcophyton sp.*, *Naso lituratus* e *Pterapogon kauderni*.

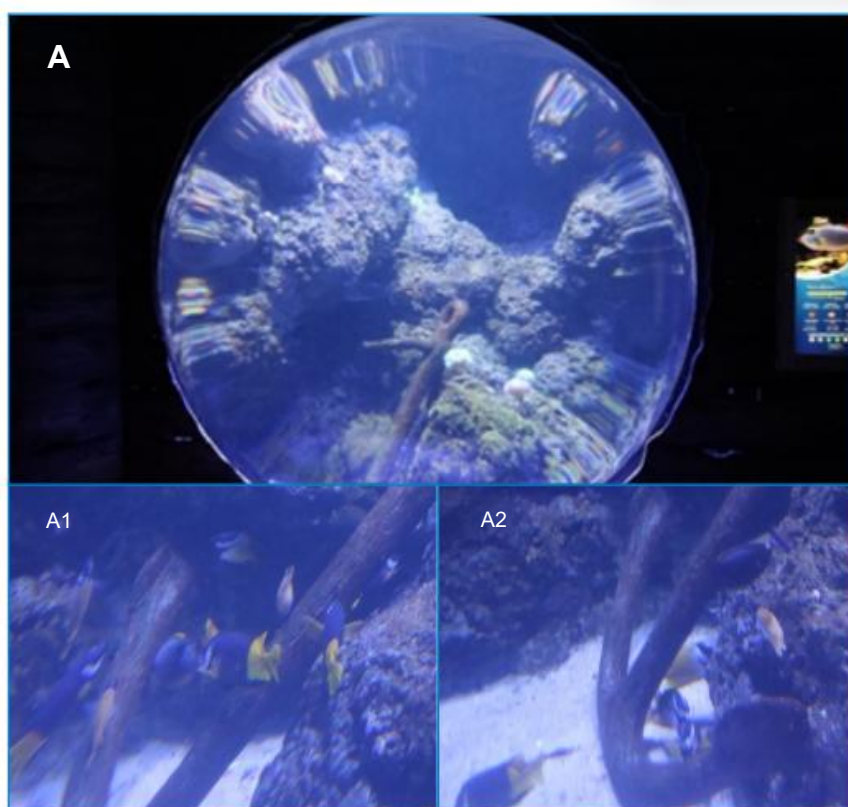


Figura 27 - Sistema isolado - Tanque 18 dos Corais. A) Visualização completa do T18 que conta com mais de 10 espécies de animais. A1) e A2) Apresentam algumas espécies: *Siganus vulpinus*, *Siganus uspi*, *Acreichthys tomentosus*, *Pomacanthus imperator*, *Caulastrea sp.*

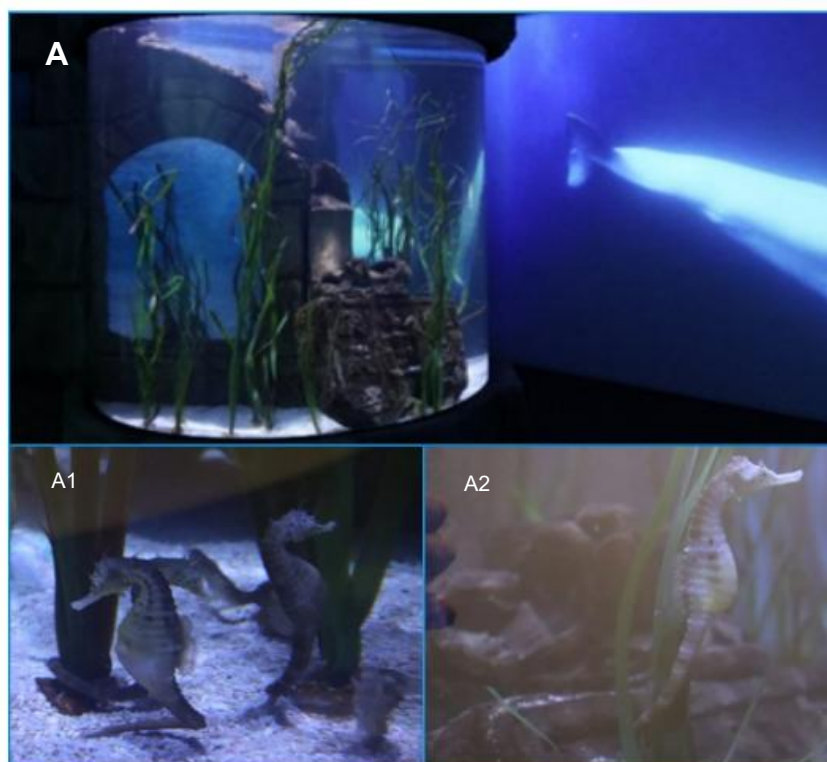


Figura 28 – Sistema isolado – Tanque dos Cavalos Marinhos. A) representa a visão geral para o tanque. A1) e A2) representam a espécie em pormenor: *Hippocampus abdominalis*.

5.3 Quarentena

Em qualquer centro de exposição é obrigatório um espaço de quarentena que atenda a requisitos técnicos, de higiene e de bem-estar animal.

Em relação aos sistemas de água presentes, existem três que funcionam como réplicas dos sistemas principais. Neste espaço, é possível isolar os tanques para atender às necessidades do animal que é transferido. Como é possível observar nas figuras 29B-C, os tanques têm diversos tamanhos para que diferentes animais possam ser albergados. É necessário isolar os animais em várias situações, como na chegada de novos peixes, que podem transportar doenças ou parasitas não detetáveis apenas com observação. O isolamento também é fundamental quando os animais apresentam sintomas suspeitos como o aparecimento de manchas, comportamento estranho ou perda de apetite. O isolamento na quarentena permite uma observação mais cuidadosa e um tratamento de animais infetados, sem colocar em risco as outras espécies e sistemas de água. Além disso, o isolamento de tanques é essencial em situação de tratamentos com medicamentos, pois evita contagiar o equilíbrio biológico de todo o aquário.

Por outro lado, existem situações em que não é necessário o isolamento dos tanques, seja na quarentena ou nos tanques de exposição. Isso acontece, por exemplo, no caso dos peixes que já vivem há bastante tempo no mesmo tanque, não havendo risco de introdução de novas doenças. Outra razão para não isolar o tanque é o facto de existirem pequenas alterações internas no aquário, sendo elas plantas ou animais.

Nesta área do SLP, os materiais usados nas rotinas são desinfetados nas tinas disponíveis, uma com desinfetante e outra com água. Normalmente os objetos são colocados por 24 horas em cada uma das tinas (figura 29A) e posteriormente arrumados no seu devido local.



Figura 29 - Diferentes áreas da Quarentena do SEA LIFE Porto: A) Desinfecção; B) Tanques de maior volume para animais de maior porte ou cardumes; C) Tanques de volumes pequenos; D) Tanques de volume médio.

5.4 Life Support System

O *Life Support System* (LSS) é uma outra área do SEA LIFE Porto, que contém um conjunto de equipamentos responsáveis por manter, 24 horas por dia, condições ambientais adequadas que garantem que os animais que estão em exposição vivem saudáveis (figura 30). Este sistema tem um computador central que comunica as informações de todos os sistemas do SLP, controlando a filtração da água de todos os sistemas e a regulação dos parâmetros de qualidade da água, nomeadamente a temperatura e a oxigenação. Para além disto, o sistema ainda é capaz de dar informação sobre os níveis de água dos reservatórios e sistemas, e sobre outros parâmetros de funcionamento, como por exemplo, a introdução de ozono.

O LSS é um sistema seguro, que pode estar sujeito a falhas ocasionais. Por isso, é preciso monitorizar regularmente os dados fornecidos pelo LSS para prevenir qualquer problema. Assim, duas vezes por dia, verifica-se se os valores registados pelo computador central se encontram dentro dos intervalos estipulados. Este procedimento contribui para promover o bem-estar dos animais e também dos profissionais que trabalham no centro, uma vez que, em caso de avaria do equipamento, o sistema emite um alarme diretamente na área técnica dos biólogos do SLP.

Além disso, os parâmetros de qualidade da água são confirmados manualmente com uma sonda e todos os tanques são inspecionados para detetar possíveis fugas de água e/ou deficiências no arejamento e nas circulações de água.

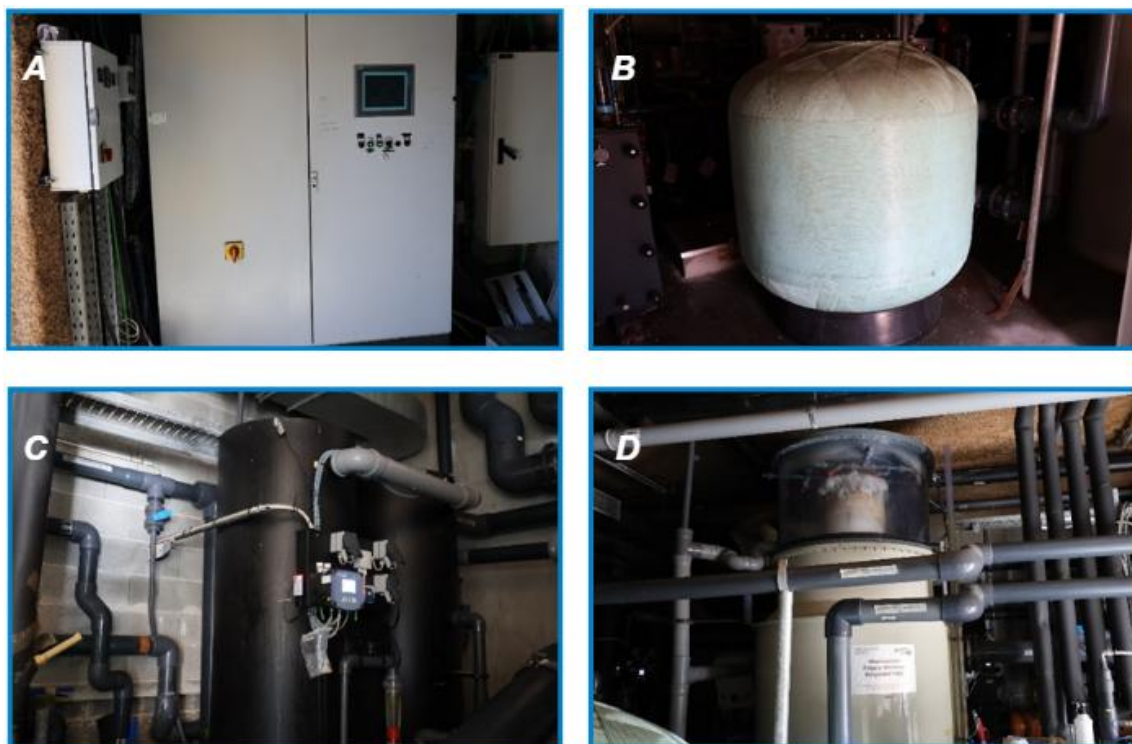


Figura 30 - Equipamentos presentes na área do *Life Support System*: A) Computador central dos sistemas de suporte de vida; B) Filtro de areia; C) Filtro de desnitrificação; D) *Protein skimmer* (espumador).

6. Qualidade da Água

A qualidade da água é um tópico essencial a ter em conta na saúde e no BEA. Os parâmetros da qualidade da água variam de acordo com espécie e a fase de vida de cada animal. Quando monitorizamos os parâmetros físico-químicos devemos ter em conta a temperatura, o pH, o amoníaco, os nitritos e nitratos e também a dureza, alcalinidade, oxigénio dissolvido, salinidade, entre outros. Por isso, diariamente, são registados os valores de temperatura, salinidade, oxigénio dissolvido e pH em todos os tanques do centro a partir de um equipamento de multifunções (figura 31) e uma vez por semana são medidos o amoníaco, os nitritos e os nitratos, num equipamento próprio (figura 32), dos tanques maiores de cada sistema principal e, nos sistemas isolados. Todos os dias são medidos aleatoriamente alguns tanques, de forma a garantir que pelo menos uma vez por mês cada tanque é avaliado individualmente.

Existem dois equipamentos diferentes de medição dos parâmetros anteriormente descritos, um para água doce e outro para água salgada (figura 32, A e B). O primeiro mede ainda os minerais presentes nas águas, como por exemplo, o cloro, o fosfato, o cálcio, entre outros.

A figura 31A representa o equipamento HI 98194 *Multiparameter* (HANNA instruments, 2022) e as figuras 31B-D, as respetivas sondas. A calibração das sondas é realizada semanalmente de acordo com as instruções do fabricante (HANNA instruments, 2022).

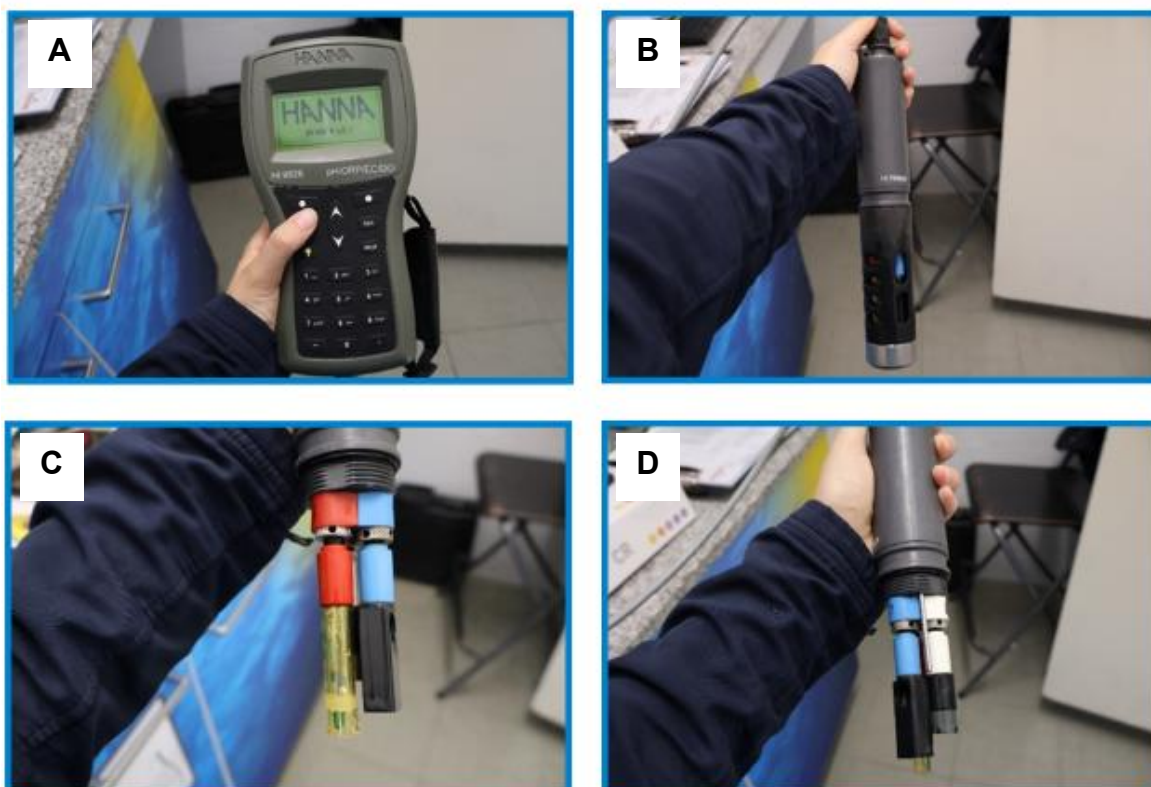


Figura 31- Representação do equipamento e respetivas sondas: A) e B) Equipamento multiparâmetro; C) sonda pH (vermelha) e sonda salinidade (azul); D) sonda de oxigénio dissolvido (branca).

A determinação dos compostos azotados (amoníaco, nitritos e nitratos) é realizado com recurso a dois equipamentos: Palintest 7500 Photometer (Palintest Instruments, 2025, figura 32A) para o sistema de água doce e HANNA HI-97115 (HANNA instruments, 2025, figura 32B) para os sistemas salgados. Os procedimentos são executados de acordo com os protocolos de cada fabricante (HANNA instruments, 2022) (Palintest Instruments, 2025).



Figura 32 - Equipamentos utilizados para a determinação dos compostos azotados: A) Utilizado na medição dos compostos azotados existentes na água doce; B) Utilizado na medição dos compostos azotados presentes em água salgada.

6.1 Compostos azotados

Em aquários, os compostos azotados (amoníaco, nitritos e nitratos) podem atingir níveis tóxicos, e, portanto, o seu controlo é essencial para manter a qualidade da água e a saúde dos animais (Kim et al., 2019). Estes compostos fazem parte do ciclo do azoto, que começa com o amoníaco. Contudo, é essencial distinguir que a forma tóxica não é o amoníaco total (TAN), mas sim o amoníaco não ionizado (NH_3). Nos sistemas aquáticos, o amoníaco existe em duas formas: o ião amónio (NH_4^+), pouco tóxico, e a amoníaco não ionizada (NH_3), que é forma realmente perigosa para os peixes (Xu et al., 2021). O equilíbrio entre estas formas depende do pH e da temperatura da água, isto é, quanto mais altos, maior a quantidade de NH_3 (Floyd et al., 2009). A amoníaco total resulta do metabolismo das proteínas após a alimentação e também da matéria orgânica (Ebeling et al., 2006). Quando o amoníaco se encontra em excesso num tanque com peixes, pode interferir com o seu metabolismo, afetando a contração muscular e em situações mais graves pode provocar a morte dos animais (Kim et al., 2019). Através da ação de bactérias nitrificantes, surgem os nitritos, que em determinadas concentrações podem causar a oxidação da hemoglobina do sangue, reduzindo a capacidade de transporte de oxigénio e causando hipoxia e anemia nos peixes (Roques et al., 2015). Por sua vez, os nitratos, são o produto final da nitrificação (Hamlin, 2006). São menos tóxicos que os anteriores, mas em concentrações elevadas podem provocar metemoglobinemia (transformação da hemoglobina em metemoglobina, que não transporta oxigénio, o que causa falta de oxigénio no sangue) e levar à mortalidade em sistemas de recirculação (Bussel et al., 2012).

6.1.1 Valores recomendados de qualidade da água

No SLP, os sistemas de água, tanto os principais como os isolados, têm valores limite definidos de acordo com as espécies existentes em cada um deles, uma vez que as espécies apresentam tolerâncias distintas tanto para compostos azotados, como para temperatura, salinidade, oxigénio dissolvido e pH.

Os parâmetros da água são diariamente avaliados e comparados aos valores recomendados da empresa, tanto para os sistemas principais (tabela 1), como para os sistemas isolados (tabela 2).

Tabela 1- Parâmetros de qualidade de água para cada um dos três sistemas de água principais do SLP.

	AMS	TMS	FWS
Temperatura (°C)	12 – 18	22 – 25	12 – 20
Salinidade (ppm)	26 – 31	26 – 31	----
Oxigénio Dissolvido (OD) (%)	85 – 103	90 – 103	80 – 100
pH	8 – 8,4	8,2 – 8,4	7 – 8
Amoníaco (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05
Nitritos (mg/L)	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Nitratos (mg/L)	< 50	< 20	< 50

Legenda: AMS - *Ambient Marine Sistem*; TMS - *Tropical Marine Sistem*; FWS - *Freshwater Sistem* (FWS).

Tabela 2 - Parâmetros de qualidade de água para cada um dos tanques com sistemas de água isolado do SLP.

	ADQ	CR	Jelly	MP	SH
Temperatura (°C)	20 – 30	24 – 27	15 – 18	20 – 30	12 – 20
Salinidade (ppt)	----	33 – 36	32 – 35	----	30 – 36
Oxigénio Dissolvido (OD)	80 – 100	90 – 103	75 – 99	80 – 100	90 – 100
pH	5 – 8,5	8.2 – 8,4	8 – 8,4	5 – 8,5	7,6 – 8,4
Amoníaco (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,02	<0,05	< 0, 002
Nitritos (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	0
Nitratos (mg/L)	<50	<20	<10	<50	<40

Legenda: ADQ – Água doce quente; CR – Corais; Jelly – Medusas; MP – Tartarugas mapa; SH – Cavalos marinhos.

7. Atividades Desenvolvidas

Como já foi referido, a profissão de Aquarista é fundamental para o bem-estar dos animais presentes no aquário. Desta forma, existem uma variedade tarefas que devem cumpridas diariamente e outras, semanalmente, mensalmente ou ainda as que apenas se realizam esporadicamente.

Essas tarefas são realizadas de forma rotativa, o que me permitiu aprender e executar todos os procedimentos descritos a seguir. Com o tempo, fui assumindo responsabilidades acrescidas, integrando-me progressivamente como um elemento ativo da equipa.

7.1 Atividades Regulares

7.1.1 Rotina Diária

O dia para os aquaristas do SEA LIFE inicia-se às 8 horas da manhã com uma reunião de grupo para divisão das tarefas essenciais e obrigatórias diárias. As tarefas obrigatórias incluem alimentação, limpeza de tanques, supervisão do equipamento de suporte básico de vida e funcionamento de todos os sistemas.

A primeira alimentação é dada em todos os tanques antes do centro abrir para o público, ou seja, por volta das 8h40 da manhã para que haja uma observação mais detalhada dos animais. Esta primeira alimentação permite que os aquaristas observem com mais atenção a saúde de cada animal, identificando eventuais problemas logo no início do dia. Além disso, a primeira alimentação permite que os animais comam mais tranquilamente, reduzindo o potencial stress associado à presença de visitantes.

Um membro da equipa alimenta os animais presentes no centro e outro que alimenta os pinguins que ficam numa área exterior ao edifício central. A alimentação dos pinguins ocorre na área técnica do seu habitat, de forma a permitir controlar se cada indivíduo consome a quantidade mínima recomendada e simultaneamente observar se o comportamento está de acordo com o esperado para espécie.

Em simultâneo com a primeira alimentação, decorre a limpeza dos tanques obrigatórios (tanque das medusas, tanque dos cavalos marinhos) e os tanques que são de limpeza rotativa cuja manutenção vai sendo intercalada ao longo da semana.

Na cozinha, depois da primeira alimentação começa a preparação da comida para a tarde e para o dia seguinte. A alimentação é preparada no dia anterior para na manhã do dia seguinte os animais serem alimentados à primeira hora do dia de trabalho dos aquaristas. Às 11h00 a equipa distribui-se para realizar as seguintes tarefas: alimentação da tartaruga, dos tubarões e da raia-uge-americana, manutenção da quarentena e medição dos parâmetros físico-químicos da água. A alimentação dos animais mencionados é realizada

em dois horários específicos (11h00 e 14h30) pelas seguintes razões: 1) para manter horários regulares – o contribui para o bem-estar dos animais, uma vez que ajuda a estabelecer uma rotina consistente; 2) horários coordenados com as palestras para os visitantes - os momentos de alimentação permitem uma experiência educativa única de sensibilização pela conservação de cada uma destas espécies.

Após uma pausa para almoço, as tarefas retomam às 14h30 novamente com a alimentação dos tubarões, da tartaruga e da raia-uge-americana, bem como uma alimentação a todos os tanques do centro. Esta segunda ronda de alimentação pelos tanques do centro serve de complemento alimentar para os animais. Existe ainda uma segunda alimentação dos pinguins às 16h30 que difere da primeira por ser aberta ao público. Nesta altura, a quantidade de alimento consumido tem carácter complementar, servindo apenas de reforço. Os pinguins durante esta alimentação competem entre si, exibindo comportamentos típicos da espécie, o que é benéfico para o seu bem-estar. Simultaneamente, é realizada uma palestra sobre os pinguins, destinada a informar o público sobre a biologia da espécie e a promover a sensibilização para a sua conservação.

O horário de trabalho encerra às 17h00, após a limpeza da cozinha e verificação ou limpeza das áreas técnicas e quarentena.

7.1.1.1 Alimento fornecido

O alimento fornecido difere com a espécie, uma vez que cada espécie tem necessidades diferentes: rações, náuplios de *Artemia* sp, *Artemia* sp. congelada, misturas de plâncton congelado, camarão e mexilhão congelado, pescado também congelado e vitaminas.

Ao fornecer ração aos animais estamos a garantir que o animal consegue ter um suporte nutricional equilibrado, dado que contêm vitaminas e minerais essenciais. As rações têm diferentes calibres (dos mais pequenos aos maiores) (figura 33) e podem ser administradas tanto a peixes de água doce, como de água salgada. Por exemplo, a ração é dada a animais como o esturjão (*Acipenser oxyrinchus*) e os peixes-diamante (*Monodactylus argenteus*).

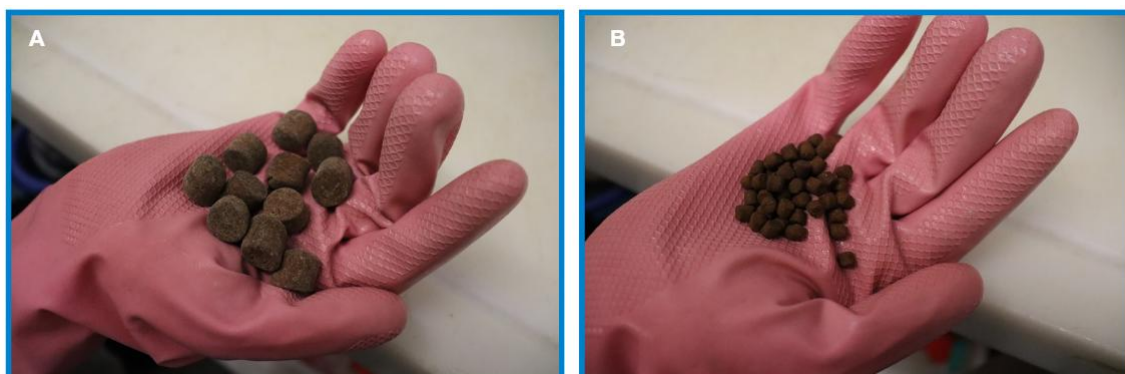


Figura 33 - Exemplos de ração utilizada. A) Ração de maior grão; B) Ração de menor grão.

As misturas de plâncton congelado incluem diferentes tipos de microcrustáceos como *mysis* e *krill*, e de microalgas (figura 34). Essas misturas e a *Artemia* sp congelados são oferecidas a juvenis, a espécies de corais, medusas, cavalos marinhos e variados invertebrados.



Figura 34 - Diferentes exemplos de plâncton fornecido aos animais.

O mexilhão e camarão, são utilizados como reforço alimentar dos peixes do tanque central (tanque 21), estrelas do mar, peixes-leão, entre outros.

O pescado é utilizado para animais de maior porte ou com características predatórias acentuadas, como por exemplo, tubarões-de-pontas-negras, tubarão-zebra e raia-uge-americana. O tipo de pescado varia desde sardinha, pota, lula, atum, salmão, peixe-branco, capelim e espadilha.

Os náuplios de *Artemia* sp. são sobretudo utilizados como alimento vivo das medusas. Este alimento é produzido nas instalações do centro através da incubação de cistos desidratados em água salgada com temperatura e luminosidade controladas (figura 35). Os cistos eclodem normalmente após 18 e 24 horas, e os náuplios são separados das cascas e detritos.



Figura 35 - Náuplios de *Artemia* sp. produzidos no SEA LIFE Porto.

As vitaminas (figura 36A) são incorporadas na alimentação diária (figura 36B), servindo como reforço, visto que a maioria dos alimentos é congelada, o que leva à perda de parte da sua capacidade vitamínica na descongelação. A frequência deste reforço depende das espécies, mas em geral é oferecido de dois em dois dias a todas as espécies, à exceção dos tubarões e da raia-uqe-americana, em que o reforço é realizado diariamente.

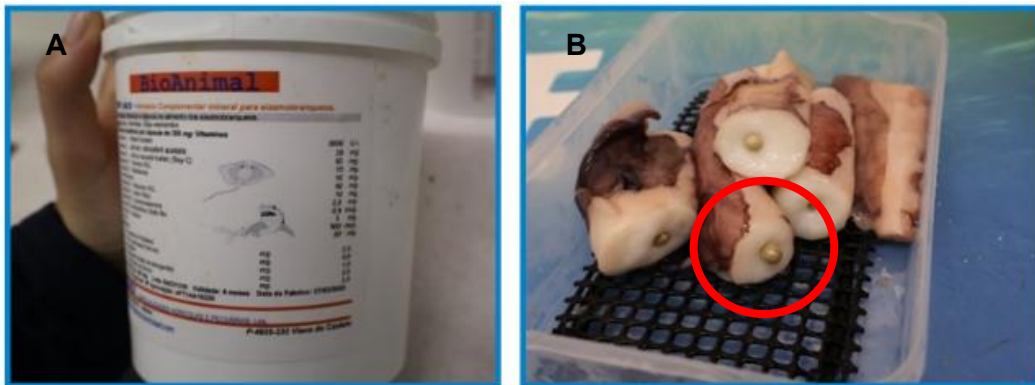


Figura 36 - Vitaminas fornecidas aos elasmobrânquios. A) Recipiente das vitaminas com as informações sobre o produto. B) Vitaminas inseridas no alimento fornecido aos elasmobrânquios.

7.1.2 Limpeza de aquários

Para manter o bem-estar dos animais, além da alimentação, também é necessário proceder à limpeza de cada habitat. Assim, é necessário realizar vários procedimentos como sifonar (figura 37), limpeza de vidros e trocas de água.

A sifonagem é utilizada para remover detritos, restos de alimentos, fezes e outros resíduos acumulados do fundo dos tanques. Nesta atividade, pode ser necessária a presença de um mergulhador (figura 37A) dependendo das dimensões dos tanques.

O procedimento é realizado a partir de uma sucção, acionada pela gravidade que permite retirar a água juntamente com as partículas indesejadas presentes no substrato (figura 37B). Esta ação previne o aumento de compostos como o amoníaco, nitritos e nitratos que comprometem o bem-estar dos animais.

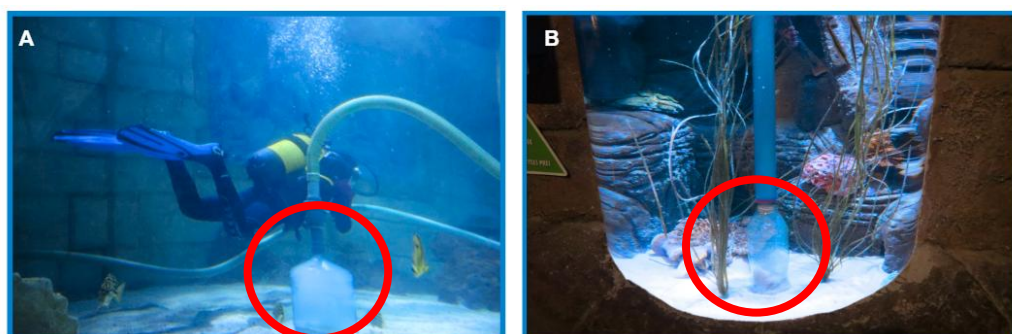


Figura 37 - Limpeza dos tanques. A) limpeza com a presença de mergulhador (Tanque 21). B) Limpeza sem necessidade de mergulhador (Tanque 27).

A limpeza dos vidros também é essencial para permitir o bem-estar dos animais e para que os visitantes possam observá-los claramente (figura 38A e 38B). Este processo remove algas ou resíduos que se acumulam nos vidros. Nesta tarefa, podem ser utilizadas escovas, esponjas ou lâminas específicas para aquários. Estes materiais são utilizados para vidros e para limpar materiais que enriquecem o tanque, como por exemplo corais ou algas artificiais. A frequência destas atividades depende da carga biológica e do tipo de organismos presentes no aquário. Além disso, as trocas de água, isto é, a remoção de parte da água do tanque e substituição por uma água menos contaminada, também estão incluídas na limpeza dos aquários.

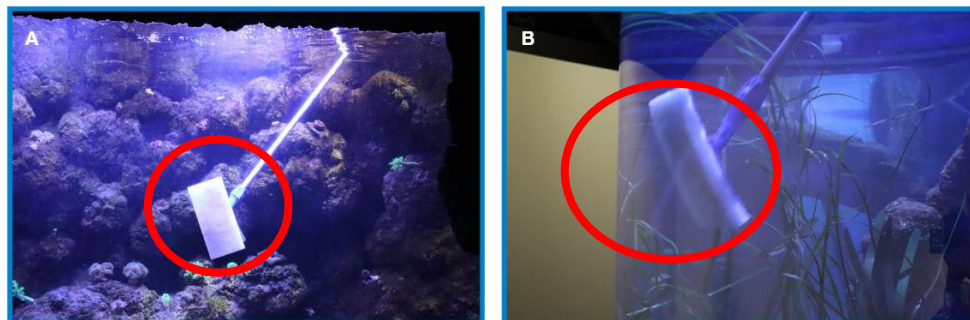


Figura 38 - Limpeza de vidros dos tanques com a utilização de uma Mopa com Esponja. A) Limpeza do T17 dos Corais. B) Limpeza do tanque dos cavalos marinhos.

7.1.3 Controlo dos parâmetros de qualidade de água

Embora o LSS garanta fiabilidade através da filtragem, reciclagem e monitorização automatizada da água, as oscilações nos parâmetros físico-químicos representam um risco significativo para os animais. Assim, valida-se diariamente a monitorização digital através de medições manuais de temperatura, pH, oxigénio dissolvido e salinidade, recorrendo a uma sonda multiparamétrica (figura 39A, 39B e 39C).



Figura 39 - Medição dos parâmetros de qualidade da água (pH, temperatura, oxigénio dissolvido e salinidade) dos diferentes tanques. A) T16 dos Corais; B) Medusas; C) Cavalos Marinhos.

7.2 Atividades ocasionais

7.2.1 Trocas de água

Quando os tanques são sifonados a água que é removida juntamente com os resíduos vai para o esgoto e entra no tanque uma água menos contaminada e previamente tratada para atender às necessidades dos animais. Contudo, como o objetivo da sifonagem é remover os resíduos sólidos presentes no tanque, a quantidade de água extraída pode não ser suficiente para extrair o amoníaco, nitratos e nitritos lá existentes. Dessa forma, as maiores trocas de água são realizadas ao domingo. Este processo é feito através de um *backwash* dos filtros mecânicos, isto é: inverter o fluxo de água temporariamente através do filtro para que os resíduos acumulados sejam eliminados e assim ser possível que a filtração seja eficiente. Isto permite que o sistema esvazie antes de o reabastecer com água nova. A água descartada vai para o sistema público de esgotos.

No que diz respeito à água doce, a água nova advém da rede de abastecimento público, ao contrário da água salgada, em que é necessário encher previamente o *Salt mix* para adicionar a quantidade de sal necessária.

7.2.2 Produção de água salgada

A água salgada sintética utilizada no SLP é produzida a partir da água fornecida pela rede pública. Esta água é armazenada num reservatório a que chamamos de *Salt Mix*, onde permanece por um período de tempo necessário para que o cloro se dissipe. Posteriormente, é adicionado sal à água, cuja dosagem é controlada pelos aquaristas do centro. Depois da dissolução completa do sal essa água é direcionada para os sistemas principais ou para a quarentena.

7.2.3 Receção de novos animais

A receção de novos animais acontece de forma planeada. A introdução de novas espécies no SLP, seja por decisão de gestão do centro, seja pela transferência de indivíduos provenientes de outros SEA LIFE, por exemplo por situação de sobrelotação ou inadequação do habitat de origem, exige que os parâmetros físico-químicos do meio envolvente sejam ajustados de modo a aproximarem-se o mais possível dos existentes nos sistemas do nosso centro. Esta adaptação é feita através de processos de aclimação que variam conforme a espécie.

Os animais chegam ao SLP transportados num recipiente próprio, e daí, inicia-se o processo de aclimação. Durante este processo, o parâmetro prioritário a estabilizar é a temperatura da água, de modo a evitar choques térmicos que possam comprometer a sobrevivência do animal. Assim, a água proveniente dos sistemas é gradualmente

introduzida e misturada com a água do transporte, até que nesse recipiente exista apenas a água do sistema do SLP. É nesse intervalo de tempo que o animal é transferido para um dos tanques da quarentena, onde permanece durante um período previamente definido. Durante essa fase, são submetidos a tratamentos para que não haja qualquer risco de transmissão de parasitas ou patologias.

Tanto os tratamentos aplicados aos animais que chegam ao SLP, como os tratamentos a animais da exposição que eventualmente fiquem doentes, são praticados sob indicações veterinárias e realizados isoladamente nos tanques da quarentena, garantindo que o bem-estar e a saúde dos restantes animais não sejam comprometidos.

7.2.4 Transferência de animais

A transferência de animais pode ocorrer por diversos motivos, nomeadamente: patologias, agressividade, incompatibilidade de animais, opções na exposição dos animais ou pelo tamanho do tanque em que se encontravam.

7.2.5 Necrópsias

As necrópsias são realizadas para determinar a causa da morte, identificar possíveis patologias e avaliar o estado geral dos órgãos e tecidos. Nos aquários os animais podem morrer por doenças, ataques entre animais, alterações no sistema de água ou por velhice. O procedimento de uma necrópsia inclui a observação externa do corpo dos animais, na qual se registam possíveis lesões visíveis e alterações morfológicas. Segue-se a abertura e inspeção das cavidades corporais, acompanhada da análise macroscópica dos órgãos e a recolha de amostras de órgãos e tecidos para frascos com formol para os preservar. Estes procedimentos são realizados pelos aquaristas no SLP. De seguida, as amostras recolhidas são enviadas para laboratórios externos, onde são avaliadas através de técnicas de histologia, microbiologia ou toxicologia. As informações clínicas dos animais são registadas e partilhadas de forma constante com a rede SEA LIFE, chegando rapidamente ao SLP. A partir do diagnóstico realizado pelos veterinários, são tomadas as medidas adequadas para prevenir mortalidades futuras, sejam elas, recolher os animais desse tanque para a quarentena, isolá-lo ou serem submetidos a tratamentos preventivos.

8. Conclusão

A realização do estágio no SEA LIFE Porto, permitiu desenvolver várias competências, tanto a nível pessoal como profissional. Ao longo deste percurso, houve a oportunidade de conhecer várias espécies de animais, o que conduziu à aquisição e consolidação de conhecimentos sobre as diversas espécies, a sua biologia e manejo, uma vez que a prática diária exige constante atualização e aplicação desses conhecimentos.

Nas primeiras semanas de estágio, as funções consistiram essencialmente em observar e aprender a teoria das tarefas realizadas. Contudo, ao longo do tempo, foi dada a oportunidade de as realizar de forma autónoma, resultando na aquisição de uma capacidade prática preparatória para exercer profissionalmente essa função. Foi realizada a maioria das tarefas consideradas diárias, tais como as rotinas de alimentação, a medição dos parâmetros físico-químicos, o controlo da quarentena, as sifonagens e limpeza de habitats. Para além disso, estabeleceu-se contacto direto com a produção de água salgada, a receção e tratamento de animais e a realização de necropsias. Apesar desta vasta experiência, ainda existem funções onde é possível aprofundar o conhecimento.

Este estágio possibilitou a integração na equipa de biologia do SEA LIFE Porto, altamente profissional, que alia o trabalho diário com a preocupação de melhorar e manter o bem-estar animal. Para além dos ensinamentos e o acompanhamento em todas as tarefas, a integração nesta equipa permitiu também o desenvolvimento de capacidades de comunicação e de trabalho em equipa, compreendendo-se o papel do aquarista nos sistemas de suporte de vida e no cuidado dos animais e assim, assegurando assim o bem-estar das espécies sob cuidado humano.

Adicionalmente, este estágio despertou um especial interesse pela área da alimentação e, consequentemente, pela nutrição animal, o que permitiu estudar esse tema nos elasmobrânquios do SLP. A experiência prática na preparação e distribuição dos diferentes tipos de dietas em conjunto com a observação direta do comportamento alimentar das espécies, suscitou curiosidade e daí a motivação para desenvolver parte deste relatório nessa vertente, tanto pela sua relevância na saúde como no bem-estar animal.

Este estágio revelou-se muito útil, proporcionando uma visão realista e fundamentada sobre o trabalho diário numa empresa, integrando a experiência prática com a informação teórica adquirida ao longo da formação académica.

Capítulo III - Estudo e desenvolvimento de um plano alimentar para três espécies do SEA LIFE Porto

1. Introdução

1.1 Elasmobrânquios

Os elasmobrânquios (subclasse Elasmobranchii), que incluem os tubarões, raias e mantas, constituem um grupo taxonómico pertencente à classe dos condríctios (*Chondrichthyes*), cuja principal característica é a presença de um esqueleto cartilágneo, em oposição ao esqueleto ósseo dos osteíctios (*Osteichthyes*) (Maisey, 2012).

O termo "Elasmobranchii" deriva do grego *elasma* (placa) e *branchii* (brânquias), referindo-se à estrutura das suas fendas branquiais (Cardigos, 2011).

A leveza e flexibilidade do corpo dos elasmobrânquios deve-se à estrutura cartilaginosa, enquanto as barbatanas peitorais largas, particularmente em raias, garantem elevada manobrabilidade; destacam-se ainda características como múltiplas fendas branquiais visíveis, ausência de bexiga natatória, pele coberta por escamas placóides (semelhantes a dentículos dérmicos), e um sistema sensorial avançado, com destaque para a linha lateral e as ampolas de Lorenzini, sensíveis a campos elétricos gerados por potenciais presas (Carrier, 2012).

Com registos fósseis que remontam ao período Devoniano, há aproximadamente 400 milhões de anos, os elasmobrânquios representam uma linhagem evolutiva antiga e resiliente, tendo sobrevivido a múltiplos eventos de extinção em massa o que demonstrou uma notável adaptabilidade ecológica (Janvier, 2015). A investigação paleontológica tem sido determinante para a compreensão da história evolutiva e das relações filogenéticas dos elasmobrânquios sendo o estudo de fósseis dentários, esqueléticos e cranianos fundamental para identificar padrões de diversificação associados a eventos geológicos e ambientais significativos, como as extinções do final do Permiano e do Cretácico (Maisey, 2012).

Ao longo do tempo, mantiveram uma morfologia relativamente conservadora, apesar da sua ampla diversificação em termos de nichos ecológicos, formas corporais e estratégias comportamentais (Underwood, 2006). Contudo, embora sejam tratados como um grupo homogéneo, os elasmobrânquios apresentam uma enorme diversidade taxonómica, funcional e ecológica, refletida em diferenças acentuadas nos modos de locomoção, estratégias alimentares, padrões reprodutivos e comportamentos sociais (Quental & Marshall, 2010).

Ecologicamente, os elasmobrânquios desempenham papéis fundamentais como predadores de topo ou intermediários, dado que regulam a dinâmica das comunidades marinhas e contribuem para a estabilidade dos ecossistemas (Heithaus et al., 2008).

O facto de ocuparem diversos nichos ecológicos (bentónicos, pelágicos ou demersais) e apresentarem dietas que vão desde o plâncton até presas de maior porte, os elasmobrânquios desempenham um papel importantíssimo na modulação de comportamentos, controlo de populações de presas e manutenção do equilíbrio das cadeias alimentares marinhas (Ferretti et al., 2010).

Os elasmobrânquios compreendem mais de 1200 espécies descritas, distribuídas desde águas costeiras rasas até zonas abissais (Rosa, 2022). Além disso, apresentam uma diversidade taxonómica enorme e estratégias reprodutivas lentas e variadas, que podem ser ovíparas, ovovivíparas ou vivíparas (com placenta, como nos mamíferos) (Musick et al., 2000).

No entanto, diversas espécies enfrentam declínios acentuados por causa da pesca excessiva, captura accidental, degradação de habitats e comércio internacional de produtos derivados, como barbatanas e fígado (Clarke et al., 2007) e, por isso, diante desta realidade, é importante continuar a estudar e a obter maior conhecimento científico sobre os elasmobrânquios, de forma a investigar a sua biologia, ecologia e estados de conservação de forma a formular estratégias eficazes de manipulação e preservação destas espécies na natureza e em aquários públicos.

No contexto deste relatório de estágio, será dada especial atenção a três espécies de elasmobrânquios atualmente mantidas no aquário SEA LIFE Porto: o tubarão-de-pontas-negras (*Carcharhinus melanopterus*), o tubarão-zebra (*Stegostoma tigrinum*) e a raia-uge-americana (*Hypanus americanus*). Estas espécies representam diferentes ordens dentro da subclasse Elasmobranchii e ilustram a diversidade morfológica, ecológica e comportamental do grupo. Ao longo deste trabalho, irá ser abordada a biologia, o comportamento e a nutrição de cada uma destas espécies, tanto no seu habitat natural como sob cuidado humano. Esta comparação visa compreender melhor as suas necessidades ecológicas e fisiológicas, contribuindo para o desenvolvimento de práticas de bem-estar animal e conservação *ex situ* mais eficazes.

1.1.1 Tubarão-de-pontas-negras

Os peixes cartilagíneos, no geral, exibem crescimento lento, maturação sexual tardia, baixa fecundidade, longa longevidade e períodos de gestação prolongados (Bodine et al., 2004) o que os torna particularmente vulneráveis à pressão pesqueira e à degradação ambiental. Dentro deste grupo, o tubarão-de-pontas-negras (*Carcharhinus melanopterus*) destaca-se como uma das espécies mais comuns pertence à família Carcharhinidae, e amplamente distribuídas em habitats marinhos tropicais do Indo-Pacífico (Mar Vermelho, o Oceano Índico e partes do Pacífico ocidental), onde podem atingir até 1,5 metros de comprimento total (Papastamatiou et al., 2009). Existem registros mais recentes que também indicam a sua presença no Mediterrâneo oriental, após a passagem pelo Canal de Suez (Stevens & Last, 2009).

A figura 40A-C é uma representação de dois tubarões-de-pontas-negras, neste caso um macho (figura 40B) e uma fêmea (figura 40C) que habitam no SLP.

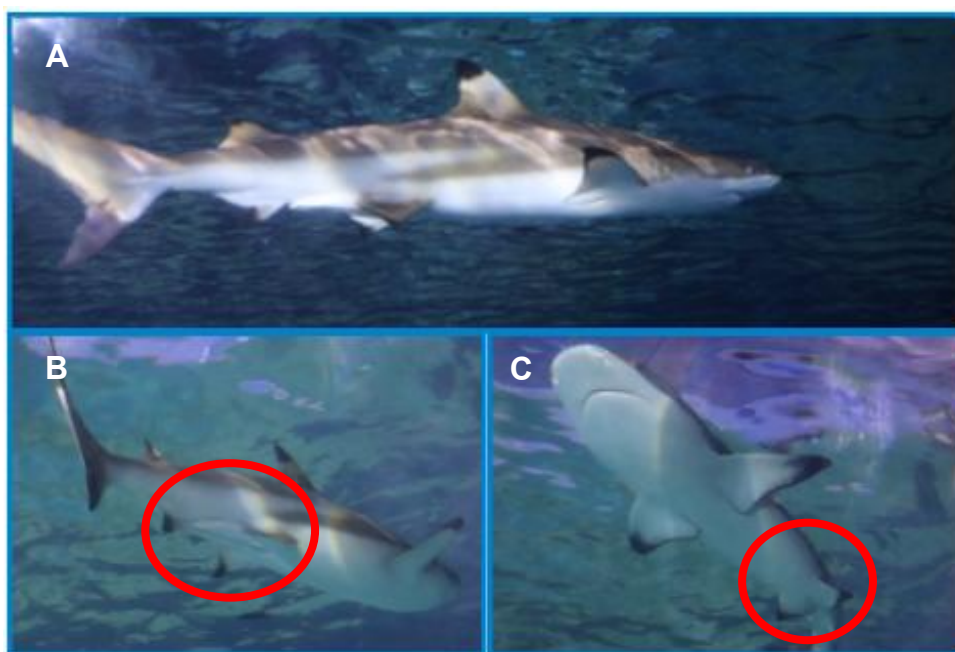


Figura 40 – Tubarão-de-pontas-negras (*Carcharhinus melanopterus*). Os círculos vermelhos destacam o sexo do animal. A) Vista lateral de um tubarão-de-pontas-negras em ambiente sob cuidado Humano. B) Tubarão-de-pontas-negras macho do SLP. C) Tubarão-de-pontas-negras fêmea do SLP.

A espécie é frequentemente observada em recifes de coral, mas também utiliza mangais, zonas costeiras intertidais, lagoas rasas e até áreas salobras e de baixa oxigenação (Mourier et al., 2012). Estes tubarões são comuns em águas pouco profundas, muitas vezes a menos de um metro de profundidade, o que os torna particularmente visíveis a mergulhadores e praticantes de snorkel, contribuindo significativamente para o ecoturismo marinho em regiões como a Grande Barreira de Coral, Palau e a Polinésia Francesa (Porcher, 2005).

Do ponto de vista ecológico, o *C.melanopterus* é um predador costeiro ativo que se alimenta principalmente de peixes ósseos (teleósteos), mas também consome moluscos e crustáceos (Lyle, 1987). Alguns estudos provam que não existem alterações significativas na dieta entre indivíduos juvenis e adultos (Stevens, 1984).

Apesar da sua aparente abundância e da facilidade de observação, há um conhecimento limitado sobre vários aspetos fundamentais da biologia e ecologia da espécie, nomeadamente em parâmetros como a idade de maturação, longevidade, taxas de crescimento e de mortalidade, e na taxa de aumento populacional (Simpfendorfer et al., 2011). Esta falta de dados detalhados compromete a construção de modelos populacionais fiáveis e a definição de medidas eficazes de conservação e gestão (Walker, 2005).

O uso frequente de habitats costeiros e recifes de coral coloca a espécie sob várias ameaças, tanto diretas como indiretas, dado que é alvo de capturas por pescarias artesanais e comerciais em diversas regiões, nomeadamente na África Oriental, Sudeste Asiático e Austrália (White, 2007).

Para além da pressão da pesca, a espécie sofre com a degradação do habitat devido ao desenvolvimento costeiro, poluição, sedimentação e impactos das alterações climáticas, fatores que afetam de forma crítica os ecossistemas de recife, considerados entre os mais ameaçados do planeta (Halpern et al., 2008). A conservação desta espécie exige uma melhor compreensão dos seus parâmetros de história de vida e das especificidades populacionais locais, uma vez que estas podem variar significativamente consoante a região (Carlson et al., 2003). A nível global, a espécie é atualmente classificada como “Vulnerável” pela Lista Vermelha da IUCN, com indícios de declínio populacional em várias regiões (Simpfendorfer et al., 2020).

Alguns estudos sobre os seus padrões de movimentação e uso do habitat têm revelado uma grande complexidade comportamental, influenciada por fatores ambientais, biológicos e ecológicos (Chin et al., 2013). Casos de agressividade durante o acasalamento têm sido partilhados na comunidade científica, bem como ferimentos em indivíduos, resultantes da predação por espécies maiores como o tubarão-cinzento-do-recife (*Carcharhinus amblyrhynchos*), o tubarão-limão (*Negaprion acutidens*) e o tubarão-martelo-gigante (*Sphyrna mokarran*) (Mourier et al., 2013).

Assim, os *Carcharhinus melanopterus* representam não só uma espécie-chave nos ecossistemas recifais, como também um importante indicador da saúde ambiental destas áreas. Por isso, a sua conservação exige uma abordagem integrada, baseada em dados científicos robustos, que inclua o controlo da pesca, a proteção dos habitats costeiros e a monitorização contínua das populações (Eustache et al., 2024). Além da sua relevância ecológica, os tubarões-de-pontas-negras têm-se revelado valiosos em programas de conservação *ex situ*, especialmente em aquários públicos, uma vez que a sua presença

em ambientes controlados permite não só ampliar o conhecimento científico sobre aspetos da sua biologia e comportamento, mas também desempenha um papel na sensibilização do público para a conservação dos elasmobrânquios (Bodine et al., 2004). Aquários com programas bem estruturados contribuem para a reprodução em cativeiro, reduzindo a pressão sobre as populações selvagens, e funcionam como núcleos educativos capazes de promover atitudes mais informadas e empáticas por parte do público (McComb & Kajiura, 2008). Dessa forma, a manutenção de *C.melanopterus* em cativeiro deve ser considerada uma ferramenta complementar às estratégias de conservação *in situ* de conservação marinha.

1.1.2 Tubarão-zebra

O tubarão-zebra, atualmente designado *Stegostoma tigrinum*, é uma espécie de tubarão demersal amplamente distribuída nas águas costeiras tropicais e subtropicais do Oceano Índico e do Pacífico Ocidental (Compagno, 2002).

Durante muitos anos, foi referido como *Stegostoma fasciatum*, mas as revisões taxonómicas recentes determinaram que *S.tigrinum* é o nome correto da espécie, de acordo com o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN), que estabelece o princípio da prioridade nomenclatural (Dahl et al., 2019).

A designação original era *Squalus tigrinus*, atribuída por Eduard Rüppell, em 1837, e foi reconhecida como o epíteto válido após reavaliações taxonómicas, sendo adotada por entidades como a IUCN *Red List*, o *World Register of Marine Species* (WoRMS) e a base de dados *FishBase* (Froese & Pauly, 2025).

Esta espécie habita no Sudeste Asiático, Indonésia, Papua-Nova Guiné, Oceânia e Austrália, onde se distribui desde Port Gregory até à Ilha Montague (Stevens & Last, 2009), ocorrendo preferencialmente em zonas recifais e substratos rochosos, até aos 62 metros de profundidade (Compagno, 2002).

A figura 41A-B é uma representação de um tubarão-zebra, neste caso um macho (figura 41B) que habita no SLP.

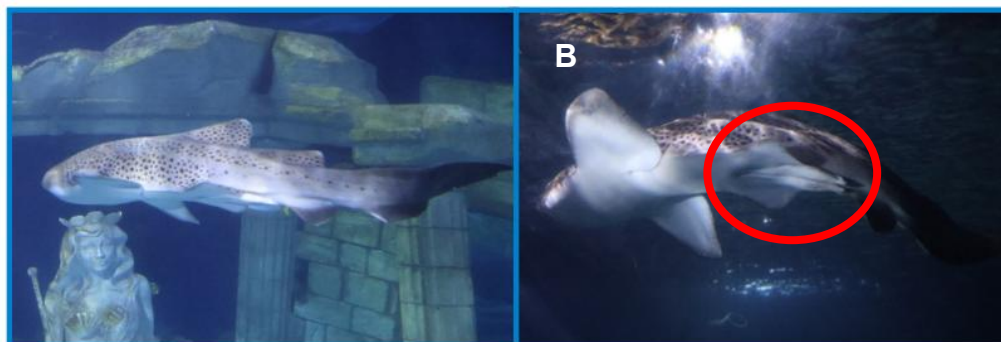


Figura 41- Tubarão-zebra (*Stegostoma tigrinum*). Os círculos vermelhos destacam o sexo do animal. A) Vista lateral do corpo do tubarão-zebra sob cuidado humano. B) Tubarão-zebra macho do SLP.

A espécie apresenta comportamentos sedentários, com tendência para permanecer em áreas específicas durante longos períodos (Dudgeon et al., 2013). Embora geralmente solitários, os indivíduos podem formar agregações de 20 a 50 tubarões, porém esta preferência por águas costeiras e comportamento gregário em certas fases aumenta a vulnerabilidade da espécie à captura accidental (*bycatch*) e à exploração pesqueira localizada (Dudgeon et al., 2019).

Os tubarões-zebra pertencem à ordem Orectolobiformes, sendo caracterizados por padrões corporais que sofrem alterações ontogenéticas, com juvenis a exibirem faixas pretas e brancas e manchas distintas, semelhantes às de uma zebra, que se vão desvanecendo à medida que crescem (Compagno, 2002), dando lugar, na fase adulta, em que podem atingir 246 cm a padrões de pintas mais difusos (Dudgeon et al., 2008).

A maturidade sexual ocorre entre os 6 e 8 anos nas fêmeas e aos 7 anos nos machos, geralmente entre os 150 e 170 cm, e a longevidade máxima registada é de 28 anos em cativeiro (Dudgeon et al., 2019).

A reprodução de *S.tigrinum* apresenta um aspeto particularmente notável: a ocorrência de partenogénese, um tipo de reprodução assexuada sem fecundação, já registada em diversas instituições zoológicas por todo o mundo (Robinson et al., 2011). A manutenção de populações exclusivamente femininas em aquários, para evitar agressões por parte dos machos, pode estar a aumentar a frequência com que este tipo de reprodução. No entanto, existem também registos de partenogénese em populações onde há coabitação com machos, o que prova que o fenómeno pode ser mais comum do que se pensava (Adams et al., 2022).

A análise genética das populações identificou duas subpopulações distintas: uma no Oceano Índico–Sudeste Asiático e outra na Indonésia Oriental–Oceânia (Dudgeon et al., 2009). A primeira enfrenta fortes pressões pesqueiras e degradação de habitat, enquanto a segunda beneficia de uma maior proteção, sobretudo nas águas australianas. No entanto, atualmente, *Stegostoma tigrinum* é classificado como “Em Perigo” pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) à escala global (Kyne et al., 2021). Na Austrália, embora o tubarão-zebra não seja alvo de pescas intencionais, é ocasionalmente capturado como *bycatch* em outras pescas; no entanto, há estudos que indicam que a espécie apresenta uma boa capacidade de sobrevivência após a libertação, o que contribui para reduzir o impacto destas capturas accidentais (James et al., 2016).

1.1.3 Raia-uge-americana

A raia-uge-americana (*Hypanus americanus*) anteriormente conhecida como *Dasyatis americana*, é uma espécie de elasmobrânquio amplamente distribuída ao longo das zonas costeiras tropicais e subtropicais do Atlântico Ocidental (Nunes et al., 2016), desde a Carolina do Norte (EUA) até ao sul do Brasil, incluindo o Mar das Caraíbas, Golfo do México e diversas ilhas oceânicas (Bigelow & Schroeder, 1953). A mudança de nomenclatura, da designação tradicional *Dasyatis americana* para *Hypanus americanus*, reflete avanços filogenéticos recentes, com base em análises morfológicas e moleculares que permitiram a reclassificação de várias espécies dentro da família Dasyatidae (Last et al., 2016).

Esta espécie destaca-se pela sua abundância em habitats costeiros, estuarinos e recifais de baixa profundidade, onde é frequentemente observada a repousar sobre substratos arenosos ou lodosos, parcialmente coberta por sedimentos (Carpenter, 2002). A raia-uge-americana possui olhos dorsais adaptados a ambientes com elevada variabilidade luminosa, tornando-se um excelente exemplo de adaptação a habitats sujeitos a variações sazonais em turbidez, salinidade e temperatura (Tilley et al., 2013).

A figura 42A-B é uma representação de uma raia-uge-americana, neste caso uma fêmea (figura 42B) que habita no SLP.

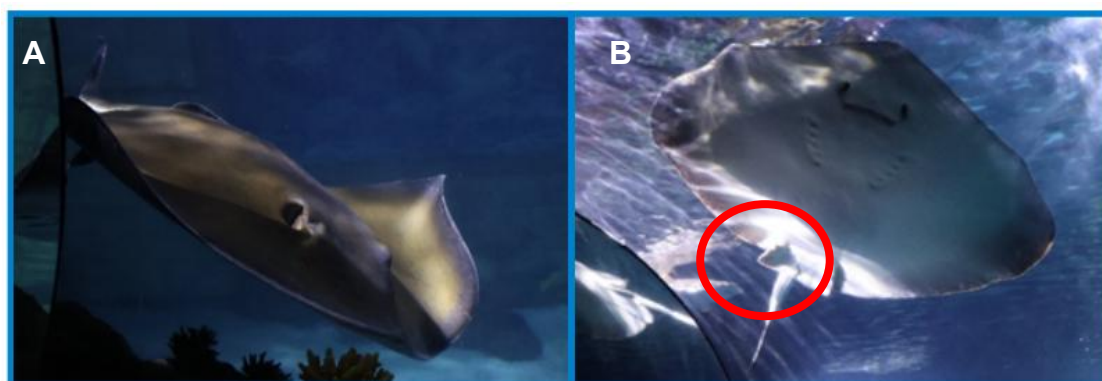


Figura 42 – Raia-uge-americana (*Hypanus americanus*). Os círculos vermelhos destacam o sexo do animal. A) Vista do corpo da raia-uge-americana sob cuidado humano. B) Raia-uge-americana fêmea do SLP.

Apesar da investigação em batóides ter aumentado significativamente nas últimas décadas, impulsionada pela crescente preocupação com os declínios populacionais globais de condríctios (Dulvy et al., 2014), e pelos avanços nas tecnologias de rastreamento (Henningesen & Leaf, 2010), o conhecimento sobre a ecologia das raias continua limitado em comparação com os tubarões, especialmente no que se refere ao uso de habitat, padrões de movimento e papel ecológico em comunidades bentónicas (Port et al., 2008). Por um lado, há estudos que demonstram que esta espécie de raia é altamente vulnerável a capturas acidentais em redes de arrasto, palangres e pescarias artesanais, mas por outro lado o seu estatuto de conservação é ainda mal compreendido, sendo

frequentemente negligenciada em avaliações de impacto pesqueiro (Heupel et al., 2009). Assim, embora esteja como "Quase Ameaçado" na Lista Vermelha da IUCN, a pressão crescente da pesca costeira e da degradação de habitats essenciais, como manguezais e pradarias marinhas, levanta preocupações quanto à resiliência desta espécie a longo prazo (Carlson et al., 2020).

A espécie caracteriza-se por crescimento lento, maturação tardia, baixa fecundidade e elevada longevidade (Aguilar et al., 2009). As fêmeas atingem a maturidade sexual por volta dos 80 cm de largura do disco, enquanto os machos amadurecem a partir dos 60 cm, e a fecundidade varia com o tamanho da fêmea, sendo que podem ter entre duas a dez crias (Carpenter, 2002). Apresenta uma morfologia típica das raia do género *Hypanus*, com um disco romboidal que pode ultrapassar 150 cm de largura chegando a pesar 100 kg no total, tem uma cauda longa e fina, dotada de um ou dois ferrões venenosos, usados para defesa e apresenta uma coloração dorsal que varia entre tons acastanhados e acinzentados (Aguilar et al., 2009).

A espécie é vivípara aplacentária, com embriões sustentados por trofonemata, ou seja, vilosidades uterinas especializadas na transferência de nutrientes e a reprodução ocorre geralmente uma vez por ano, com partos em águas rasas protegidas, como estuários, que funcionam como berçários naturais (Carrier et al., 2010).

A *Hypanus americanus* alimenta-se principalmente de invertebrados como poliquetas, moluscos, crustáceos e pequenos peixes demersais, muitas vezes localizados por meio de sensores eletro sensoriais e enterrados no substrato (Freitas et al., 2019). Quando estão à procura de alimento provocam perturbações significativas no sedimento, funcionando como um importante agente de bioturbação em habitats costeiros (Thrush & Dayton, 2002). Estas perturbações contribuem para o arejamento dos sedimentos e o aumento da biodiversidade bentónica, ao facilitar a renovação de espaço e o recrutamento de organismos (Meysman et al., 2006). Ao desempenharem um papel relevante nos ecossistemas costeiros tropicais e subtropicais do Atlântico Ocidental, esta espécie bentónica apresenta hábitos alimentares oportunistas em que exibem comportamento de forrageamento solitário e forte fidelidade ao local, com preferência por bancos de areia e recifes rochosos pouco profundos (Yokota, 2005). O seu comportamento alimentar, influenciado por fatores como a profundidade, o tipo de substrato e o dimorfismo sexual, revela-se fundamental para a compreensão dos hábitos alimentares e da ecologia trófica, fornecendo importantes insights sobre a evolução funcional dos sistemas alimentares nos vertebrados e contribuindo para estratégias mais eficazes de conservação e gestão (Motta & Wilga, 2001).

Como outras raia costeiras, *Hypanus americanus* depende fortemente da integridade de habitats críticos como zonas estuarinas, bancos de areia e recifes costeiros. A conservação

da espécie passa, portanto, por uma gestão integrada desses ecossistemas, incluindo a implementação eficaz de Áreas Marinhas Protegidas (AMPs), que considerem a dinâmica espaço-tempo dos ciclos de vida e padrões de uso de habitat (Knip et al., 2012). No Brasil, por exemplo, já existem unidades de conservação como o Atol das Rocas e Fernando de Noronha que têm demonstrado potencial como refúgios para a espécie em que funcionam como áreas de alimentação, reprodução e desenvolvimento juvenil (Andrade et al., 2016). De facto, foram registados indivíduos particularmente grandes no Arquipélago de Fernando de Noronha (Aguilar et al., 2009), evidenciando importância destas áreas protegidas como refúgios para estes animais

Contudo, ainda há um grande défice de conhecimento sobre a biologia, ecologia funcional e conectividade populacional de *H.americanus*, o que compromete a eficácia de ações de conservação e gestão pesqueira. Desta forma, é fundamental que existam estudos que integrem dados de telemetria, genética populacional e ecologia trófica para garantir a proteção de uma das raias mais abundantes das zonas costeiras do Atlântico tropical ocidental.

1.2 Nutrição em Elasmobrânquios

A nutrição é um dos elementos centrais para o sucesso da manutenção de elasmobrânquios em cativeiro, representando uma componente vital para a sua sobrevivência, saúde e bem-estar físico e mental (Janse, 2004).

No que diz respeito aos tubarões, estes são geralmente considerados predadores de topo nos ecossistemas marinhos, desempenhando um papel ecológico na regulação das cadeias tróficas ao ocuparem o nível trófico mais elevado e exercerem efeitos em cascata sobre a demografia das presas, a estrutura dos habitats e a produtividade global dos ecossistemas (Morel et al., 2024).

Nos recifes de coral, os tubarões podem ser divididos em duas categorias principais: os tubarões de “recife verdadeiros”, como por exemplo os *Carcharhinus melanopterus*, que são conspícuos e permanecem nas zonas recifais e “outros”, que correspondem às espécies oportunistas que visitam estes habitats de forma esporádica e tendem a ser mais discretas (Ceccarelli et al., 2014). Para melhorar o bem-estar destes animais em cativeiro, no domínio da nutrição, é essencial compreender a anatomia do sistema digestivo, o metabolismo e as necessidades nutricionais destas espécies para que sejam desenvolvidos planos alimentares eficazes. Contudo, a nutrição em elasmobrânquios é um tema pouco explorado na literatura científica (Morel et al., 2024).

Em aquários públicos, o planeamento das dietas destes animais devem refletir, na medida do possível, a diversidade, qualidade e valor nutricional do seu regime alimentar em meio

natural, não só para cumprir as exigências biológicas e comportamentais de cada espécie, mas também para contribuir para a preservação de espécies vulneráveis ou ameaçadas (Morel et al., 2024). No entanto, a escassez de dados nutricionais específicos para muitas espécies limita a criação de planos alimentares rigorosos e cientificamente fundamentados para os elasmobrânquios mantidos em cativeiro (Costa et al., 2023).

Na natureza, alimentam-se de uma grande variedade de presas, como teleósteos, crustáceos, moluscos e cefalópodes, cujas composições nutricionais variam em função da espécie, da estação do ano e da região geográfica (Speed et al., 2012). Em cativeiro, essa variabilidade é mais difícil de replicar, e a alimentação é frequentemente baseada em produtos congelados, o que implica perdas de nutrientes, especialmente vitaminas hidrossolúveis, e a necessidade de suplementação adequada (Janse, 2004).

Para compreender e aplicar um regime alimentar eficaz, é fundamental conhecer a função dos principais grupos de nutrientes (proteínas, lípidos, hidratos de carbono, minerais e vitaminas) na fisiologia dos elasmobrânquios.

- As proteínas são o componente mais importante da dieta dos elasmobrânquios, desempenhando um papel fundamental no crescimento, manutenção e reparação dos tecidos (Bowen, 1987). As dietas ricas em proteínas são particularmente importantes para suportar taxas de crescimento adequadas, desempenho da natação e sucesso reprodutivo, sendo também essenciais para a produção de enzimas, hormonas, anticorpos e outras moléculas reguladoras (Newton et al., 2015).

- Os lípidos constituem uma importante fonte de energia de reserva para os elasmobrânquios e são componentes estruturais das membranas celulares (Morel et al., 2024). Os ácidos gordos poli-insaturados, em particular os ómega-3, são indispensáveis na função neural, no desenvolvimento embrionário e na regulação de processos fisiológicos como por exemplo na atividade hormonal e na reprodução (ovulação e manutenção do corpo lúteo) e na resposta imunitária (Norambuena et al., 2013).

Uma ingestão adequada de lípidos promove o equilíbrio energético, facilita a migração de longa distância em espécies pelágicas e influencia diretamente os níveis de prostaglandinas e esteroides, com impacto na fertilidade e comportamento reprodutivo (Carlson, et al., 2012).

- Os hidratos de carbono são utilizados principalmente como fonte de energia imediata, sendo armazenados sob a forma de glicogénio no fígado e nos músculos (Wolf & Wolfe, 2005). A presença controlada de hidratos de carbono na dieta pode apoiar o funcionamento metabólico geral, mas uma ingestão excessiva pode causar distúrbios metabólicos, uma vez que estes animais não estão adaptados para digerir grandes quantidades de carboidratos complexos e o seu metabolismo não depende fortemente de açúcares, como nos mamíferos (Sepulveda et al., 2007). Em cativeiro é importante garantir que o teor de

hidratos de carbono se aproxima daquilo que é naturalmente consumido, para prevenir problemas digestivos e desequilíbrios energéticos.

- Os minerais desempenham funções fisiológicas críticas nos elasmobrânquios, mesmo que sejam necessários em pequenas quantidades (Janse, 2004). Muitos destes elementos são obtidos tanto da dieta como da água do habitat, sendo absorvidos pelas brânquias (Morel et al., 2024). O cálcio e o fósforo são essenciais para a manutenção dos esqueletos cartilaginosos, enquanto o magnésio participa em reações enzimáticas, contrações musculares e síntese proteica (Kiarie & Nyachoti, 2010). O sódio e o potássio atuam na regulação osmótica e na condução nervosa (Hamdi et al., 2015). A inclusão de minerais nas rações deve considerar não apenas as necessidades específicas da espécie, mas também as perdas associadas ao armazenamento e congelamento dos alimentos (Morel et al., 2024).

- As vitaminas são compostos orgânicos essenciais ao funcionamento metabólico, ao crescimento, à reprodução e à resposta imunitária. A vitamina A é fundamental na diferenciação celular (Hernandez & Hardy, 2020); a vitamina D regula a absorção de cálcio e o metabolismo ósseo (Bouillon & Suda, 2014); a vitamina E funciona como antioxidante, protegendo as células contra o stress oxidativo (El-Sayed & Izquierdo, 2022); e a vitamina C é indispensável para a síntese de colagénio e cicatrização de tecidos, e embora algumas espécies de elasmobrânquios consigam sintetizá-la, nem todas apresentam essa capacidade, pelo que é prudente garantir a sua presença através da dieta (Dawood & Koshio, 2018).

A inadequação nutricional pode originar vários distúrbios, incluindo doenças metabólicas, défices vitamínicos e minerais, diminuição da resistência imunitária e alterações comportamentais. Estes efeitos podem ser agravados por fatores de stress associados ao cativeiro, como transporte, alterações de habitat, interações sociais, ou qualidade da água (Morel et al., 2024).

É neste momento que o papel dos aquaristas, em articulação com veterinários e investigadores, é muito importante na monitorização do estado nutricional, na avaliação do comportamento alimentar e na adaptação contínua das estratégias de alimentação. Num cenário de declínio generalizado da população dos elasmobrânquios nos oceanos, o desenvolvimento de regimes alimentares sustentáveis e eficazes em cativeiro pode contribuir significativamente para a conservação *ex situ* destas espécies (Feldheim et al., 2022). Deste modo, investir em investigação nutricional robusta e em práticas alimentares, baseadas em evidência científica e boas práticas de bem-estar animal, permitirá não apenas assegurar a saúde dos elasmobrânquios em cativeiro, mas também criar oportunidades para investigação, educação e em potenciais programas de reintrodução em habitats naturais.

2. Objetivos

De forma a responder às lacunas identificadas, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

Objetivo geral:

Estabelecer diretrizes para um plano nutricional adaptado ao cativeiro, mas que mantenha a diversidade e o valor nutricional característicos da dieta natural de quatro tubarões-de-pontas-negras (*Carcharhinus melanopterus*), um tubarão-zebra (*Stegostoma tigrinum*) e uma raia-uqe-americana (*Hypanus americanus*).

Objetivos específicos:

- I. Caracterizar a dieta natural de cada espécie, identificando os requisitos dietéticos específicos das espécies em estudo, com base em literatura científica e dados zootécnicos;
- II. Escolher itens alimentares que melhor representem a dieta natural de cada espécie, garantindo um equilíbrio nutricional adequado;
- III. Definir protocolos de alimentação, estabelecer a quantidade, frequência e dos alimentos, levando em conta o comportamento alimentar e as necessidades nutricionais de cada espécie;
- IV. Desenvolver sistema de registo da gestão e monitorização da alimentação, das observações comportamentais e quaisquer outras observações importantes.

3. Métodos

3.1 Local de estudo

O estudo foi realizado no tanque central do SEA LIFE Porto, um espaço com 600.000 litros de água, uma profundidade máxima de 6 metros e uma temperatura que oscila entre os 23 e os 24°C.

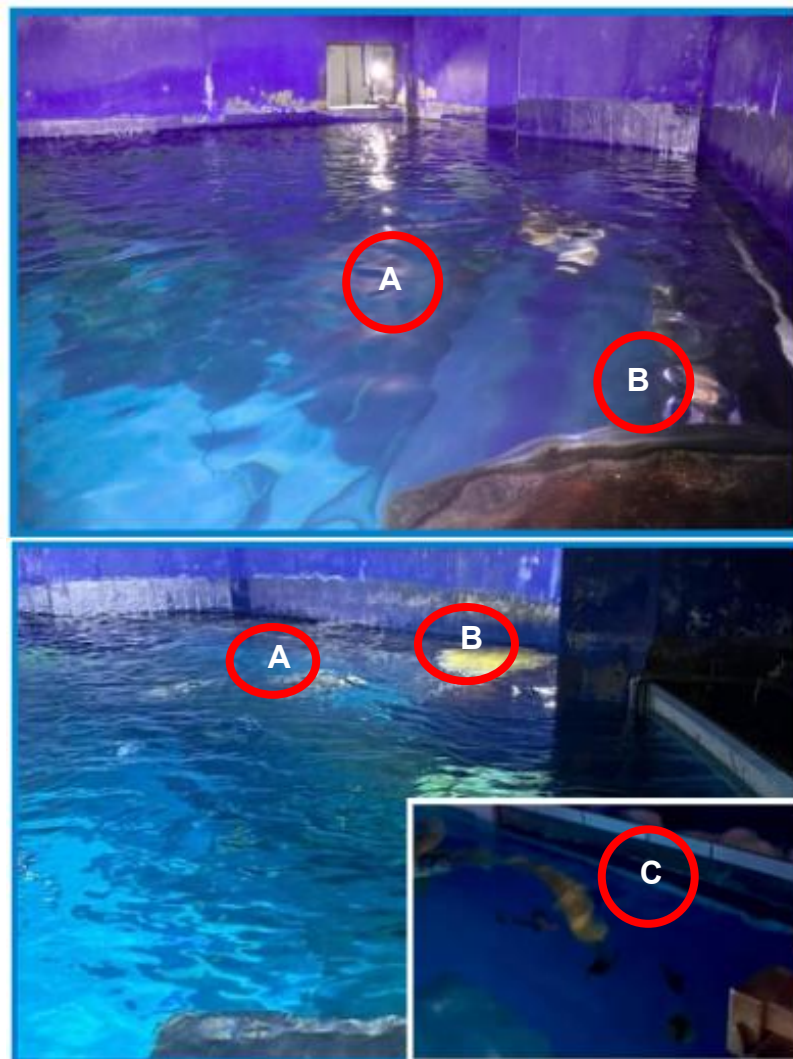


Figura 43 - Zonas de alimentação dos Elasmobrânquios em estudo. A) Zona dos Tubarões de pontas-negras; B) Zona da Raia-uge-americana; C) Zona do Tubarão-zebra.

Para além das espécies em estudo, este tanque alberga uma tartaruga verde (*Chelonia mydas*) e um segundo tubarão-zebra que foi introduzido nas instalações no final do mês de março de 2025, além de uma variedade de espécies de peixes de menor porte que, desde a conceção do SLP, coabitam com os restantes indivíduos.

3.2 Animais em estudo

Neste estudo foram estudados seis indivíduos de três espécies diferentes: quatro tubarões-de-pontas-negras (*Carcharhinus melanopterus*), um tubarão-zebra (*Stegostoma tigrinum*) e uma raia-uge-americana (*Hypanus americanus*) (tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização de cada um dos indivíduos em estudo.

Identificação de indivíduos	Sexo	Idade (anos)	Origem	Peso corporal (g)	Fotografia do animal
	Macho	16-17	Selvagem	15 000	
Tubarões-de-pontas-negras (<i>Carcharhinus melanopterus</i>)	Fêmea 1	16-17	Selvagem	20 000	
	Fêmea 2	16-17	Selvagem	20 000	
	Fêmea 3	7-8	SEA LIFE Timmendorf, Alemanha	15 000	
Tubarão-zebra (<i>Stegostoma tigrinum</i>)	Macho	9-10	Selvagem	30 000	
Raia-uge-americana (<i>Hypanus americanus</i>)	Fêmea	16-17	Selvagem	40 000	

Tubarões-de-pontas-negras (*Carcharhinus melanopterus*)

O grupo de tubarões-de-pontas-negras é composto por três fêmeas e um macho. Duas das fêmeas e o macho foram capturados do meio natural e chegaram ao SEA LIFE Porto com menos de um ano de idade, em 2009. A terceira fêmea nasceu em 2018 no SEA LIFE Timmendorf, na Alemanha, e foi transportada até ao SEA LIFE Porto, onde é apelidada como “fêmea clarinha” pelos biólogos do centro, devido à tonalidade mais clara da sua

pele. As duas fêmeas mais velhas pesam aproximadamente 20 kg, já o macho e a terceira fêmea, estima-se que pesem 15 kgs cada.

A identificação individual destes tubarões é feita com base na mancha preta característica da sua barbatana dorsal, que apresenta variações entre indivíduos. No entanto, a identificação individual baseada em observação visual é difícil, pois são animais que se movimentam rapidamente na altura da alimentação. Por essa razão, a distinção é complementada por traços comportamentais e outras características físicas: o macho é bastante mais agressivo e rápido durante a captura do alimento, a fêmea mais jovem destaca-se pela coloração mais clara, e as duas fêmeas mais velhas apresentam maior semelhança entre si, são calmas e pacíficas e têm um tamanho e cor semelhantes, o que às vezes dificulta a contabilização da quantidade de alimento consumido por cada uma.

Tubarão-zebra (*Stegostoma tigrinum*)

O tubarão-zebra em estudo, foi capturado em meio natural e introduzido no SEA LIFE Porto em 2018, ainda em fase juvenil. Caracteriza-se por ser um macho, ter entre 9 e 10 anos de idade e pesar aproximadamente 30 kg. Durante o estudo, o tanque central recebeu um indivíduo da mesma espécie, no entanto é fácil a distinção uma vez que têm tamanhos diferentes e alimentam-se em zonas diferentes do tanque em que coabitam.

Raia-uge-americana (*Hypanus americanus*)

A raia-uge-americana, é uma fêmea, proveniente do meio natural, tendo chegado ao SEA LIFE Porto, em 2009 com menos de um ano de idade, tendo entre 16 e 17 anos de idade. Estima-se que o seu peso seja cerca de 40 kg.

3.3 Alimentação

A alimentação dos tubarões-de-pontas-negras é realizada numa das plataformas (figura 43A) de acesso ao tanque central, através de um tubo PVC equipado com um pequeno espeto de plástico arredondado na extremidade, onde são colocados os pedaços de alimento (figura 44). Este método permite direcionar o alimento individualmente a cada tubarão, o que evita o ataque de outros peixes, o que diminui o stress dos animais. Simultaneamente, este método, assegura uma rotina alimentar saudável, na medida que mantém alguma competição pelo alimento entre os quatro indivíduos, o que é considerado benéfico para a espécie.

Este método permite ainda que os tratadores consigam contabilizar com maior precisão a quantidade de alimento ingerido por cada animal e perceber se o alimento ingerido é suficiente para se manterem bem nutridos.



Figura 44 - Método de alimentação dos tubarões de pontas-negras.

A raia-uge-americana é alimentada na mesma plataforma (figura 43B), mas o alimento é oferecido diretamente ao animal, uma vez que ela tende a aproximar-se da parede da plataforma (figura 45). Este método permite que a raia-uge-americana exiba um comportamento semelhante ao do meio natural, pois as raias costumam nadar perto do fundo ou junto de superfícies como recifes e bancos de areia quando precisam de procurar alimento escondido.



Figura 45 - Método de alimentação da raia-uge-americana do sul.

O tubarão-zebra, por sua vez, é alimentado numa plataforma distinta (figura 43C), para evitar disputa direta entre as duas espécies de tubarões. Além disso, este método permite respeitar os hábitos naturais do animal, dado que nesta zona o tubarão-zebra consegue sugar o alimento que fica retido na parede do aquário quando lhe é oferecido pelos aquaristas do SLP (figura 46).



Figura 46 - Método de alimentação do tubarão-zebra.

A rotina alimentar prevê duas sessões diárias para os tubarões-de-pontas-negras, uma da parte da manhã, às 11h00, e outra da parte da tarde, às 14h30. A raia-uge-americana e o tubarão-zebra são, geralmente, alimentados apenas da parte da manhã, embora possa ocorrer um reforço da parte da tarde caso não tenham ingerido todo o alimento disponibilizado durante a manhã.

A alimentação dos animais em estudo inclui peixes inteiros, moluscos e crustáceos. Os animais recebem ainda um suplemento de comprimidos de pré-mistura de vitaminas e minerais, para compensar possíveis desequilíbrios de micronutrientes devido ao facto de todos os alimentos fornecidos serem congelados.

3.4 Método de gestão alimentar previamente utilizado

No início deste do estágio curricular, a gestão do alimento fornecido às três espécies em estudo era realizada da seguinte forma:

- 1) A avaliação da ingestão da quantidade necessária de alimento baseava-se na observação contínua dos animais, garantindo que mantinham um comportamento natural, apresentavam uma boa condição corporal e não evidenciavam perda de peso;
- 2) Existia apenas uma avaliação da ingestão alimentar por grupo;

3) Apesar do registo do alimento oferecido, não havia uma quantificação rigorosa da fração rejeitada. Assim, só quando os animais ingeriam todo o alimento, era possível determinar com exatidão a quantidade consumida. No entanto, sempre que rejeitavam pedaços, como o peso individual desses restos não era conhecido, não se conseguia definir com clareza o valor realmente ingerido por cada indivíduo.

Independentemente dos animais estarem visivelmente saudáveis, a comer diariamente e fisicamente bem constituídos, a falta de uma monitorização e registo sistematizado assim como a inexistência de dados sobre a composição nutricional levou-me a desenvolver, e posteriormente a implementar, um plano de monitorização da quantidade de comida ingerida e descartada por cada um dos indivíduos. Este plano permite perceber se os animais estavam a ingerir a quantidade adequada de alimento em relação ao referenciado na bibliografia, e ainda avaliar se o alimento disponibilizado aos animais tinha uma composição nutricionalmente saudável para cada uma das espécies.

3.5 Desenvolvimento de plano de monitorização e avaliação da alimentação

O desenvolvimento deste plano incluiu as seguintes etapas:

- i) Realização de uma revisão bibliográfica – Recorreu-se a algumas bases de dados científicos, como Google Scholar, PubMed e Scopus, para identificar artigos relevantes e a alguns sites de organizações e programas (*grey literature*) que foram considerados interessantes e seguros. Os descritores utilizados na pesquisa foram termos combinados como “nutrition”, “elasmobranchs”, “captivity”, “under human care”, “shark”, “ray” and “feeding behavior”. Os artigos foram selecionados, analisados, sintetizados e organizados por tópicos e por ano com o objetivo de identificar tipos de alimentos, quantidade de alimento e nutrientes dos diferentes alimentos, métodos de alimentação que têm sido implementados noutros aquários.
- ii) Estimativa do peso de cada indivíduo - Esta estimativa foi feita por biólogos experientes do SEA LIFE, uma vez que não foi possível pesá-los diretamente. A estimativa baseou-se no tamanho e robustez de cada um dos animais, comparando essas características com dados de outros exemplares da mesma espécie ou de outras semelhantes cujo peso já tinha sido medido ou conhecido anteriormente.
- iii) Avaliação do consumo alimentar - Durante a alimentação, ao identificar os animais, foi possível registar quantos pedaços cada animal consumiu e quantos foram rejeitados, permitindo avaliar a ingestão efetiva. Foi feita uma pesagem prévia dos pedaços de alimento, garantindo que estes tivessem um peso uniforme (tabela 4). Considerando a

diversidade alimentar do SLP, o peso dos alimentos apresentava diferenças notáveis. Certos alimentos, como o atum inteiro, eram grandes e exigiam cortes em porções mais pequenas para os elasmobrânquios.

Desta forma, foi necessário estabelecer uma porção ideal, em peso (g) e tamanho, para facilitar o reconhecimento e captura pelo animal durante a alimentação. O peso dessas porções foi anotado, garantindo uniformidade no estudo. Este processo aconteceu com o atum, a pota, o salmão e o peixe-branco. Por outro lado, para alimentos menores e que podem ser fornecidos individualmente, como as sardinhas, a abordagem foi alterada. O lote inteiro foi pesado e o peso total foi dividido pelo número de unidades, resultando no peso médio por pedaço. O valor obtido serviu de base para cada unidade. O mesmo aconteceu com os lotes de capelim, e lula.

Tabela 4 - Apresentação do peso, em gramas, de cada pedaço de alimento fornecido aos elasmobrânquios do SLP.

Alimento	Peso por pedaço (g)
Atum	70
Peixe-Branco	85
Sardinha	65
Pota	70
Capelim	20
Salmão	100
Lula	28

iv) Avaliação da adequação da dieta - Para o cálculo da porção ideal de alimento a ser fornecido, é usada a seguinte equação: $A = B \times P$, onde A é a quantidade diária de alimento (g), B é o peso corporal (g) e P é a percentagem de peso corporal. A percentagem de peso corporal (P) corresponde à fração do peso do animal utilizada para calcular a quantidade de ingestão alimentar diária ou semanal. Os valores de P foram definidos com base na literatura científica e complementados por informação recolhida junto de outros centros SEA LIFE. Os artigos científicos disponíveis apresentavam informações limitadas sobre as espécies estudadas, recorrendo maioritariamente a referências gerais sobre tubarões e raias ou a espécies semelhantes.

v) Desenvolvimento de uma Ferramenta em Excel para monitorização diária - Para registar os resultados, criou-se várias tabelas de Excel, contendo a data, os alimentos disponíveis, o número de pedaços de alimento fornecidos e ingeridos, assim como o total de gramas consumidas por cada animal (figuras 47 e 48). Tendo o total de gramas ingeridas e o peso total do animal, calculou-se a percentagem de alimento em relação ao peso corporal.

Como foi definido, anteriormente, um intervalo “saudável” da quantidade de comida ingerida para cada espécie, que foi incorporado nas tabelas Excel um sistema de codificação por cores para avaliar a adequação da ingestão: valores dentro do intervalo considerado saudável surgiam a verde, valores inferiores a azul e valores superiores a vermelho (figuras 47 e 48). Esta sistematização da monitorização permite a avaliação automática dos resultados da alimentação de cada animal.

Date	Tuna Offer	Tuna eaten	Whitefish Offer	Whitefish eaten	Sardine Offer	Sardine eaten	Squid Offer	Squid eaten	Capelin Offer	Capelin eaten	Sprat Offer	Sprat eaten	Salmon Offer	Salmon eaten	Small Squid Offer	Small Squid eaten	Soma (g)	% Body weight taken weekly	% Body weight weekly
16 June - M					6	6											390		
16 June - A																	0		
17 June - M			5	2													170		
17 June - A				2													170		
18 June - M							6	6									420		
18 June - A																	0		
19 June - M			5	5													425		
19 June - A																	0		
20 June - M															14	14	392		
20 June - A																	0		
21 June - M															14	10	280		
21 June - A																	0		
22 June - M					6	5											325		
22 June - A																	2572	6.43	4% - 6% weekly (1600- 2400g)
23 June - M									20	14							280		
23 June - A										6							120		
24 June - M									20	20							400		
24 June - A																	0		
25 June - M		5	5														350		
25 June - A																	0		
26 June - M		5	5														350		
26 June - A																	0		
27 June - M							6	0									0		
27 June - A																	0		
28 June - M		5	5														350		
28 June - A																	0		
29 June - M															14	14	392		
29 June - A																	2242	5.605	4% - 6% weekly (1600- 2400g)

Figura 47 - Registos de alimentação da *Hypanus americanus*: ingestão acima do previsto entre 16-22/jun (6,43%) e ideal na semana seguinte (6,605%).

Date	Tuna eaten	Whitefish	Sardine	Squid	Capelin	Sprat	Salmon	Small Squid	Individual Tuna (g)	Individual Whitefish (g)	Individual Sardine (g)	Individual Squid (g)	Individual Capelin (g)	Individual Sprat (g)	Individual Salmon (g)	Individual Small Squid (g)	Soma (g)	% Body weight taken weekly	% Body weight weekly
2 June - M			3						0	0	195	0	0	0	0	0	195		
2 June - A			3						0	0	195	0	0	0	0	0	195		
3 June - M								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3 June - A								0	0	0	0	0	0	0	100	0	100		
4 June - M			0					1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4 June - A			0						0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5 June - M								2	0	0	0	0	0	0	0	0	56		
5 June - A									0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6 June - M					0				0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6 June - A					4				0	0	0	0	80	0	0	0	80		
7 June - M		1							0	85	0	0	0	0	0	0	85		
7 June - A		2							0	170	0	0	0	0	0	0	170		
8 June - M			1						0	0	65	0	0	0	0	0	65		
9 June - A			1						0	0	65	0	0	0	0	0	1011	6.74	3% - 6% weekly (450 - 900g)
9 June - M								8	0	0	0	0	0	0	0	0	224		
9 June - A								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10 June - M				0					0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10 June - A									0	0	0	70	0	0	0	0	70		
11 June - M				1				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11 June - A								2	0	0	0	0	0	0	0	0	56		
12 June - M		0							0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12 June - A		0							0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13 June - M		0							0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13 June - A		0							0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14 June - M				0					0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14 June - A				0					0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15 June - M					2				0	0	0	0	40	0	0	0	40		
15 June - A					0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6	3% - 6% weekly (450 - 900g)

Figura 48 - Registos da Fêmea 3 (*Carcharhinus melanopterus*): ingestão acima do ideal entre 2-8/jun (6,74%) e inferior entre 23-29/jun (2,6%).

vi) Avaliação da Composição nutricional - Para avaliar a composição nutricional (energia, proteína e gordura), recorreu-se a análises laboratoriais, realizadas no Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar (ICBAS), com o objetivo de perceber valores médios da composição dos alimentos oferecidos aos animais. Os valores da energia foram convertidos mais tarde para kcal/kg para permitir a comparação com os valores referidos na literatura.

Este novo sistema de avaliação e monitorização da alimentação dos elasmobrânquios residentes no SLP foi estudado entre outubro de 2024 a janeiro 2025 e implementado ainda em janeiro desse ano. Os dados apresentados neste estudo, após implementação do plano desenvolvido, foram recolhidos entre 6 de janeiro 29 de junho de 2025 (25 semanas) para a raia-uge-americana e para o tubarão-zebra e entre 10 de fevereiro e 29 de junho de 2025 (20 semanas) para os tubarões-de-pontas-negras.

4. Resultados

4.1 Revisão Bibliográfica

Na pesquisa bibliográfica foram identificados 6 artigos relevantes, que estão resumidos na Tabela 5. Devido à limitada bibliografia disponível referente às espécies em estudo, a revisão apresentada assume um carácter mais geral, recorrendo a informações de espécies filogenética ou ecologicamente semelhantes.

A Tabela 5 inclui os artigos focados nos métodos de alimentação usados noutros aquários públicos, referindo o tipo de alimento fornecido, em que % de peso corporal se baseavam para calcular a quantidade de alimento ideal a oferecer aos animais, o número de vezes que estes animais eram alimentados por semana ou por dia e ainda, o respetivo método de alimentação. Esta pesquisa permitiu comparar com os métodos utilizados no SLP.

Tendo em conta as informações da tabela seguinte, Janse (2003) relatou que os tubarões de pontas negras, *Carcharhinus melanopterus*, (da família Carcharhinidae) alimentam-se com peixes como badejo, lula, bacalhau, solha e arenque. Wetherbee et al., (1990) descreveu que a quantidade ideal de alimento ingerido para *Carcharhinus plumbeus*, uma espécie semelhante à anterior, era de cerca de 7,7% do peso total do tubarão. Bertsek (1999) referiu que para filhotes a quantidade ideal de alimento ingerido seria entre 10 a 12% do seu peso corporal e que estes deveriam ser alimentados apenas uma vez por semana. Num outro artigo Janse (2004) referiu que cada aquário fazia diferente: alguns davam comida para os tubarões Carcharhinidae de 1 a 7 vezes por semana, com porções de 3–4% do peso corporal, mas a maior parte alimentavam-nos de 2 a 4 vezes por semana. E que para alimentar esses animais utilizavam pinças, varas de bambu ou tubos de PVC. Como não foram encontrados artigos que referiam estes conceitos para raia-uge-americanas da espécie *Hypanus americanus*, utilizou-se artigos com raia-uge-americanas do género *Dasyatis*. Estes animais eram alimentados com 4–6% do peso, sendo concordantes com os valores dos tubarões de fundo. Os artigos provam que estas espécies eram alimentadas com a mesma frequência, com o mesmo método (diretamente) (Janse, 2004). O zoo de Brevard (Brevard Zoo, 2025) reforçaram estas ideias.

Por último, Toledo-Padilla e Rojas (2022) referiram que a espécie *Stegostoma fasciatum* era alimentada com camarão, polvo, mexilhão e peixe branco e que a quantidade ideal de alimento ingerida era de 7,5% do peso total, três vezes por semana.

Tabela 5 - Registo da informação recolhida sobre espécies semelhantes ou das espécies em estudo tendo em conta artigos científicos.

Artigo	Espécie (Família)	Tipo Alimento	% peso corporal	Nº vezes alimentados por semana	Método alimentação
(Janse, 2003)	<i>Carcharhinus melanopterus</i>	Badejo Lula Bacalhau Solha Arenque			
(Wetherbee et al., 1990)	<i>Carcharhinus plumbeus</i>		7.7%		
(Besten, 1999)			10-12% (juvenis)	1x/semana	
	Carcharhinidae		3-4%	1 a 7x /semana	- Atirar o alimento; - Alimentação direcionada: Pinças, varas de bambu ou PVC, varas com um clipe de fixação ou tubo de ar na extremidade
(Janse, 2004)	Raia-uge-americanas de fundo. Ex: Dasyatidae		4-6%		
	Tubarões de fundo. Ex: Hemiscylliidae, Stegostomatidae		4-6%		
(Brevard Zoo, 2025)	Raia-uge-americanas	Peixes Lula Camarão	4-6%	2x/dia	Diretamente
(Padilla & Rojas, 2022)	<i>Stegostoma fasciatum</i>	Camarões Cefalópodes Mexilhões Peixe-branco	7.5%	3x/semana	Diretamente

4.2 Composição Nutricional dos Alimentos

Na pesquisa bibliográfica, foram identificadas seis fontes relevantes para a avaliação da composição nutricional dos alimentos oferecidos aos elasmobrânquios, nomeadamente: Janse (2003) para a lula; Maia et al. (2021) para a sardinha e atum; Nutritionix (2025) para o salmão; Food Struct (2025) para o peixe-branco; Fitia (2025) para a pota; e IceMar (2025) para o capelim. Os valores teóricos obtidos nestas fontes (apresentados a preto na tabela 6) correspondem a médias gerais disponíveis na literatura. Contudo, durante o estágio, foram realizadas análises laboratoriais aos mesmos alimentos no ICBAS (valores a azul na tabela 6) para verificar a concordância com os dados teóricos.

De acordo com a pesquisa bibliográfica (valores a preto), a quantidade de proteína variou entre 15% e 24%, a gordura entre 0,5% e 12%, e a energia entre 92 e 208 kcal/100 g. Destacam-se como mais proteicos o atum (24%), a sardinha (24%) e o salmão (22%). Quanto à gordura, o salmão (12%) e o capelim (10%) apresentaram os teores mais elevados. Consequentemente, estes dois alimentos, juntamente com o peixe-branco (134 kcal/100 g), registaram os maiores valores energéticos teóricos.

As análises laboratoriais revelaram intervalos distintos: a proteína variou entre 11% e 24%, a gordura entre 0,4% e 15,5%, e a energia entre 67 e 270 kcal/100 g. Nestas análises, o atum (24%) e o salmão (21%) mantiveram-se como as principais fontes proteicas, mas a lula (17%) superou os valores esperados, enquanto a pota (11%) e o peixe-branco (15%) registaram os valores mais baixos. No que respeita à gordura, a sardinha destacou-se com o valor mais elevado (15,5%), seguida do salmão (12,4%). Estes dois alimentos, juntamente com o atum, apresentaram também a maior densidade energética experimental.

A comparação entre os valores teóricos e experimentais revela discrepâncias significativas em algumas amostras. Embora o atum e o salmão se destaquem como ricos em proteína em ambas as análises, a sardinha apresentou um teor proteico inferior ao esperado (17% vs 24%).

As diferenças mais acentuadas observam-se na percentagem de gordura e na quantidade de energia:

- Sardinha: Na literatura, era considerada um alimento de gordura moderada (3%) e baixo valor energético (114 kcal/100 g); contudo, as análises do ICBAS revelaram um alimento muito mais gordo (15,5%) e o mais energético de todas as amostras (270 kcal/100 g).

- Capelim e Peixe-Branco: Inversamente, estes alimentos apresentaram teores de gordura e energia inferiores aos valores teóricos, passando de alimentos de alta densidade energética na literatura para valores mais reduzidos nas análises laboratoriais.
- Lula: Apresentou um teor proteico e energético ligeiramente superior em laboratório do que o indicado pelas fontes bibliográficas.

Tabela 6 - Composição nutricional comparativa de diferentes amostras de pescado: valores teóricos (preto) e resultados experimentais obtidos no ICBAS (azul).

Amostra	Proteína%		Gordura %		Energia (kcal/100 g)	
Atum	24	24	0,5	0,4	100	132
Peixe-Branco	19	15	6	1,8	134	95
Sardinha	24	17	3	15,5	114	270
Pota	16	11	1,4	0,7	92	67
Capelim	16	14	10	3,5	177	108
Salmão	22	21	12	12,4	208	233
Lula	15	17	1	1,9	92	109

4.3 Avaliação da composição nutricional

Com os valores de referência retirados da literatura (tabela 8), avaliou-se se as quantidades de proteína, gordura e energia ingeridas durante o estudo estavam concordantes com o descrito pelos autores (Janse, 2003; Brevard Zoo, 2025; Janse, 2004; Toledo et al., 2022; Besten, 1999). Dada a escassez de informação existente sobre as espécies em estudo, foi necessário recorrer também a estudos relativos a outras famílias e espécies semelhantes, para que fosse possível comparar os valores observados e as recomendações descritas na literatura. Desta forma, a tabela 8 sintetiza os intervalos médios de peso corporal para as espécies sendo estas de famílias próximas ou da espécie estudo, bem como o que está descrito na literatura, sobre os valores ideais a ingerir de proteína, gordura e energia.

O peso corporal médio (“PC médio”) indica o intervalo de pesos para indivíduos adultos das espécies em análise ou de espécies relacionadas e serviu como referência e ajuste no cálculo da adequação na dieta, nomeadamente no que respeita à energia consumida (kcal/semana).

Relativamente aos valores de ingestão de proteína e lípidos, estes são geralmente descritos em percentagem do PC por semana, sendo que os intervalos encontrados na literatura rondam cerca de 1-2,5 %PC/semana de proteína e 0,2-0,5% PC/semana de lípidos (Janse, 2003; Janse, 2004; Besten, 1999). Foram estes valores que constituíram a base de comparação com as ingestões reais registadas. No caso da energia, os valores

foram retirados de estudos desenvolvidos em aquários públicos ou centros de investigação, mas nem todos os artigos apresentavam as mesmas unidades de medida, e por isso, para permitir a comparação entre os dados obtidos e os dados dos artigos, foi necessário converter esses valores para uma unidade comum: kcal/semana, e por isso, dependendo da espécie em estudo e do peso de cada um deles, os valores que devem ingerir de energia semanalmente encontram-se num intervalo de 900 a 4080 kcal (Janse, 2003; Brevard Zoo, 2025; Toledo et al., 2022).

Com base nessa informação, estimou-se então as necessidades nutricionais de cada uma das espécies estudadas, sendo que para a raia-uge-americana (*Hypanus americanus*), os cálculos basearam-se nos dados reportados para *Dasyatis kuhlii* (Janse, 2003; Brevard Zoo, 2025). Para o tubarão-zebra (*Stegostoma tigrinum*), foram considerados os valores obtidos em cativeiro no Loro Parque Aquarium (Toledo et al., 2022), bem como recomendações generalistas para espécies bentônicas (Janse, 2003). Finalmente, para o tubarão-de-pontas-negras (*Carcharhinus melanopterus*), não existindo referências específicas, recorreu-se a intervalos estabelecidos para elasmobrânquios em cativeiro, tendo em conta o seu comportamento mais ativo em comparação com espécies bentônicas (Janse, 2003; Besten, 1999).

Respeitando a tabela 8, os valores de referência para a raia-uge-americana para proteína e lípidos são de aproximadamente 0,68 a 1,20 %PC/semana e 0,21 a 0,31 %PC/semana, respetivamente e foram adaptados ao peso estimado do indivíduo do SLP (40 kg). Em relação à energia, Janse 2003, reporta que para *Dasyatis kuhlii*, 10–11% do PC em consumo resulta em 131–172 kcal/kg/semana. A partir desses dados, foi possível calcular que uma raia-uge-americana com 40 kg deve ingerir entre 2080 a 4080 kcal/semana.

Para o tubarão-zebra, foram considerados valores aproximados a 0,68 a 1,20 %PC/semana de proteína e 0,21 a 0,31 %PC/semana de lípidos, aplicados ao peso estimado do indivíduo (30kg) (Janse, 2004). Toledo et al. (2022) observaram que os tubarões-zebra do Loro Parque Aquarium consomem aproximadamente 7,5% do seu PC por semana, no entanto, outros estudos indicam que tubarões bentônicos devem consumir entre 4 e 6% do PC por semana (Janse, 2003), o que é visto como mais apropriado para o contexto do SLP. Desta forma, ao converter esses valores presentes nos artigos para kcal/semana, calculou-se que este tubarão deveria consumir entre 1560 e 2700 kcal/semana.

Por fim, para os tubarões-de-pontas-negras, os intervalos de referência para proteína e lípidos estão entre 0,51 e 1,02 %PC/semana e entre 0,16 e 0,31 %PC/semana, respetivamente. Considerando o comportamento ativo dessa espécie, decidiu-se ter em

conta a metade superior do intervalo energético presente na literatura para espécies de tubarões uma vez que não existia valores específicos para a espécie (Janse, 2003). Após a conversão, estimou-se que tubarões ativos com 15 a 20 kg precisariam de cerca de 900 a 2000 kcal por semana.

Tabela 7 - Valores de referência retirados da literatura, sobre o peso médio, proteína, lípidos e energia consumidos por semana utilizados para as espécies em estudo.

Artigo	Espécie (Família)	PC médio (kg)	Proteína (%PC/sem)	Lípidos (%PC/sem)	Energia (kcal/sem)
(Janse, 2003)					
(Brevard Zoo, 2025)	<i>Hypanus americanus</i>	40	0,68 - 1,02	0,21 – 0,31	2080 - 4080
(Janse, 2004)					
(Toledo et al., 2022)	<i>Stegostoma tigrinum</i>	30	0,68 - 1,02	0,21 – 0,31	1560 - 2700
(Janse, 2003)					
(Besten, 1999; Wikipedia, 2023)	<i>Carcharhinus melanopterus</i>	15 - 20	0,51 - 1,02	0,16 – 0,31	900 - 2000

4.4 Implementação do plano de gestão alimentar

No decorrer da implementação do plano de gestão alimentar, os métodos e os valores utilizados ficaram estabelecidos conforme apresentado na tabela 9. Esta tabela indica o tipo de alimento fornecido, a frequência de alimentação, o método de fornecimento e o peso corporal.

As três espécies de elasmobrânquios do SLP recebem o mesmo tipo de alimento, o que difere é o método de alimentação, realizado através de um tubo PVC para os tubarões-de-pontas-negras e, de forma direta para a raia-uge-americana e para o tubarão-zebra.

Os tubarões-de-pontas-negras são sempre alimentados duas vezes por dia, e os restantes, normalmente são alimentados uma vez por dia, no entanto, se estes animais não ingerirem a quantidade de alimento ideal na primeira alimentação, haverá uma segunda alimentação.

A quantidade ideal de alimento em função da percentagem de PC do animal (%PC) varia de 3 a 6% para os tubarões-de-pontas-negras e de 4 a 6% para o tubarão-zebra e para a raia-uge-americana.

Estes valores foram determinados após a análise dos dados extraídos da revisão bibliográfica, dos cálculos efetuados neste estudo, da discussão destes dados com equipa de Biologia do SLP, e validados pelos outros centros SEA LIFE.

Tabela 8 - Informação aplicada às espécies em estudo do SLP durante o estágio.

Espécie	Alimento	Método de alimentação	Nº de vezes alimentados	% PC semanal
<i>Carcharhinus melanopterus</i>	Atum Peixe – Branco	Tubo PVC	Duas vezes por dia	3 – 6%
<i>Hypanus americanus</i>	Sardinha Pota	Oferecido diretamente	Uma a duas vezes por dia	4 – 6%
	Capelim			
<i>Stegostoma tigrinum</i>	Salmão Lula			

Legenda: PC – peso corporal

4.5 Ingestão de alimentos

Os dados obtidos relativos à quantidade de alimento ingerido (em gramas) mostram que a ingestão de alimento variou, ao longo das semanas, entre os quatro indivíduos de tubarões-de-pontas-negras, assim como no tubarão-zebra e na raia-uge-americana (figura 49A-C). Nos tubarões de pontas negras há tendências de oscilação entre todos os indivíduos, mas o macho é o que mais se destaca, variando a sua alimentação entre 265 e 1590 gramas por semana (figura 49A). As fêmeas 1 e 2 tiveram uma alimentação semelhante entre si, em que os valores variaram entre 256 a 1016 gramas, por semana. A fêmea 3, é o nosso indivíduo mais jovem, e ingeriu entre 390 a 1415 gramas por semana. Embora o intervalo entre oscilações não seja o mesmo, repara-se que as semanas em que comem mais e em que comem menos são semelhantes entre si, nomeadamente na semana 2, 5, 12, 16, 18 e 20 todos ingerem menos comida, ao contrário das semanas 7, 15, 17 e 19, em que todos os indivíduos ingerem mais quantidade de alimento.

A figura 49B, representa um gráfico da ingestão de alimentos, em gramas, da raia *Hypanus americanus*. A raia-uge-americana começou por ingerir uma grande quantidade de alimento na primeira semana de alimentação, cerca de 3270 gramas, porém esses valores estabilizaram ao longo do estudo, apresentando apenas 2 quedas: na semana 10 com 2100 gramas ingeridas e na semana 15 com 1980 gramas ingeridas. Nas restantes semanas, a sua alimentação variou entre 2242 e 2864 gramas. Estes valores indicam que a quantidade ingerida pela raia-uge-americana ao longo das semanas é mais estável quando comparada com os tubarões-de-pontas-negras.

No tubarão-zebra foi possível observar que a ingestão de alimento variou bastante nas 25 semanas, atingindo dois picos: 2230 gramas na 1ª semana e 2224 gramas na 8ª semana (figura 49C). Os restantes valores oscilaram entre 891 e 1998 gramas. Embora as oscilações apresentem um intervalo de aproximadamente 1100 gramas, os tubarões-de-pontas-negras foram os que apresentaram maior discrepância na quantidade de alimento ingerido (1300 gramas) e raia-uge-americana menor (600 gramas).

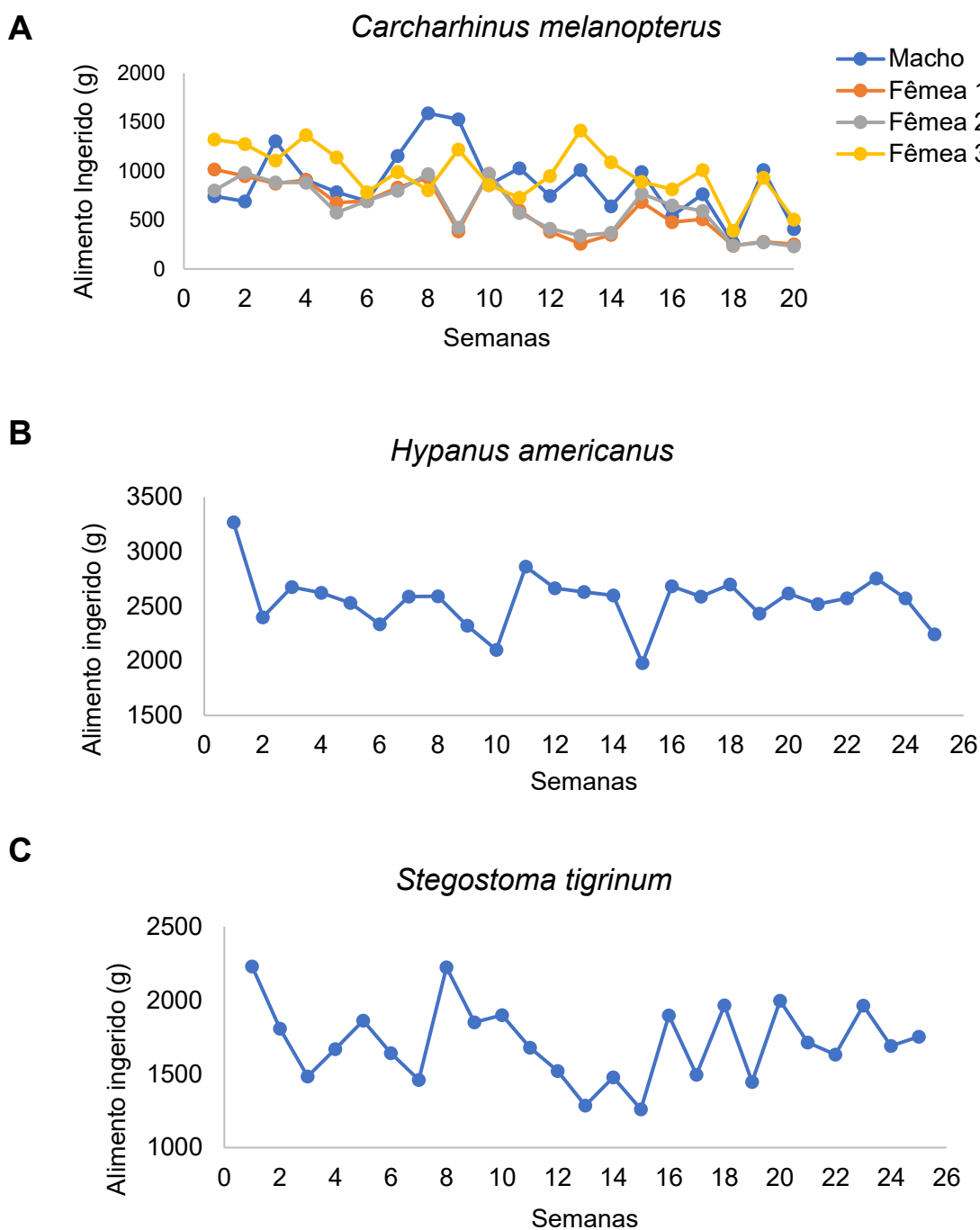


Figura 49 - Ingestão de alimento, em gramas (g), por semana para as três espécies de elasmobrânquios em estudo. A) Quatro tubarões de pontas-negras durante 20 semanas. B) Raia-uge-americana durante 25 semanas. C) Tubarão-zebra ao longo de 25 semanas.

A figura 50A-C apresenta a quantidade de alimento ingerido em percentagem do PC de cada indivíduo, ao longo de 20 semanas nos tubarões-de-pontas-negras e de 25 semanas no tubarão-zebra e na raia-uge-americana. Esta medida permite avaliar de forma mais adequada as diferenças da quantidade de alimento ingerido entre os indivíduos de diferentes tamanhos.

De acordo com a literatura, os tubarões-de-pontas-negras devem ingerir semanalmente 3 a 6% do seu PC em alimento, já o tubarão-zebra e a raia-uge-americana devem ingerir semanalmente entre 4 a 6% do seu PC em alimento. Considerando estes valores como referência, ao analisar a figura 50A, verifica-se que o macho e a fêmea 3 de tubarões de pontas negras ingeriram mais de 6 % do seu PC em alimento, em várias semanas, ao contrário das fêmeas 1 e 2, em que valores de ingestão de alimento manteve-se abaixo dos que 4% do seu PC ao longo de todas as semanas avaliadas.

De facto, os valores do macho variaram entre 3,60% e 10,60%, apresentando apenas dois picos inferiores ao intervalo proposto, ou seja, de 1,77% na semana 18 e 2,71% na semana 20. Para a fêmea 3 os valores variaram entre 3,37% e 9,43% apresentando apenas um valor a baixo do suposto, 2,60% na semana 18. Os resultados das fêmeas 1 e 2 oscilaram entre 1,16% e 5,08%. Este decréscimo acontece a partir da semana 11 para valores mais baixos do que o aconselhado.

Relativamente à raia-uge-americana-do-sul (figura 50B) verificou-se que esta ingeriu sempre uma quantidade de alimento superior a 4% do seu PC. Na maior parte das semanas, os valores ultrapassaram o máximo recomendado pela literatura (6% do PC) atingindo um máximo 8,18% na primeira semana apesar de nas restantes, a raia-uge-americana nunca tenha ingerido uma quantidade de alimento superior a 7,16% do seu PC.

Em relação ao tubarão-zebra (figura 50C), os valores de ingestão de alimento nunca foram inferiores a 4,20%, existindo algumas semanas em que os valores ultrapassaram os 6%, porém o máximo obtido foi de 7,43% do seu PC.

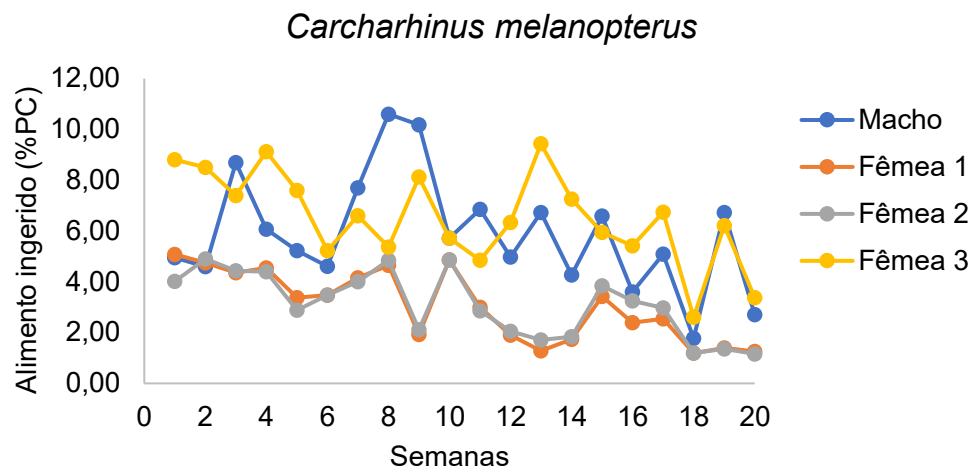
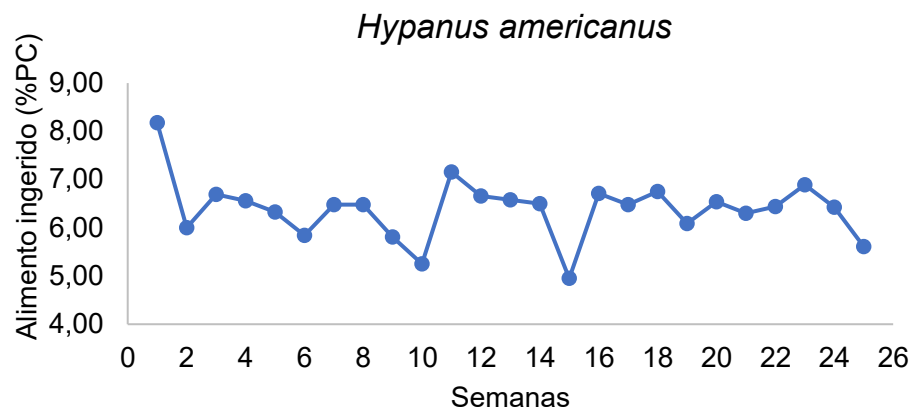
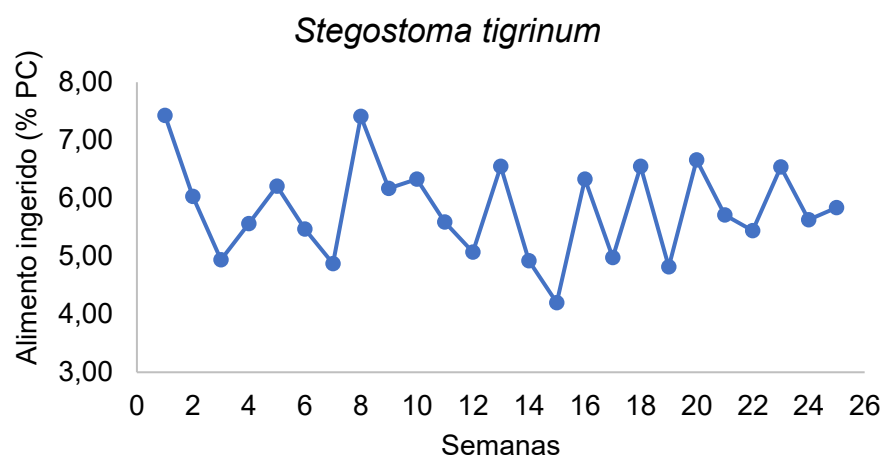
A**B****C**

Figura 50 - Ingestão de alimento segundo o peso corporal (%PC) de cada animal por semana. A) Quatro tubarões de pontas-negras ao longo de 20 semanas. B) Raia-uge-americana ao longo de 25 semanas. C) Tubarão-zebra ao longo de 25 semanas.

A quantidade de proteína ingerida por cada animal foi calculada com base nas análises laboratoriais da composição nutricional de cada alimento. Os valores de proteína correspondentes à quantidade de alimento ingerido por cada animal ao longo das semanas, foram expressos como percentagem do PC, para permitir que as comparações sejam proporcionais entre indivíduos de pesos diferentes (figura 51A-C).

A figura 51A, demonstra que a percentagem de proteína ingerida em relação ao peso corporal variou entre 0,18% e 1,85% nos tubarões-de-pontas-negras. O macho apresentou valores de proteína ingerida entre 0,28% e 1,62% do seu PC ao longo das semanas. Já os valores de proteína ingerida pela fêmea 3 estiveram entre 0,40% e 1,85%. As fêmeas 1 e 2 apresentaram sempre valores muito aproximados, sendo 0,18% o mínimo e 0,86% o máximo de proteína ingerida em relação ao PC.

Comparando estes resultados com as referências presentes na bibliografia (tabela 8), é possível afirmar que embora haja semanas em que os valores sejam inferiores ou superiores ao intervalo de variação para a espécie (0,51 a 1,02%), a média das 20 semanas foi de 0,99% para o macho, 0,52% para a fêmea 1 e de 0,53% para a fêmea 2. A fêmea 3 excedeu ligeiramente o valor máximo, ingerindo em média 1,10% do seu PC em proteína num período de 20 semanas.

Para a raia-uge-americana (figura 51B) estes valores oscilaram entre 0,54% e 1,17%, obtendo uma média final de ingestão de proteína de cerca de 0,96% do seu peso ao longo de 25 semanas. Tal como aconteceu com os tubarões de pontas negras, a raia-uge-americana ingeriu em algumas semanas mais que o intervalo de variação estipulado e menos em outras semanas, porém a média obtida encontra-se dentro dos intervalos de variação referenciados na tabela 8 (0,68 a 1,02%).

Por fim, para o tubarão-zebra (figura 51C) os valores de ingestão de proteína variaram entre 0,42% e 1,13%, sendo que a média final das 25 semanas de estudo foi de 0,80%. Esta média encontra-se dentro do valor referenciado, apesar que houve semanas com valores superiores e semanas com valores inferiores ao intervalo de variação (0,68 e 1,02%).

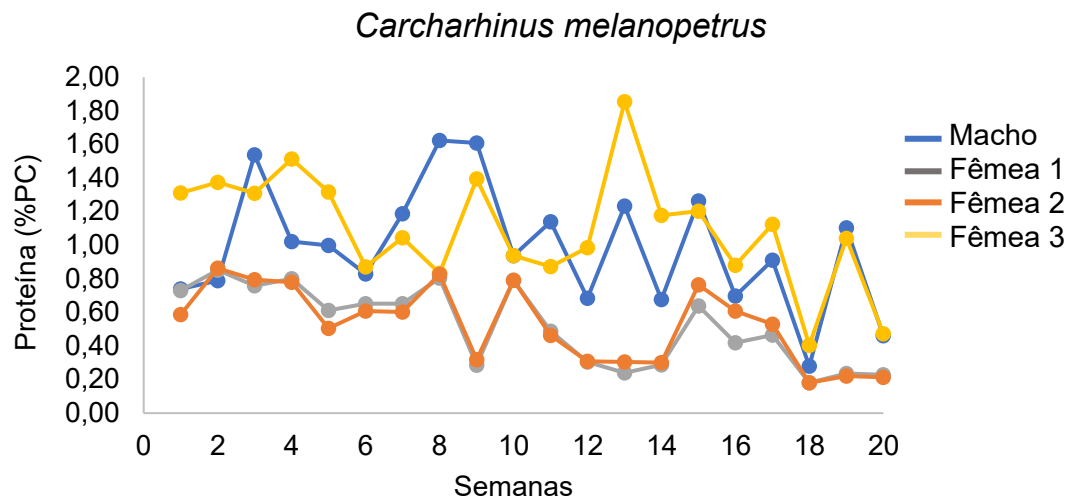
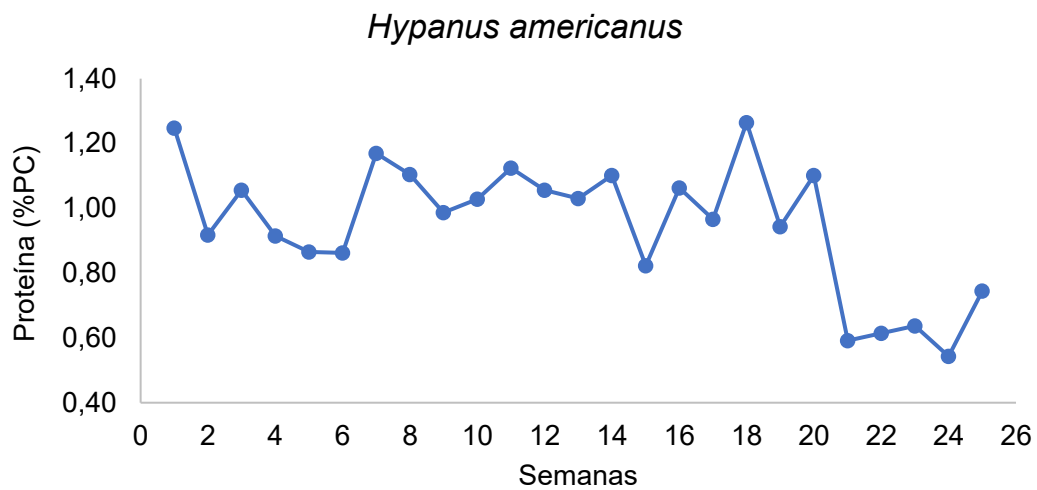
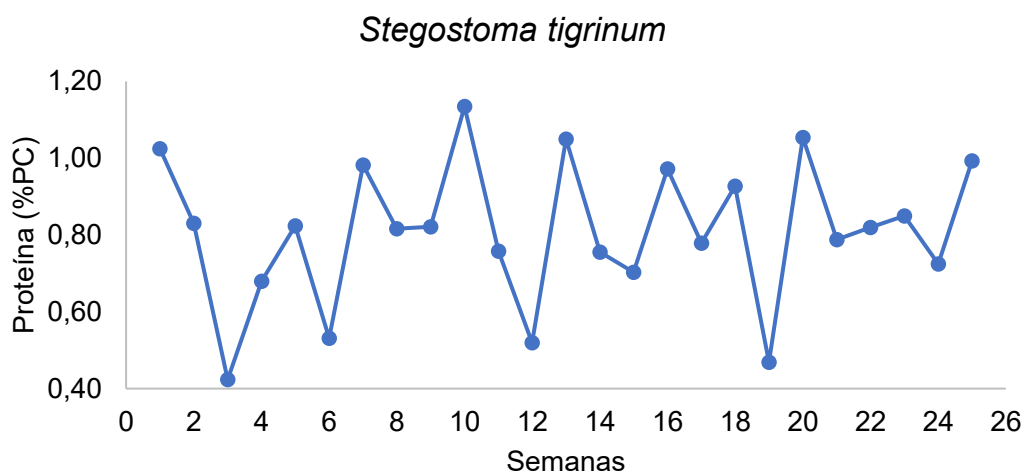
A**B****C**

Figura 51 -Variação da percentagem de proteína em relação ao peso corporal (%PC) das três espécies em estudo. A) Quatro tubarões de pontas-negras ao longo de 20 semanas. B) Raia-uge-americana do sul ao longo de 25 semanas. C) Tubarão-zebra ao longo de 25 semanas.

A quantidade de lípidos ingerida por cada animal foi calculada com base nas análises laboratoriais relativas à composição nutricional de cada alimento. Os valores de lípidos correspondentes à quantidade de alimento ingerido por cada animal foram expressos como percentagem do peso corporal para permitir que as comparações sejam proporcionais entre indivíduos de tamanhos diferentes (figura 52 A-C).

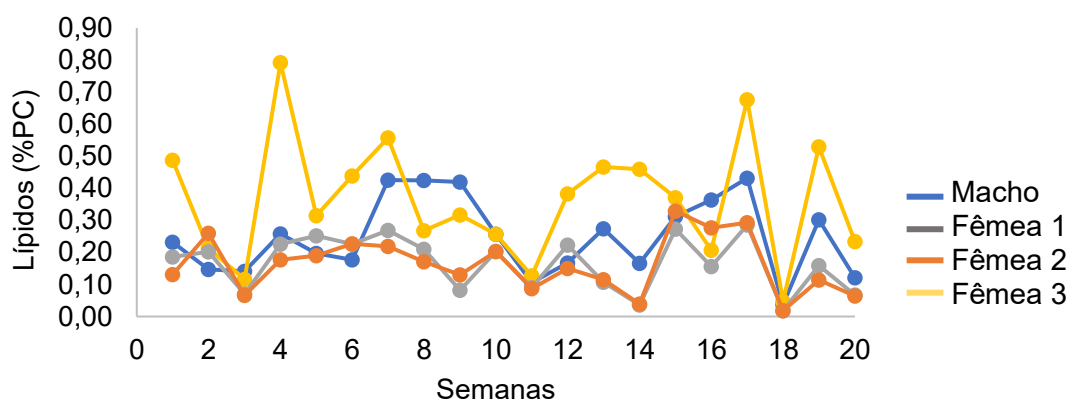
A figura 52A, mostra que nos tubarões-de-pontas-negras, a percentagem de lípidos ingerida em relação ao peso corporal variou entre 0,02% e 0,79%. O macho apresentou valores entre 0,04% e 0,43%, enquanto a fêmea 3 teve valores entre 0,05% e 0,79%. As fêmeas 1 e 2 apresentaram sempre valores muito aproximados, com um mínimo de 0,02% e um máximo de 0,33% o de lípidos ingeridos. Comparando estes resultados com as referências presentes na bibliografia (Tabela 8), é possível afirmar que embora haja semanas em que os valores sejam inferiores ou superiores aos intervalos de variação para a espécie (0,16 a 0,31%), a média das 20 semanas foi de 0,25% para o macho, 0,17% para a fêmea 1 e de 0,16% para a fêmea 2. A fêmea 3 excedeu ligeiramente o valor máximo, ingerindo em média 0,36% do seu peso corporal em proteína num período de 20 semanas.

Para a raia-uge-americana (figura 52B) estes valores oscilaram entre 0,09% e 0,42% %, obtendo uma média final de ingestão de lípidos de cerca de 0,25% do seu peso ao longo de 25 semanas. Apesar da raia-uge-americana ter ingeriu em algumas semanas mais que o intervalo de variação estipulado e menos em outras semanas, média obtida encontra-se dentro do intervalo referenciado na tabela 8 (0,21 a 0,31%).

Por fim, para o tubarão-zebra (figura 52C) os valores de ingestão de proteína variaram entre 0,08% e 0,50%, sendo que a média final das 25 semanas de estudo foi de 0,27%. Esta média encontra-se dentro do valor referenciado, apesar que houve semanas com valores superiores e semanas com valores inferiores aos intervalo de variação de lípidos ingeridos segundo o PC deste indivíduo (0,21 e 1,31%).

A

Carcharhinus melanopterus



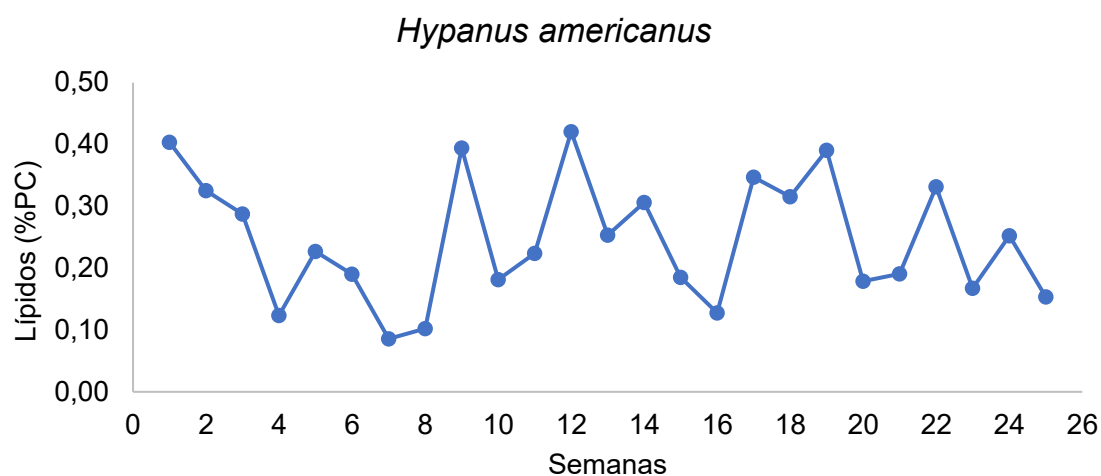
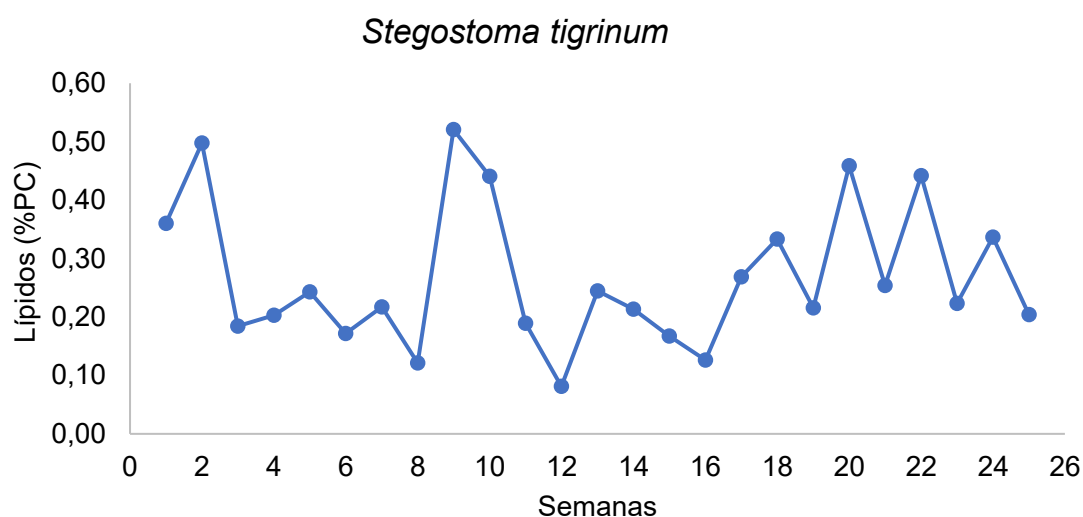
B**C**

Figura 52 - Registo da variação da percentagem de lípidos em relação ao peso corporal (%PC) das três espécies em estudo.

A quantidade de energia ingerida por cada animal foi calculada com base nas análises laboratoriais relativas à composição nutricional de cada alimento. Os valores da energia correspondentes à quantidade de alimento ingerido por cada animal foram expressos em kcal, sabendo que os valores não eram o mesmo para as diferentes espécies uma vez que têm pesos e necessidades diferentes (figura 53 A-C).

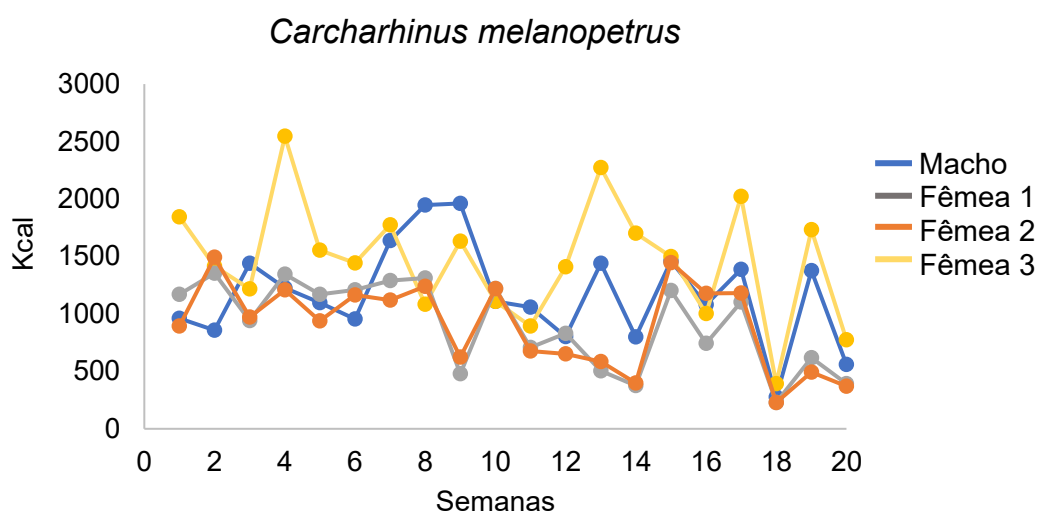
O gráfico da figura 53A apresenta a quantidade, em kcal, que os quatro tubarões de pontas-negras ingeriram ao longo de 20 semanas. Segundo a literatura (tabela 8), sabe-se que os animais desta espécie deveriam ingerir entre 900 a 2000 kcal por semana.

O macho apresentou valores entre 276 e 1961 kcal, a fêmea 1 entre 229 e 1354 kcal, a fêmea 2 entre 229 e 1354 kcal e a fêmea 3 entre 394 e 2545 kcal por semana. Comparando estes resultados com as referências presentes na bibliografia (tabela 8), é possível afirmar que embora haja semanas em que os valores sejam inferiores ou superiores aos intervalo de variação para a espécie (900 a 2000 kcal) a média das 20 semanas foi de 1172 kcal para o macho, 910 kcal para a fêmea 1, 904 kcal para a fêmea 2 e 1466 kcal para a fêmea 3.

Em relação à raia-uge-americana-do-sul, o gráfico da figura 53B mostra a variação da ingestão de alimentos, em kcal, ao longo de 25 semanas, sendo que o limite mínimo foi de 2408 kcal e o máximo de 4460 kcal. De acordo com literatura (tabela 8), o intervalo de referência de ingestão de energia está entre 2080 a 4080 kcal, e, por isso, é possível observar através do gráfico que, embora haja alguns valores que ultrapassam o limite máximo, a média de kcal ingeridas ao longo de 5 semanas foi de 3292 kcal.

Por fim, para o tubarão-zebra (figura 52C) os valores de ingestão de energia variaram entre 1440 e 3536 sendo que a média final das 25 semanas de estudo foi de 2406 kcal. Esta média encontra-se dentro do valor referenciado, apesar que houve semanas com valores superiores e semanas com valores inferiores aos intervalo de variação da quantidade de energia ingerida (1569 e 2700 kcal).

A



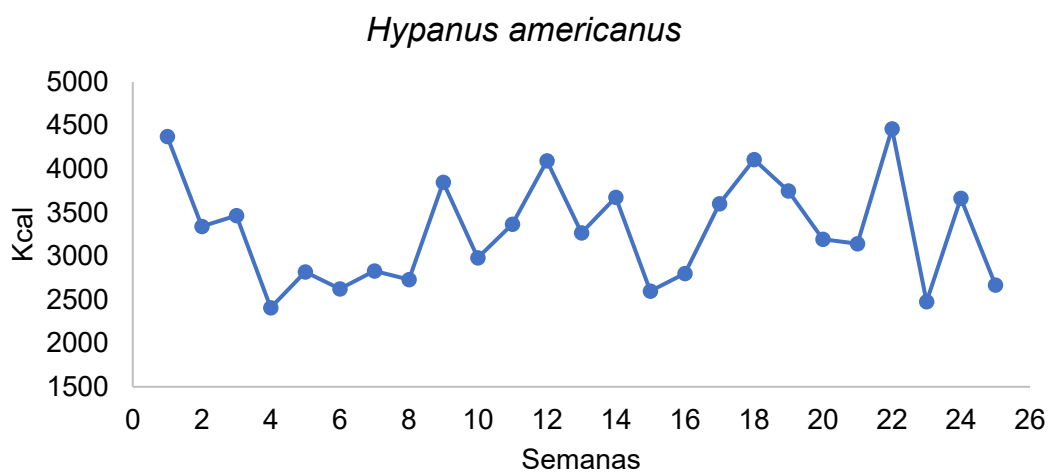
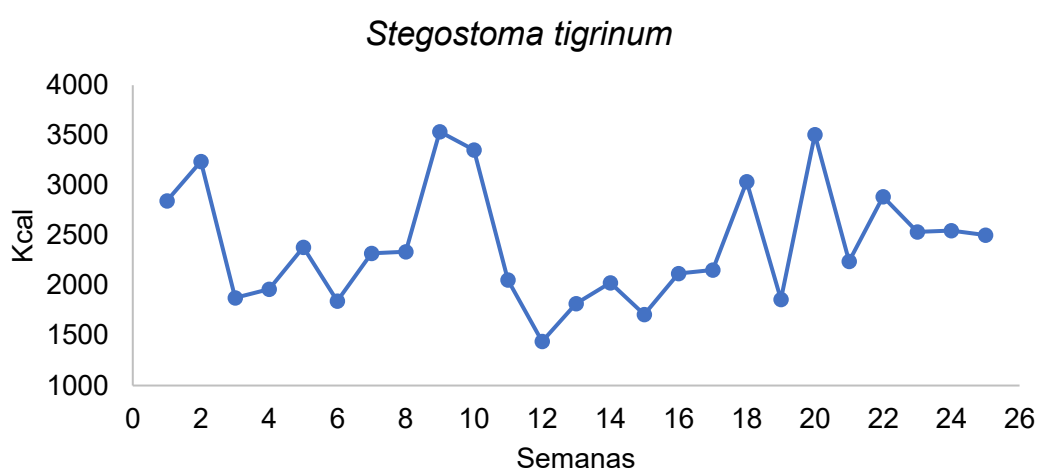
B**C**

Figura 53 - Registo da quantidade de energia (kcal) ingerida por semana para as três espécies de elasmobrânquios em estudo.

5. Discussão

Neste trabalho pretendeu-se estabelecer diretrizes para um plano nutricional adaptado a elasmobrânquios sob cuidados humanos, mas que mantenha a diversidade e o valor nutricional característico da dieta natural. Assim, entre os objetivos planeados, foi possível caracterizar a dieta natural de cada uma das três espécies em estudo - *Carcharhinus melanopterus*, *Stegostoma tigrinum* e *Hypanus americanus* - identificando os requisitos dietéticos específicos com base em literatura científica e dados zootécnicos, definir protocolos de alimentação, estabelecer a quantidade e frequência dos alimentos na dieta e desenvolver sistema de registo da gestão e monitorização da alimentação.

O plano alimentar para os quatro tubarões-de-pontas-negras, um tubarão-zebra e uma raia-uge-americana presentes no SEA LIFE Porto implementado após análise dos resultados deste estudo, combina não só alguns dos procedimentos já em execução no SLP com novas formas de monitorização. O método de alimentação usado manteve-se o mesmo para cada uma das espécies, uma vez que, após reavaliação considerou-se o método eficaz para o bem-estar dos animais, pois permite o controlo e a contabilização dos pedaços ingeridos e descartados por cada um destes animais.

Também foi mantida a rotina alimentar, dos tubarões de pontas-negras, que continuaram a ser alimentados duas vezes por dia, e a raia-uge-americana e o tubarão-zebra uma vez por dia, exceto se necessário reforçar a primeira alimentação, se não ingerissem a quantidade necessária na primeira refeição. O facto de se ter mantido a frequência alimentar previamente implementado no SLP foi essencial para a consistência dos resultados, uma vez que se considera muito importante manter uma rotina alimentar para promover a estabilidade dos animais (Toledo et al., 2022).

No entanto, os resultados deste estudo indicaram que, quando comparamos a quantidade de alimento ingerido por semana pelas diferentes espécies de elasmobrânquios do SLP com os valores de referência na literatura, houve resultados que muitas vezes não estiveram dentro dos intervalos de variação. À exceção da raia-uge-americana que revelou ter uma ingestão mais estável ao longo das semanas e dentro dos intervalos de referência, o tubarão zebra apresentou uma variação de quantidade de alimento ingerido maior entre semanas, mesmo estando próximo ou entre os valores de referência. Já os tubarões-de-pontas-negras mostraram uma maior discrepância entre a quantidade de alimento ingerido semanalmente por cada um deles, o que vai de encontro ao descrito na literatura que refere que os fatores individuais influenciam o consumo alimentar (Janse, 2003). As fêmeas 1 e 2, que têm idades e pesos semelhantes, mantiveram padrões de ingestão estáveis e próximos um do outro, enquanto que a fêmea 3, sendo mais jovem, apresentou várias semanas valores a cima do intervalo de variação de referência para espécie. Este resultado pode estar relacionado com um peso subestimado ou a com necessidades nutricionais específicas idade. O macho por vezes, ingeriu uma quantidade de alimento superiores ao intervalo de variação de referencia, o que pode ser devido ao facto dos machos terem um metabolismo mais acelerado e um comportamento mais ativo (Chin et al., 2013). Embora os valores de ingestão de alimento, em algumas semanas, estarem a cima e a baixo dos valores de referência, a média final de todos os resultados das semanas em que o estudo foi realizado mostrou estar dentro desses intervalos de variação, o que indica que os animais se adaptam naturalmente e que pequenas oscilações refletem apenas variações de apetite ou de comportamento, sem comprometer o equilíbrio nutricional (Morel et al., 2024).

É importante realçar que uma contribuição importante deste estudo para o manejo dos elasmobrânquios no SLP, foi a análise da composição nutricional dos alimentos, que permitiu fazer cálculos, com valores reais, sobre a composição nutricional das dietas que estavam a ser administradas aos animais em vez da utilização de dados genéricos fornecidos pelos fabricantes. Essa decisão trouxe maior precisão sobre a quantidades de nutrientes fornecidos. No entanto, para haver um controlo ainda mais apertado da composição nutricional das dietas fornecidas a estes animais era importante que estas análises laboratoriais fossem feitas com regularidade, assim que chegam novos lotes de alimento ao centro, já que a composição dos alimentos pode-se alterar bastante dependendo da origem, da estação do ano, ou das condições de armazenamento (Morel et al., 2024). O facto de termos recorrido às análises laboratoriais permitiu uma maior precisão nos cálculos nutricionais, garantindo que as necessidades dos animais fossem avaliadas com base na dieta efetivamente oferecida no SEA LIFE Porto

Apesar da literatura sobre nutrição em elasmobrânquios ser muito escassa, conseguiu-se, também, estabelecer intervalos de ingestão de proteínas, lípidos e energia em função do peso corporal de cada indivíduo, ajustados às particularidades de cada espécie (Henningsen & Leaf, 2010). O peso corporal de cada animal revelou-se determinante para a realização de todos os cálculos nutricionais, pelo que uma pesagem regular seria o procedimento ideal, uma vez que pequenas variações de peso podem traduzir-se em diferenças relevantes na estimativa das necessidades alimentares. Apesar da importância da monitorização do peso para ajustes nutricionais, a pesagem regular destas espécies pode gerar stress elevado, o que pode ter um impacto muito grande no bem-estar animal. Este género de planos ajuda a manter a consistência nutricional, permite ajustes personalizados a cada indivíduo e reforça a monitorização contínua do estado corporal e comportamental (Costa et al., 2023). De facto, a gestão alimentar pode beneficiar de novos ajustes práticos, de forma a melhorar a resposta às necessidades específicas das espécies e de cada animal. Um exemplo de possibilidade de melhoria continua é a criação de “mixes” alimentares em vez de oferecer apenas um tipo de alimento por refeição, garantindo uma maior diversidade nutricional diariamente (Smith, 2023).

Os resultados obtidos neste estudo permitem entender melhor as exigências nutricionais de cada animal e a partir disso adaptar a alimentação de forma equilibrada, variada e ajustada às suas necessidades fisiológicas em que se promove não só a saúde como o bem-estar geral (Janse, 2003). Desta forma, o desenvolvimento de um plano alimentar, e de um sistema de monitorização simplificado permite aos aquaristas fazer uma avaliação e controlar diariamente a ingestão alimentar dos animais, não só garantindo que estão a comer de forma adequada, como também fornecendo indicações precoces de alterações nutricionais que podem sinalizar potenciais problemas de saúde.

Capítulo IV – Conclusão Geral

O estágio do SEA LIFE Porto, possibilitou a combinação uma experiência prática como tratadora num ambiente de aquário (capítulo II) com o desenvolvimento de um plano nutricional e de monitorização alimentar (capítulo III). Estas duas vertentes do estágio revelam-se complementares, na medida em que um manejo alimentar mais individualizado corresponde a um dos objetivos centrais da manutenção de espécies em aquários. No entanto, a grande quantidade de tarefas diárias atribuídas aos aquaristas limita a disponibilidade para este tipo de estudos. Assim, a colaboração entre instituições como os aquários e a universidade assumem um papel estratégico: os aquários beneficiam do apoio científico e da produção de conhecimento aplicado, enquanto a universidade valoriza a sua missão educativa, proporcionando aos estudantes a possibilidade de aplicar saberes teóricos em contextos profissionais reais. De fato, este trabalho evidencia não só a importância deste estágio no crescimento da minha formação académica e profissional, mas também a importância das ações realizadas para a promoção do bem-estar dos elasmobrânquios mantidos no SEA LIFE Porto.

A nível prático foram adquiridos conhecimentos relacionados com as atividades desenvolvidas, como por exemplo na preparação e diferenciação das refeições de todas as espécies do SLP, na rotina diária de alimentação, manutenção de tanques, monitorização da qualidade da água de todos sistemas do aquário, observação do comportamento dos animais, além das atividades pontuais como tratamentos, necropsias e receção de novos animais, o que proporcionou competências que só poderiam ser adquiridas em contexto real. Esta parte do percurso foi essencial para perceber a exigência do trabalho de um aquarista, a conexão direta entre a qualidade ambiental e a saúde dos animais, constituindo também uma preparação fundamental para o exercício profissional nesta área.

O estágio permitiu ainda, aprofundar a vertente científica ao estudar e elaborar um plano alimentar para três espécies de elasmobrânquios do SLP. Neste estudo, houve a oportunidade de realizar uma investigação bibliográfica centrada nas três espécies em estudo, nomeadamente a cerca da sua biologia, comportamento, hábitos alimentares, tanto em meio natural como sob cuidado humano. A partir dessa base foi possível compreender e avaliar melhor as necessidades nutricionais de cada espécie e indivíduo, reforçando a importância de adaptar o plano alimentar às suas particularidades.

O desenvolvimento de um plano nutricional, associado à monitorização da ingestão alimentar, representa um contributo relevante para a gestão nutricional dos elasmobrânquios do SEALIFE Porto, uma vez que fornece dados concretos sobre as necessidades energéticas e comportamentais dessas espécies. Esta informação permite

otimizar o fornecimento alimentar, reduzir desperdícios, melhorar o bem-estar dos animais e apoiar a tomada de decisão em rotinas de manejo. Para além disso, abre perspectivas futuras de investigação, nomeadamente na avaliação de diferentes estratégias nutricionais, na diversificação de dietas e na integração de indicadores comportamentais como medidas complementares de bem-estar.

Todo este trabalho foi possível graças à abertura, colaboração e comunicação dos biólogos da equipa, cujo o apoio incentivou à implementação deste plano no SLP.

Em suma, este estágio constituiu uma oportunidade incrível onde se conseguiu aliar a formação prática com o aumento de conhecimento sobre nutrição em elasmobrânquios. Tudo isto contribuiu para o desenvolvimento de competências essenciais para o futuro e para a melhoria do plano alimentar no SEA LIFE Porto. Este relatório é um reflexo da aprendizagem adquirida, esperando-se que seja um ponto de partida para futuros projetos a cerca tanto de nutrição como de bem-estar em elasmobrânquios sob cuidado humano. O contacto direto com o ambiente aquático motivou e ainda a realização de um curso de mergulho, *Open Water*, que além de permitir explorar mais de perto os ecossistemas marinhos, também aprimorará as competências para trabalhar em aquários e em contextos de cuidado com animais marinhos.

Referências bibliográficas

- Adams, L., Lyons, K., Larkin, E., Leier, N., Monday, J., Plante, C., Dubach, J., & Wyffels, J. (2022). Artificial Insemination and Parthenogenesis in the Zebra Shark *Stegostoma tigrinum*. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.886616>
- Aguiar, A. A., Valentin, J. L., & Rosa, R. S. (2009). Habitat use by *Dasyatis americana* in a south-western Atlantic oceanic island. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(6), 1147–1152. <https://doi.org/10.1017/S0025315409000058>
- Andrade, J. B., Santos, D. N., Silva, M. O., Reis Santos, T. B., Meneses, T. S., & Coelho, A. S. (2016). Caracterização biométrica de tubarões do gênero *Sphyrna* (Griffith & Smith, 1834) no litoral de Sergipe. *Biotemas*, 29(2), 45-53. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2016v29n2p45>
- Bacon, H., Vigors, B., Shaw, D. J., Waran, N., Dwyer, C. M., & Bell, C. (2023). Zookeepers – The most important animal in the zoo? *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 26(4), 634–646. <https://doi.org/10.1080/10888705.2021.2012784>
- Baumans, V. (2005). Evaluación por métodos científicos del bienestar de los animales de laboratorio. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 24(2), 503–514. <https://doi.org/10.20506/rst.24.2.1585>
- Bernal, D., Carlson, J., Goldman, K., & Lowe, C. (2012). Energetics, Metabolism and Endothermy in Sharks and Rays. In *Biology of Sharks and Their Relatives* (pp. 73–112). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11867-10>
- Besten, A. Y. den. (1999). Some considerations involving feeding of 3 species of Carcharhinid sharks. *R.u.G., Kerklaan*.
- Bigelow, H. B., & Schroeder, W. C. (1953). *Sharks, sawfishes, guitarfishes, skates and rays* (J. Tee-Van, C. M. Breder, & S. F. Hildebrand, Eds.; Chimaeroids). Fishes of the Western North Atlantic.
- Bock, B., & Buller, H. (2013). Healthy, Happy and Humane: Evidence in Farm Animal Welfare Policy. *Sociologia Ruralis*, 53(3), 390–411. <https://doi.org/10.1111/soru.12011>
- Bodine, A., Luer, C., & Walsh, C. (2004). *The Immune System of Sharks, Skates, and Rays* (pp. 369–395). <https://doi.org/10.1201/9780203491317.ch13>
- Boere, V. (2001). Environmental enrichment for neotropical primates in captivity. *Ciência Rural*, 31(3), 543–551. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000300031>
- Bouillon, R., & Suda, T. (2014). Vitamin D: calcium and bone homeostasis during evolution. *BoneKEy Reports*, 3. <https://doi.org/10.1038/bonekey.2013.214>

- Bowen, S. H. (1987). Dietary Protein Requirements of Fishes — A Reassessment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44(11), 1995–2001. <https://doi.org/10.1139/f87-244>
- Braithwaite, V., & Huntingford, F. (2004). Fish and welfare: do fish have the capacity for pain perception and suffering? *Animal Welfare*, 13(S1), S87–S92. <https://doi.org/10.1017/S096272860001441X>
- Brambell. (1965). *Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals kept under Intensive Livestock Husbandry Systems*.
- Branco Nunes, I., Veras, D., Oliveira, P., & Hazin, F. (2016). Vertical movements of the southern stingray, *Dasyatis americana* (Hildebrand and Schroeder, 1928) in the Biological Reserve of the Rocas Atoll, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(2), 216–227. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue2-fulltext-3>
- Brereton, J., & Rose, P. (2022). An evaluation of the role of 'biological evidence' in zoo and aquarium enrichment practices. *Animal Welfare*, 31(1), 13–26. <https://doi.org/10.7120/09627286.31.1.002>
- Brevard Zoo. (2025). *Behind the Scenes*. How to Feed a Stingray.
- Broom, D. M. (1996). Animal welfare defined in terms of attempts to cope with the environment. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A Animal Science* 27, 22–28.
- Broom, D. M. (2016a). Animal welfare: concepts, study methods and indicators. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3), 306–321. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324688>
- Broom, D. M. (2016b). Considering animals' feelings: Précis of *Sentience and animal welfare* (Broom 2014). *Animal Sentience*, 5(1). <https://doi.org/10.51291/2377-7478.1015>
- Browning, H., & Birch, J. (2022). Teaching and learning guide for: Animal Sentience. *Philosophy Compass*, 17(11). <https://doi.org/10.1111/phc3.12878>
- Buttelmann, D., & Röpke, A.-K. (2014). Anxiety-Reducing Effect: Dog, Fish and Plant in Direct Comparison. *Anthrozoös*, 27(2), 267–277. <https://doi.org/10.2752/175303714X13903827487647>
- Cardigos, F. (2011). Prefácio. In J. P. Barreiros & O. B. F. Gadig, *Catálogo ilustrado dos tubarões e raias dos Açores* (pp. 11–12). Instituto Açoriano de Cultura. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3696.8483>
- Carlson, J., Charvet, P., Cardenosa, D., & Pacoureau, N. (2020). *Hypanus americanus*, Southern Stingray View on www.iucnredlist.org the IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES™. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020>

- Carlstead, K. (2009). A comparative approach to the study of Keeper–Animal Relationships in the zoo. *Zoo Biology*, 28(6), 589–608. <https://doi.org/10.1002/zoo.20289>
- Carlson, L. A., Cortés, E., Parsons, G. R., & Manire, C. A. (2003). Latitudinal variation in life-history traits of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*, (Carcharhiniformes: Sphyrnidae) from the eastern Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research*, 54(7), 875–885. <https://doi.org/10.1071/MF03023>
- Carpenter, K. E. (2002). *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Carrier, J. C. (2012). *Biology of Sharks and Their Relatives* (J. C. Carrier, J. A. Musick, & M. R. Heithaus, Eds.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11867>
- Carrier, J., Musick, J., & Heithaus, M. (2010). *Sharks and Their Relatives II* (J. C. Carrier, J. A. Musick, & M. R. Heithaus, Eds.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420080483>
- Ceccarelli, D. M., Frisch, A. J., Graham, N. A. J., Ayling, A. M., & Beger, M. (2014). Habitat partitioning and vulnerability of sharks in the Great Barrier Reef Marine Park. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24(1), 169–197. <https://doi.org/10.1007/s11160-013-9324-8>
- Chin, A., Simpfendorfer, C., Tobin, A., & Heupel, M. (2013). Validated age, growth and reproductive biology of *Carcharhinus melanopterus*, a widely distributed and exploited reef shark. *Marine and Freshwater Research*, 64(10), 965 - 977. <https://doi.org/10.1071/MF13017>
- Clark, F. E. (2011). Great ape cognition and captive care: Can cognitive challenges enhance well-being? *Applied Animal Behaviour Science*, 135(1–2), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.010>
- Clarke, S., Milner-Gulland, E. J., & Bjørndal, T. (2007). Social, Economic, and Regulatory Drivers of the Shark Fin Trade. *Marine Resource Economics*, 22(3), 305–327. <https://doi.org/10.1086/mre.22.3.42629561>
- Compagno, L. J. V. (2002). *Sharks of the World* (Vol. 2). FAO SPECIES CATALOGUE.
- Costa, S., Neves, J., Tirá, G., & Andrade, J. (2023). Predatory Responses and Feeding Behaviour of Three Elasmobranch Species in an Aquarium Setting. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 4(4), 775–787. <https://doi.org/10.3390/jzbq4040055>
- Crank, K. M., Kientz, J. L., & Barnes, M. E. (2019). An Evaluation of Vertically Suspended Environmental Enrichment Structures during Rainbow Trout Rearing. *North American Journal of Aquaculture*, 81(1), 94–100. <https://doi.org/10.1002/naaq.10064>

- Dahl, R. B., Sigsgaard, E. E., Mwangi, G., Thomsen, P. F., Jørgensen, R. D., Torquato, F. de O., Olsen, L., & Møller, P. R. (2019). The Sandy Zebra Shark: A New Color Morph of the Zebra Shark *Stegostoma tigrinum*, with a Redescription of the Species and a Revision of Its Nomenclature. *Copeia*, 107(3), 524. <https://doi.org/10.1643/CG-18-115>
- Dawood, M. A. O., & Koshio, S. (2018). Vitamin C supplementation to optimize growth, health and stress resistance in aquatic animals. *Reviews in Aquaculture*, 10(2), 334–350. <https://doi.org/10.1111/raq.12163>
- Dudgeon, C. L., Broderick, D., & Ovenden, J. R. (2009). IUCN classification zones concord with, but underestimate, the population genetic structure of the zebra shark *Stegostoma fasciatum* in the Indo-West Pacific. *Molecular Ecology*, 18(2), 248–261. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.04025.x>
- Dudgeon, C. L., Lanyon, J. M., & Semmens, J. M. (2013). Seasonality and site fidelity of the zebra shark, *Stegostoma fasciatum*, in southeast Queensland, Australia. *Animal Behaviour*, 85(2), 471–481. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.12.013>
- Dudgeon, C. L., Simpfendorfer, C., & Pillans, R. D. (n.d.). Zebra Shark, *Stegostoma fasciatum*. <http://shark-references.com/species/view/Stegostoma-fasciatum>
- Dudgeon, C., Noad, M., & Lanyon, J. (2008). Abundance and demography of a seasonal aggregation of zebra sharks *Stegostoma fasciatum*. *Marine Ecology Progress Series*, 368, 269–281. <https://doi.org/10.3354/meps07581>
- Dulvy, N. K., Fowler, S. L., Musick, J. A., Cavanagh, R. D., Kyne, P. M., Harrison, L. R., Carlson, J. K., Davidson, L. N., Fordham, S. V., Francis, M. P., Pollock, C. M., Simpfendorfer, C. A., Burgess, G. H., Carpenter, K. E., Compagno, L. J., Ebert, D. A., Gibson, C., Heupel, M. R., Livingstone, S. R., ... White, W. T. (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *ELife*, 3. <https://doi.org/10.7554/eLife.00590>
- EAZA. (2025). *Progressive Zoos and Aquariums Saving Species Together with You*. EAZA. <https://www.eaza.net/home/>
- Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1–4), 346–358. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
- Edwards, N. E., & Beck, A. M. (2013). The Influence of Aquariums on Weight in Individuals With Dementia. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 27(4), 379–383. <https://doi.org/10.1097/WAD.0b013e3182769b34>
- El-Sayed, A. M., & Izquierdo, M. (2022). The importance of vitamin E for farmed fish—A review. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 688–703. <https://doi.org/10.1111/raq.12619>

- Eustache, K. B., van Loon, E., Rummer, J. L., Planes, S., & Smallegange, I. (2024). Spatial and temporal analysis of juvenile blacktip reef shark (*Carcharhinus melanopterus*) demographies identifies critical habitats. *Journal of Fish Biology*, 104(1), 92–103. <https://doi.org/10.1111/jfb.15569>
- Farm Animal Welfare in Great Britain*. (2009). <http://www.fawc.org.uk>
- Feistner, A. T. C., & Price, E. C. (2003). Zoos and universities: Collaborating for primate conservation. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 11(S1), 7–11. <https://doi.org/10.1002/evan.10042>
- Feldheim, K. A., Wyffels, J. T., & Lyons, K. (2022). The role of aquaria in the advancement of elasmobranch reproductive biology. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.963542>
- Fens, A., & Clauss, M. (2024). Nutrition as an integral part of behavioural management of zoo animals. *Research Article Journal of Zoo and Aquarium Research*, 12(4). <https://doi.org/10.19227/jzar.v12i4.786>
- Ferretti, F., Worm, B., Britten, G. L., Heithaus, M. R., & Lotze, H. K. (2010). Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters*, 13(8), 1055–1071. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01489.x>
- Fitia. (2025). *Fitia*. <https://fitia.app/calories-nutritional-information/pota-10276/>
- Food Struct. (2025). *Whitefish raw nutrition: calories, carbs, GI, protein, fiber, fats*. Food Struct. <https://foodstruct.com/food/whitefish-nutrition>
- Francis-Floyd, R., Watson, C., Petty, D., & Pouder, D. (2009). *Ammonia in Aquatic Systems*. Askifas Powered by EDIS. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FA031>
- Fraser, D., Weary, D. M., Pajor, E. A., & Milligan, B. N. (1997). A Scientific Conception of Animal Welfare that Reflects Ethical Concerns. *Animal Welfare*, 6(3), 187–205. <https://doi.org/10.1017/S0962728600019795>
- Fraser, David. (2008). *Understanding animal welfare : the science in its cultural context*. Wiley-Blackwell.
- Freitas, R. H. A., Aguiar, A. A., Freitas, A. K. C. H. A., Lima, S. M. Q., & Valentin, J. L. (2019). Unravelling the foraging behavior of the southern stingray, *Hypanus americanus* (Myliobatiformes: Dasyatidae) in a Southwestern Atlantic MPA. *Neotropical Ichthyology*, 17(2). <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20180131>
- Friggens, N. C., Blanc, F., Berry, D. P., & Puillet, L. (2017). Review: Deciphering animal robustness. A synthesis to facilitate its use in livestock breeding and management. *Animal*, 11(12), 2237–2251. <https://doi.org/10.1017/S175173111700088X>

- Froese, R., & Pauly, D. (2025). *World Register of Marine Species (WoRMS)*. *Stegostoma Tigrinum* (Forster, 1781). Original Name: *Squalus Tigrinus* Forster, 1781; *Squalus Fasciatus* Hermann, 1783 Regarded as Unaccepted Synonym.
- Gracia, A. (2013). The determinants of the intention to purchase animal welfare-friendly meat products in Spain. *Animal Welfare*, 22(2), 255–265. <https://doi.org/10.7120/09627286.22.2.255>
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J. F., Casey, K. S., Ebert, C., Fox, H. E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H. S., Madin, E. M. P., Perry, M. T., Selig, E. R., Spalding, M., Steneck, R., & Watson, R. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science*, 319(5865), 948–952. <https://doi.org/10.1126/science.1149345>
- Hamdi, M., López-Vergé, S., Manzanilla, E. G., Barroeta, A. C., & Pérez, J. F. (2015). Effect of different levels of calcium and phosphorus and their interaction on the performance of young broilers. *Poultry Science*, 94(9), 2144–2151. <https://doi.org/10.3382/ps/pev177>
- Hamlin, H. J. (2006). Nitrate toxicity in Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*). *Aquaculture*, 253(1–4), 688–693. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.08.025>
- HANNA instruments. (2022). *Instruction Manual - HI98194, HI98195 and HI98196*.
- HANNA instruments. (2025). *HANNA instruments*. HANNA Instruments. <https://www.hanna.pt/produto/hi97115>
- Hediger, H. (1950). *Wild animals in captivity*. Butterworths.
- Hediger, H. (1969). *Man and animal in the zoo*. Routledge and Kegan Paul.
- Heithaus, M. R., Frid, A., Wirsing, A. J., & Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(4), 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.003>
- Henningsen, A. D., & Leaf, R. T. (2010). Observations on the Captive Biology of the Southern Stingray. *Transactions of the American Fisheries Society*, 139(3), 783–791. <https://doi.org/10.1577/T09-124.1>
- Hernandez, L. H., & Hardy, R. W. (2020). Vitamin A functions and requirements in fish. *Aquaculture Research*, 51(8), 3061–3071. <https://doi.org/10.1111/are.14667>
- Heupel, M. R., Williams, A. J., Welch, D. J., Ballagh, A., Mapstone, B. D., Carlos, G., Davies, C., & Simpfendorfer, C. A. (2009). Effects of fishing on tropical reef associated shark populations on the Great Barrier Reef. *Fisheries Research*, 95(2–3), 350–361. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.10.005>

- Hill, S. P., & Broom, D. M. (2009). Measuring zoo animal welfare: theory and practice. *Zoo Biology*, 28(6), 531–544. <https://doi.org/10.1002/zoo.20276>
- Huntingford, F. A., Adams, C., Braithwaite, V. A., Kadri, S., Pottinger, T. G., Sandøe, P., & Turnbull, J. F. (2006). Current issues in fish welfare. *Journal of Fish Biology*, 68(2), 332–372. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.001046.x>
- IceMar. (2025). *Capelin Mallotus Villosus*. IceMar. <https://icemar.is/products/capelin/>
- James, K. C., Lewison, R. L., Dillingham, Peter W., Curtis, K. A., & Moore, J. E. (2016). Drivers of retention and discards of elasmobranch non-target catch. *Environmental Conservation*, 43(1), 3–12. <https://doi.org/10.1017/S0376892915000168>
- Janse, M. (2003). Considerations on the diet composition and feeding rate of demersal sharks in 15 European public aquaria. *Zoo Biology*, 22(3), 203–226. <https://doi.org/10.1002/zoo.10090>
- Janse, M. (2004). *Elasmobranch nutrition, food handling, and feeding techniques*. <https://www.researchgate.net/publication/315897611>
- Janvier, P., & Pradel, A. (2015). *Elasmobranchs and Their Extinct Relatives: Diversity, Relationships, and Adaptations Through Time* (pp. 1–17). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801289-5.00001-8>
- Johansen, R., Needham, J. R., Colquhoun, D. J., Poppe, T. T., & Smith, A. J. (2006). Guidelines for health and welfare monitoring of fish used in research. *Laboratory Animals*, 40(4), 323–340. <https://doi.org/10.1258/002367706778476451>
- Karydis, M. (2011). Organizing a public aquarium: Objectives, design, operation and missions. A review. *Global NEST Journal*. <https://www.researchgate.net/publication/266052981>
- Kiarie, E., & Nyachoti, C. M. (2010). Bioavailability of calcium and phosphorus in feedstuffs for farm animals. In *Phosphorus and calcium utilization and requirements in farm animals* (pp. 76–93). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845936266.0076>
- Kim, J.-H., Kang, Y. J., Kim, K. II, Kim, S. K., & Kim, J.-H. (2019). Toxic effects of nitrogenous compounds (ammonia, nitrite, and nitrate) on acute toxicity and antioxidant responses of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 67, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.02.001>
- Knip, D. M., Heupel, M. R., & Simpfendorfer, C. A. (2012). Evaluating marine protected areas for the conservation of tropical coastal sharks. *Biological Conservation*, 148(1), 200–209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.01.008>
- Kokocińska, A., & Kaleta, T. (2016). The role of ethology in animal welfare. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, 12(1), 49–62. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.6981>

- Kyne, P. M., Heupel, M. R., White William T., & Simpfendorfer, C. A. (2021). *The action plan for australian sharks and rays*. National Environmental Science Program, Marine Biodiversity Hub.
- Last, P., White, W., Carvalho, M., Séret, B., Stechmann, M., & Naylor, G. (2016). *Rays of the world* (first). Csiro Publishing.
- Long, M., Dürnberger, C., Jenner, F., Kelemen, Z., Auer, U., & Grimm, H. (2022). Quality of Life within Horse Welfare Assessment Tools: Informing Decisions for Chronically Ill and Geriatric Horses. *Animals*, 12(14), 1822. <https://doi.org/10.3390/ani12141822>
- Lopez, P., Cabrera-Álvarez, M. J., Maia, C. M., & Saraiva, J. L. (2022). Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 704–728. <https://doi.org/10.1111/raq.12620>
- Lund, V. (2006). Natural living—a precondition for animal welfare in organic farming. *Livestock Science*, 100(2–3), 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.08.005>
- Lyle, J. (1987). Observations on the biology of *Carcharhinus cautus* (Whitley), *C. melanopterus* (Quoy & Gaimard) and *C. fitzroyensis* (Whitley) from Northern Australia. *Marine and Freshwater Research*, 38(6), 701–710. <https://doi.org/10.1071/MF9870701>
- Maia, M. M., Formágio, J., Buhr, G., & Takatsuka, V. (2021). Nutricional management in pratice of sand tiger shark (*Charcarias taurus*) in aquarium. In Brooks M, Koutsos E, and Henry B Eds. Proceedings of the Fourteenth Conference on Zoo and Wildlife Nutrition, Zoo and Wildlife Nutrition Foundation and AZA Nutrition Advisory Group, Virtual.
- Maisey, J. G. (2012). What is an ‘elasmobranch’? The impact of palaeontology in understanding elasmobranch phylogeny and evolution. *Journal of Fish Biology*, 80(5), 918–951. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03245.x>
- Martínez-Yáñez, R., Mora-Medina, P., & Albertos-Alpuche, P. J. (2025). EPI-DOM approach for comprehensive assessment of integral animal welfare. *Frontiers in Animal Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1495149>
- Martos-Sitcha, J. A., Mancera, J. M., Prunet, P., & Magnoni, L. J. (2020). Editorial: Welfare and Stressors in Fish: Challenges Facing Aquaculture. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00162>
- Mason, G., & Rushen, J. (2006). *Stereotypic Animal Behaviour: Fundamentals and Applications to Welfare*. CABI Publishing.
- Mather, J., & Anderson, R. (2007). Ethics and invertebrates: a cephalopod perspective. *Diseases of Aquatic Organisms*, 75, 119–129. <https://doi.org/10.3354/dao075119>

- McComb, D. M., & Kajiura, S. M. (2008). Visual fields of four batoid fishes: a comparative study. *Journal of Experimental Biology*, 211(4), 482–490. <https://doi.org/10.1242/jeb.014506>
- Medina, L. de S., Emerenciano, M. G. C., Bittencourt, F., Brum, A., Souza, H. B. de, & Mello, G. L. de. (2022). Sistema de recirculação aquícola: relações peso-comprimento e fatores de condição de quatro espécies de peixes tropicais. *Research, Society and Development*, 11(4), e52811427368. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27368>
- Mellor, D. (2016). Updating Animal Welfare Thinking: Moving beyond the “Five Freedoms” towards “A Life Worth Living.” *Animals*, 6(3), 21. <https://doi.org/10.3390/ani6030021>
- Mellor, D. (2017). Operational Details of the Five Domains Model and Its Key Applications to the Assessment and Management of Animal Welfare. *Animals*, 7(8), 60. <https://doi.org/10.3390/ani7080060>
- Mellor, D., & Beausoleil, N. (2015). Extending the ‘Five Domains’ model for animal welfare assessment to incorporate positive welfare states. *Animal Welfare*, 24(3), 241–253. <https://doi.org/10.7120/09627286.24.3.241>
- Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., McLean, A. N., McGreevy, P. D., Jones, B., & Wilkins, C. (2020). The 2020 Five Domains Model: Including Human–Animal Interactions in Assessments of Animal Welfare. *Animals*, 10(10), 1870. <https://doi.org/10.3390/ani10101870>
- Mellor, D. J., & Reid, C. S. W. (1994). Experimental Research and Animal Welfare Collection. *Improving the Well-Being of Animals in the Research Environment*, 3–18.
- Merlin Entertainments. (2025). *Merlin Entertainments*. Merlin Entertainments. <https://www.merlinentertainments.biz/about-us/>
- Meysman, F., MIDDELBURG, J., & HEIP, C. (2006). Bioturbation: a fresh look at Darwin’s last idea. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(12), 688–695. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.08.002>
- Minteer, B. A., & Collins, J. P. (2013). Ecological Ethics in Captivity: Balancing Values and Responsibilities in Zoo and Aquarium Research under Rapid Global Change. *ILAR Journal*, 54(1), 41–51. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilt009>
- Morel, M., Gál, J., Sós-Koroknai, V., Sós, E., Csehó, L., Bali, K., & Hoitsy, M. (2024). From wild to captive: Understanding the main nutritional diseases of sharks in public aquariums. *Acta Veterinaria Hungarica*, 72(4), 235–261. <https://doi.org/10.1556/004.2024.01057>
- Motta, P. J., & Wilga, C. D. (2001). Advances in the Study of Feeding Behaviors, Mechanisms, and Mechanics of Sharks. *Environmental Biology of Fishes*, 60(1–3), 131–156. <https://doi.org/10.1023/A:1007649900712>

- Mourier, J., Mills, S. C., & Planes, S. (2013). Population structure, spatial distribution and life-history traits of blacktip reef sharks *Carcharhinus melanopterus*. *Journal of Fish Biology*, 82(3), 979–993. <https://doi.org/10.1111/jfb.12039>
- Mourier, J., Vercelloni, J., & Planes, S. (2012). Evidence of social communities in a spatially structured network of a free-ranging shark species. *Animal Behaviour*, 83(2), 389–401. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.11.008>
- Musick, J. A., Burgess, G., Cailliet, G., Camhi, M., & Fordham, S. (2000). Management of Sharks and Their Relatives (Elasmobranchii). *Fisheries*, 25(3), 9–13. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(2000\)025<0009:MOSATR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(2000)025<0009:MOSATR>2.0.CO;2)
- Näslund, J., & Johnsson, J. I. (2014). Environmental enrichment for fish in captive environments: effects of physical structures and substrates. *Fish and Fisheries*, 17(1), 1–30. <https://doi.org/10.1111/faf.12088>
- Newberry, R. C. (1995). Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. *Applied Animal Behaviour Science*, 44(2–4), 229–243. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00616-Z](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00616-Z)
- Newton, K. C., Wraith, J., & Dickson, K. A. (2015). Digestive enzyme activities are higher in the shortfin mako shark, *Isurus oxyrinchus*, than in ectothermic sharks as a result of visceral endothermy. *Fish Physiology and Biochemistry*, 41(4), 887–898. <https://doi.org/10.1007/s10695-015-0055-8>
- Norambuena, F., Estévez, A., Mañanós, E., Bell, J. G., Carazo, I., & Duncan, N. (2013). Effects of graded levels of arachidonic acid on the reproductive physiology of Senegalese sole (*Solea senegalensis*): Fatty acid composition, prostaglandins and steroid levels in the blood of broodstock bred in captivity. *General and Comparative Endocrinology*, 191, 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2013.06.006>
- nutritionix. (2025). nutritionix. <https://www.nutritionix.com/food/salmon/100-g>
- Ohl, F., & van der Staay, F. J. (2012). Animal welfare: At the interface between science and society. *The Veterinary Journal*, 192(1), 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.05.019>
- Palintest Instruments. (2025). *PHOTOMETER 7500*.
- Papastamatiou, Y. P., Lowe, C. G., Caselle, J. E., & Friedlander, A. M. (2009). Scale-dependent effects of habitat on movements and path structure of reef sharks at a predator-dominated atoll. *Ecology*, 90(4), 996–1008. <https://doi.org/10.1890/08-0491.1>
- Porcher, I. F. (2005). On the gestation period of the blackfin reef shark, *Carcharhinus melanopterus*, in waters off Moorea, French Polynesia. *Marine Biology*, 146(6), 1207–1211. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1518-0>

- Port, A., Sippel, T., & Montgomery, J. C. (2008). Observations of mesoscale movements in the short-tailed stingray, *Dasyatis brevicaudata* from New Zealand using a novel PSAT tag attachment method. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 359(2), 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.02.024>
- Quental, T. B., & Marshall, C. R. (2010). Diversity dynamics: molecular phylogenies need the fossil record. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(8), 434–441. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.05.002>
- Rault, J.-L., Bateson, M., Boissy, A., Forkman, B., Grinde, B., Gygax, L., Harfeld, J. L., Hintze, S., Keeling, L. J., Kostal, L., Lawrence, A. B., Mendl, M. T., Miele, M., Newberry, R. C., Sandøe, P., Špinka, M., Taylor, A. H., Webb, L. E., Whalin, L., & Jensen, M. B. (2025). A consensus on the definition of positive animal welfare. *Biology Letters*, 21(1). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2024.0382>
- Robinson, D. P., Baverstock, W., Al-Jaru, A., Hyland, K., & Khazanehdari, K. A. (2011). Annually recurring parthenogenesis in a zebra shark *Stegostoma fasciatum*. *Journal of Fish Biology*, 79(5), 1376–1382. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.03110.x>
- Roques, J. A. C., Schram, E., Spanings, T., van Schaik, T., Abbink, W., Boerrigter, J., de Vries, P., van de Vis, H., & Flik, G. (2015). The impact of elevated water nitrite concentration on physiology, growth and feed intake of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture Research*, 46(6), 1384–1395. <https://doi.org/10.1111/are.12292>
- Rosa, R. de S. (2022, June 17). *Levantamento de espécies de peixes elasmobrânquios (Chondrichthyes: Elasmobranchii)*.
- Rose, J. D. (2002). The Neurobehavioral Nature of Fishes and the Question of Awareness and Pain. *Reviews in Fisheries Science*, 10(1), 1–38. <https://doi.org/10.1080/20026491051668>
- Schreck, C. B. (2010). Stress and fish reproduction: The roles of allostasis and hormesis. *General and Comparative Endocrinology*, 165(3), 549–556. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.07.004>
- SEA LIFE. (2025). SEA LIFE. SEA LIFE. <https://www.visitsealife.com/explore/>
- SEA LIFE Porto. (2025). SEA LIFE Porto. SEA LIFE Porto. https://www.visitsealife.com/porto/descobrir/?_gl=1*13w1kso*_up*MQ..*_gs*MQ..&qclid=Cj0KCQjwnovFBhDnARIsAO4V7mDd4IboDwSuTREimiiDdCv-OqMj5LBaeYhcoy4R1Wp8M8wtSqyitoeAsl1EALw_wcB&gbraid=0AAAAADteNNIBrWVM2Gzvu4mcHVM7FCEu0
- SEA LIFE Trust. (2025). SEA LIFE Trust. SEA LIFE Trust. <https://www.sealifetrust.org/en/>

- Sepulveda, C. A., Graham, J. B., & Bernal, D. (2007). Aerobic metabolic rates of swimming juvenile mako sharks, *Isurus oxyrinchus*. *Marine Biology*, 152(5), 1087–1094. <https://doi.org/10.1007/s00227-007-0757-2>
- Sherwen, S. L., Hemsworth, L. M., Beausoleil, N. J., Embury, A., & Mellor, D. J. (2018). An Animal Welfare Risk Assessment Process for Zoos. *Animals*, 8(8), 130. <https://doi.org/10.3390/ani8080130>
- Silveira, F. da, & Silva, M. P. da. (2020). Intimismo entre humanos e animais em um zoológico na Amazônia (Belém - PA). *Revista de Antropologia*, 63(1), 164–184. <https://doi.org/10.11606/2179-0892.ra.2020.168620>
- Simpfendorfer, C. (2020). View on www.iucnredlist.org THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES™. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020>
- Simpfendorfer, C. A., Heupel, M. R., White, W. T., & Dulvy, N. K. (2011). The importance of research and public opinion to conservation management of sharks and rays: a synthesis. *Marine and Freshwater Research*, 62(6), 518. <https://doi.org/10.1071/MF11086>
- Skibieli, A. L., Trevino, H. S., & Naugher, K. (2007). Comparison of several types of enrichment for captive felids. *Zoo Biology*, 26(5), 371–381. <https://doi.org/10.1002/zoo.20147>
- Smith, J., Verspeek, J., Laska, M., & Salas, M. (2025). Effects of environmental enrichment on the behaviour of zoo-housed cinereous vultures *Aegypius monachus*. *Research Article Journal of Zoo and Aquarium Research*, 13(2). <https://doi.org/10.19227/jzar.v13i2.877>
- Smith, S. A. (2014). Welfare of Laboratory Fishes. In *Laboratory Animal Welfare* (pp. 301–311). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385103-1.00017-8>
- Smith, S. A. (2023). Fish Welfare in Public Aquariums and Zoological Collections. *Animals*, 13(16), 1–2. <https://doi.org/10.3390/ani13162548>
- Speed, C. W., Meekan, M. G., Field, I. C., McMahon, C. R., Abrantes, K., & Bradshaw, C. J. A. (2012). Trophic ecology of reef sharks determined using stable isotopes and telemetry. *Coral Reefs*, 31(2), 357–367. <https://doi.org/10.1007/s00338-011-0850-3>
- Stevens, J. D. (1984). Life-history and ecology of sharks at Aldabra Atoll, Indian Ocean. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 222(1226), 79–106. <https://doi.org/10.1098/rspb.1984.0050>
- Stevens, J. D., & Last, P. R. (2009). *Sharks and rays of Australia* (second edition). Harvard University.
- Swaigood, R. R., & Shepherdson, D. J. (2005). Scientific approaches to enrichment and stereotypies in zoo animals: what's been done and where should we go next? *Zoo Biology*, 24(6), 499–518. <https://doi.org/10.1002/zoo.20066>

- Taylor, P. S., Schrobback, P., Verdon, M., & Lee, C. (2023). An effective environmental enrichment framework for the continual improvement of production animal welfare. *Animal Welfare*, 32, e14. <https://doi.org/10.1017/awf.2023.5>
- Thrush, S. F., & Dayton, P. K. (2002). Disturbance to Marine Benthic Habitats by Trawling and Dredging: Implications for Marine Biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33(1), 449–473. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150515>
- Tilley, A., López-Angarita, J., & Turner, J. R. (2013). Diet Reconstruction and Resource Partitioning of a Caribbean Marine Mesopredator Using Stable Isotope Bayesian Modelling. *PLoS ONE*, 8(11), e79560. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079560>
- Toledo, H., Callejas, P., Alfaro, A., Guimeráns, H., & Alonso, E. (2022). Age and growth of the zebra shark *Stegostoma tigrinum* (Forster 1781), at Loro Parque Aquarium. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 10(3), 166–169. <https://doi.org/10.19227/jzar.v10i3.677>
- Toledo-Padilla, H., & Alfaro De Rojas, A. (2022). MONITORING, TRAINING AND DIET OF THE ZEBRA SHARK (*Stegostoma fasciatum*) AT THE AQUARIUM OF LORO PARQUE. <https://www.researchgate.net/publication/359231013>
- Underwood, C. J. (2006). Diversification of the Neoselachii (Chondrichthyes) during the Jurassic and Cretaceous. *Paleobiology*, 32(2), 215–235. <https://doi.org/10.1666/04069.1>
- van Bussel, C. G. J., Schroeder, J. P., Wuertz, S., & Schulz, C. (2012). The chronic effect of nitrate on production performance and health status of juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 326–329, 163–167. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.019>
- Walker, T. I. (2005). *Chondrichthyan reproduction in fisheries science*. <https://www.researchgate.net/publication/296704350>
- Wells, D. L. (2009). Sensory stimulation as environmental enrichment for captive animals: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 118(1–2), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.01.002>
- Wetherbee, B., Gruber, S., & Cortés, E. (1990). Diet, Feeding Habits, Digestion, and Consumption in Sharks, with Special Reference to the Lemon Shark, *Negaprion brevirostris*. *National Oceanographic and Atmospheric Administration Technical Report NMFS*, 29–47.
- White, W. T. (2007). Catch composition and reproductive biology of whaler sharks (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) caught by fisheries in Indonesia. *Journal of Fish Biology*, 71(5), 1512–1540. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01623.x>

- Whitham, J. C., & Wielebnowski, N. (2009). Animal-based welfare monitoring: using keeper ratings as an assessment tool. *Zoo Biology*, 28(6), 545–560. <https://doi.org/10.1002/zoo.20281>
- Wolf, J. C., & Wolfe, M. J. (2005). A Brief Overview of Nonneoplastic Hepatic Toxicity in Fish. *Toxicologic Pathology*, 33(1), 75–85. <https://doi.org/10.1080/01926230590890187>
- Wooddell, L. J., Beisner, B., Hannibal, D. L., Nathman, A. C., & McCowan, B. (2019). Increased produce enrichment reduces trauma in socially-housed captive rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *American Journal of Primatology*, 81(12). <https://doi.org/10.1002/ajp.23073>
- Xu, Z., Cao, J., Qin, X., Qiu, W., Mei, J., & Xie, J. (2021). Toxic Effects on Bioaccumulation, Hematological Parameters, Oxidative Stress, Immune Responses and Tissue Structure in Fish Exposed to Ammonia Nitrogen: A Review. *Animals*, 11(11), 3304. <https://doi.org/10.3390/ani11113304>
- Yeates, J. (2011). Is 'a life worth living' a concept worth having? *Animal Welfare*, 20(3), 397–406. <https://doi.org/10.1017/S0962728600002955>
- Yokota, L. (2005). *Caiçara do norte (RN): Um berçário de tubarões e raias?* [Mestrado]. Universidade Federal de Pernambuco.

Apêndice

Livro de resumo da Conferência assistida durante a escrita deste relatório de estágio, juntamente com o poster apresentado.

1. Investigação Jovem da Universidade do Porto 18ª Edição. Porto, Portugal

BOOK OF ABSTRACTS



23283 | Optimizing Nutrition for Elasmobranchs: A Study on Feeding Strategies to Improve Welfare in a Public Aquarium

Érica Rocha¹; Ana Ferreira²; Rodrigo Ozório³; Ana Magalhães^{1,4}

School of Medicine and Biomedical Sciences (ICBAS), University of Porto, Porto, Portugal¹; Merlin Entertainments – SEA LIFE Porto, Porto, Portugal²; Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research of University of Porto³; Institute of Research and Innovation in Health (i3H), Porto Portugal⁴

Background & Aim: Ensuring proper nutrition for elasmobranchs in public aquaria settings is essential for their welfare. A well balanced diet, both micro and macro nutrients, prevents diseases, stimulates natural behaviors and minimizes stress. Food quantity, quality and storage condition influence feeding behavior and habitat conditions, making it more difficult to tailor feeding plans. Limited data on elasmobranch species further complicates this issue. This study aims to propose a nutritional plan that emphasizes a balanced and diverse diet, closely replicating the natural feeding habits of four blacktip sharks (*Carcharhinus melanopterus*), a zebra shark (*Stegostoma tigrinum*) and a southern stingray (*Hypanus americanus*) in captivity in the SEA LIFE - Porto. **Methods:** The study includes a literature review and body weight calculations to determine weekly food portions. The feed includes whole fish, mollusks, and crustaceans, with a supplement of vitamin and mineral premix tablets, to compensate possible micro-nutrient imbalances due to freeze-thaw effect. The dietary adequacy is assessed by weighing feed ration ingested and discarded. The nutritional composition (energy, protein and fat contents) of primary food sources is analyzed to evaluate whether the feed meet the metabolic and physiological demands of the three species under study. For the calculation of ideal food portion, the following equation is used: $A = B \times P$, where A is daily food quantity (g), B is body weight (g) and P is the percentage of body weight required daily. **Results:** The natural feed used are well accepted, and the intake remains between the expected values for the species under study (3-6% body weight). The laboratory results of the dietary nutritional profile are currently under analyses. **Conclusion:** This study provides insights into nutritional balance, diet composition, and feeding strategies for 3 elasmobranchs species in captivity, supporting species-specific dietary plans that enhance health and welfare.

Keywords: Nutrition, Elasmobranch, Feeding Behavior.

700

- Póster Apresentado

Optimizing Nutrition for Elasmobranchs: A Study on Feeding Strategies to Improve Welfare in a Public Aquarium



Érica Rocha¹; Ana Ferreira²; Rodrigo Ozório³ and Ana Magalhães^{1,4}

¹School of Medicine and Biomedical Sciences (ICBAS), University of Porto, Porto, Portugal; ²Merlin Entertainments – SEA LIFE Porto, Porto, Portugal; ³Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research (CIIMAR-UP); ⁴Institute of Research and Innovation in Health (i3s), Porto Portugal.



Introduction

Public aquaria face challenges in feeding diverse species with different dietary needs while maintaining water quality and animal welfare. Issues include overfeeding and the need to mimic natural behaviors. Selective feeding in mixed-species tanks and sourcing sustainable diets add to the complexity. This study evaluated the current welfare conditions of six elasmobranchs, housed in the SeaLife Porto: four blacktip sharks (*C. melanopterus*), one zebra shark (*S. tigrinum*) and one southern stingray (*H. americanus*).

A balanced diet is essential to achieve this goal because:

- Prevents disease;
- Encourages natural behavior;
- Reduces stress.

The principal challenges are:

- Variable food quality, quantity and storage impacts feeding behavior and habitat conditions.
- Limited species-specific nutritional data;

Aim

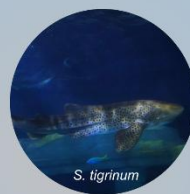
Propose a balanced and diverse nutritional plan that replicates natural feeding habits.



H. americanus



C. melanopterus



S. tigrinum

Results

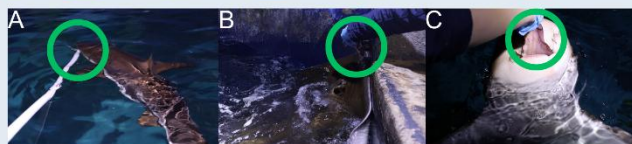
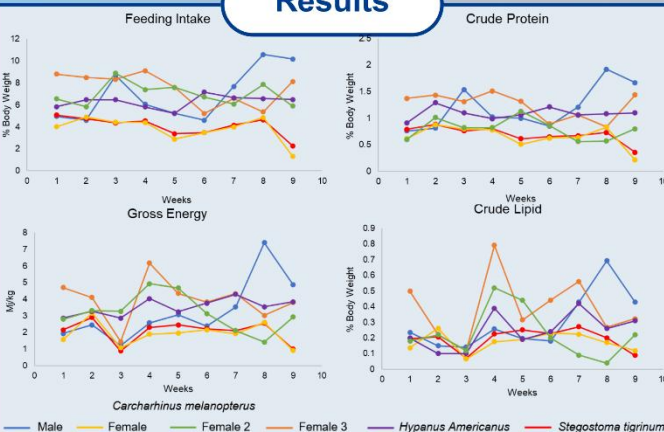


Figure 1 - Methods of Feeding Elasmobranchs in Human Care.

A: PVC Tube Method (one feeding pole were used in each with the prey suspended from one end of each pole, while the other end was held and manipulated by the staff member). B and C: Food item was given at request, by hand, when the elasmobranch approaches the feeding point and crawls over the wall.

Methodology

Literature Review

Diet and nutritional needs

Calculation of Weekly Portions

$$B \times P = A$$

A: Daily feed quantity (g)

B: Body weight (g)

P: Percentage of body weight required daily

Nutritional Analysis

Energy, protein and fat contents;

Diet Provided

Whole fish, molluscs, crustacean; Vitamin-mineral supplement (BioAnimal PREMIX - PSVO 10/2).

Adequacy Assessment

Weighing of feed ingested and discarded.

Discussion

➔ The feeding intake data revealed deviations from the expected values for all three species under study. Weekly intake levels showed fluctuations both above and below the recommended range of 3% to 6% of body weight¹. These inconsistencies suggest the need for refinement of the current feeding protocols.

➔ An ongoing study is being conducted to determine the optimal weekly intake of protein, lipid, and energy for each species. The objective is to ensure that dietary intake remains consistently within evidence-based nutritional parameters, thereby supporting optimal health and welfare².

➔ Proper dietary management is also essential for maintaining water quality, as overfeeding or imbalanced nutrition can lead to increased organic waste and elevated levels of ammonia, nitrites, and nitrates³.

References

- [1] Den Besten, A. Y. (1999). Some considerations involving feeding of 3 species of Carcharhinid sharks.
- [2] Janse, M. (2004). Elasmobranch nutrition, food handling, and feeding techniques. <https://www.researchgate.net/publication/315897611>
- [3] Morel, M., Gal, J., Sós-Korkinai, V., Sós, E., Csahó, L., Ball, K., & Holtsy, M. (2024). From wild to captive: Understanding the main nutritional diseases of sharks in public aquariums. In Acta Veterinaria Hungarica. Akadémiai Kiadó ZRL. <https://doi.org/10.1556/004.2024.01057>

Contacts:

Érica Rocha
+351 912 318 472
up202005729@fc.up.pt

