



AquaMMIn

Desenvolvimento e validação de um sistema de aquacultura modular multitrófico integrado (IMTA) para espécies de águas marinhas e salobras  
Development and validation of a modular integrated multi-trophic aquaculture system for marine and brackish water species

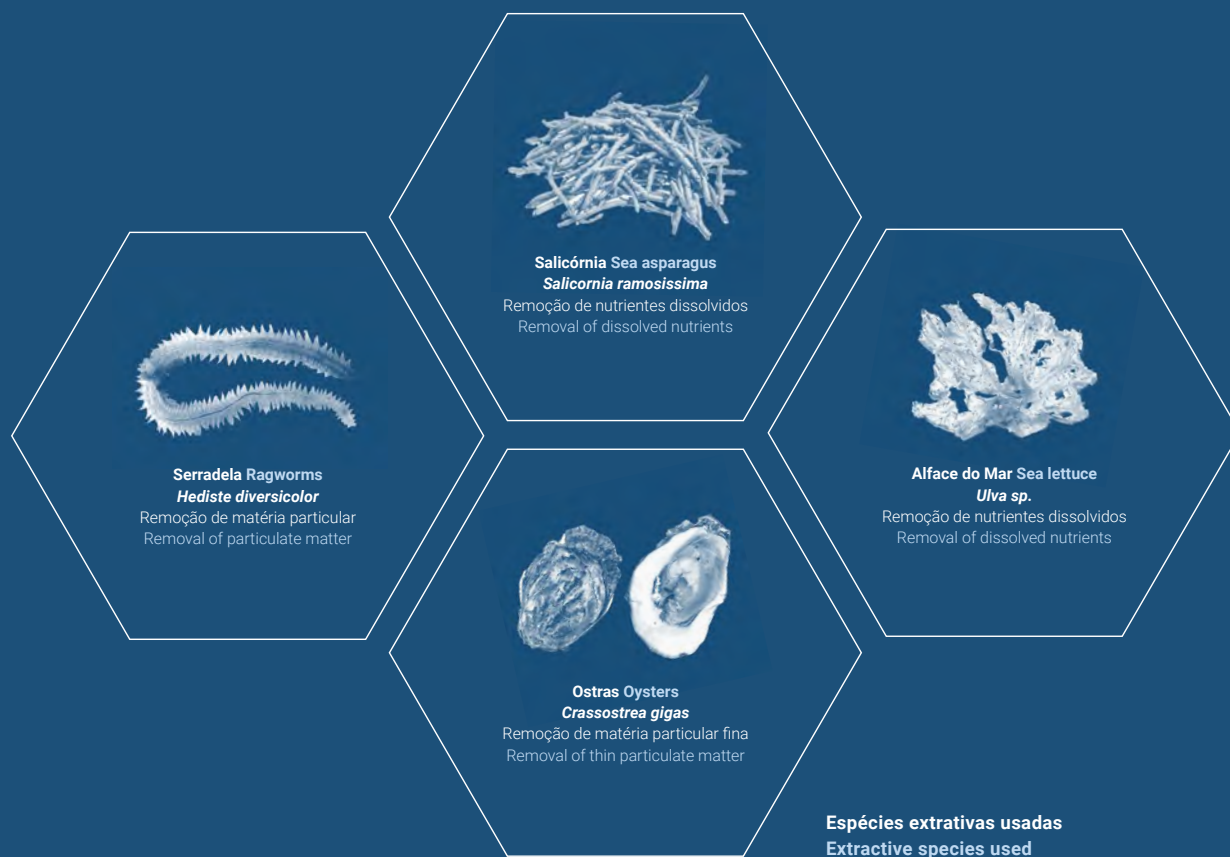


O projeto AquaMMIn teve como objetivo conceber, implementar e validar um sistema de cultivo modular que permitisse desenvolver em Portugal uma estratégia de aquacultura multitrófica integrada (IMTA, em inglês) para a produção sustentável de espécies de águas marinhas e salobras. Este sistema pretende assim dar ênfase ao cultivo integrado de espécies como robalo (*Dicentrarchus labrax*), ostra (*Crassostrea gigas*), serradela (*Hediste diversicolor*), salicórnia (*Salicornia ramosissima*) e alface do mar (*Ulva sp.*).

Os sistemas modulares implementados estão totalmente equipados com sistemas de monitorização em tempo real *in situ* e *ex situ*, permitindo o seu acompanhamento de forma remota, bem como a correção de parâmetros físico-químicos da água através das soluções de automação implementadas. Os sistemas de suporte de vida instalados permitem ainda operar num regime recirculado de até 100% de reaproveitamento da água de cultivo, o que torna possível cultivar de forma segura espécies exóticas de interesse para a aquacultura nacional.

Project AquaMMIn aims to design, implement and validate a modular integrated multi-trophic aquaculture system (IMTA) for the production of marine and brackish water species, with emphasis on sea bass (*Dicentrarchus labrax*), oysters (*Crassostrea gigas*), ragworms (*Hediste diversicolor*), sea asparagus (*Salicornia ramosissima*) and sea lettuce (*Ulva sp.*).

The different combinations of IMTA modular systems to be evaluated will be fully equipped with *in situ* and *ex situ* real-time monitoring systems, thus allowing their survey through the cloud, as well as the correction of physico-chemical parameters through automation solutions (which will also be implemented). The life support systems to be used will also test the viability to operate on a 100% water reuse regime (zero water exchange).



A Operação AquaMMIn (MAR-02.01.01-FEAMP-0038), financiada pelo Programa Operacional Mar 2020, teve como objetivos principais conceber, implementar e validar um sistema de cultivo de natureza modular que permita desenvolver em Portugal uma estratégia de aquacultura multitrófica integrada (IMTA, em inglês) para a produção sustentável de espécies de águas marinhas e salobras.

A produção aquícola de peixes e crustáceos depende obrigatoriamente do fornecimento de alimento formulado na forma de rações. Invariavelmente, parte dos nutrientes fornecidos não são assimilados pelos organismos em produção, perdendo-se através do alimento não ingerido e das excreções metabólicas dos organismos em cultivo. Uma vez que o fornecimento destes nutrientes representa um custo significativo na atividade aquícola, a otimização da utilização desses mesmos nutrientes no sistema aquícola de produção torna-se fundamental, em termos económicos e ambientais.

É perante um cenário global de necessidade de aumento da eficiência da utilização de todos os nutrientes fornecidos sob a forma de rações aos organismos em cultivo que surge o conceito IMTA. Este regime de produção permite otimizar a incorporação de nutrientes não assimilados pela principal espécie em cultivo (ex: peixes e crustáceos) na biomassa de espécies acessórias. Estas espécies, também chamadas de espécies extrativas, têm a capacidade de incorporar na sua biomassa esses mesmos nutrientes, disponíveis sob a forma de matéria orgânica particulada (POM, em inglês) e de azoto e fósforo inorgânico dissolvidos (DIN e DIP, em inglês).

Operation AquaMMIn (MAR-02.01.01-FEAMP-0038), financed by the Operational Program Mar 2020, had as main objectives the design, implementation and validation of a farming system of modular nature that will allow for the development of an innovative integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) framework for the sustainable production of marine and brackish water species.

The farming of fish and crustaceans largely relies on the supply of formulated feeds. Invariably, part of the supplied nutrients is not assimilated by the organisms being cultured, since they are lost as uneaten feed and metabolic excretions of the specimens being farmed. Since the supply of these nutrients represents a significant cost for aquaculture, it is economically and environmentally paramount to optimize the use of these nutrients in an aquaculture production system.

It is under this global need to increase the use efficiency of all nutrients supplied in the form of feed to farmed aquatic organisms that the IMTA concept emerges. This production system allows optimizing the incorporation of nutrients not assimilated by the main species being farmed (e.g., fish and crustaceans) into the biomass of accessory species, also termed extractive species. These species can successfully incorporate unused nutrients in the form of particulate organic matter (POM) and dissolved inorganic nitrogen and phosphorus (DIN and DIP).





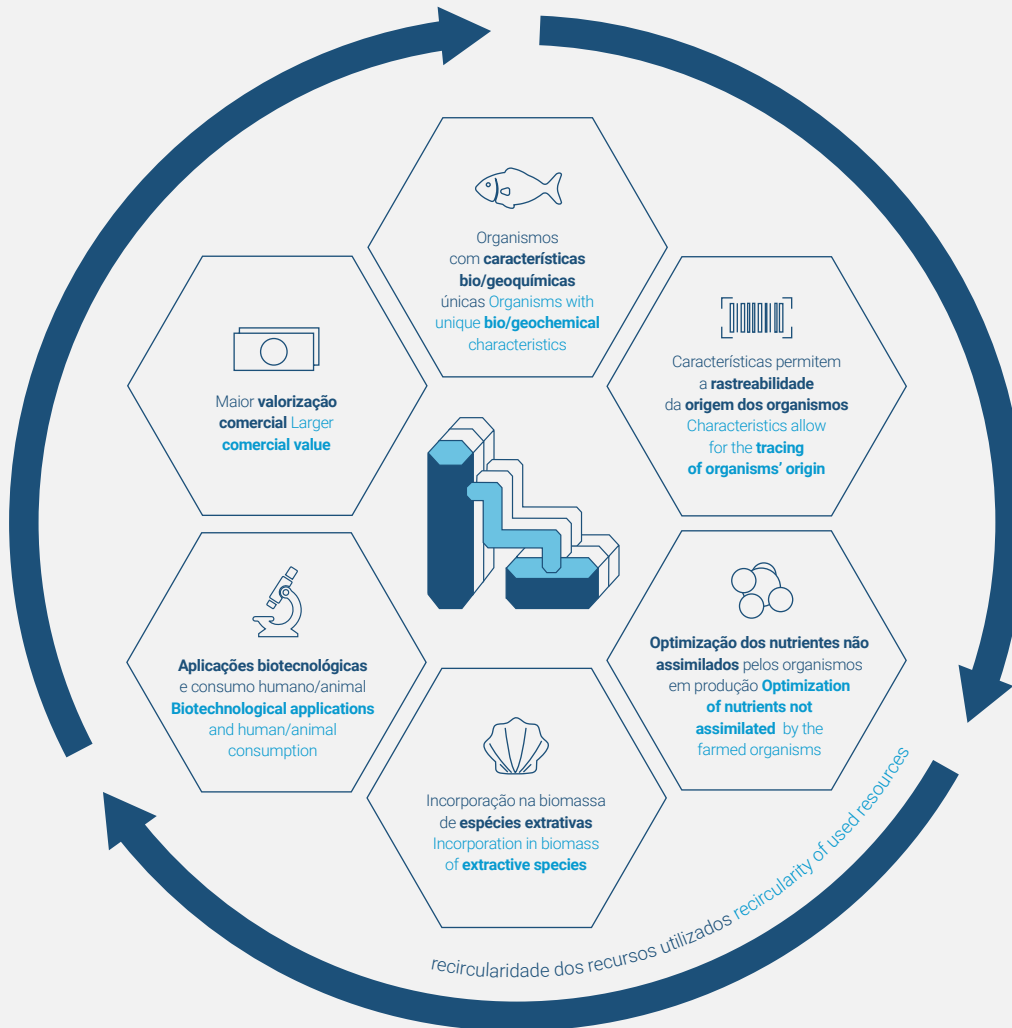
As espécies extrativas selecionadas para remoção da fração POM, DIN, e DIP apresentam potencial para serem destinadas ao consumo humano, animal, ou para aplicações de base biotecnológica de elevado valor. De entre as espécies extrativas que poderão ser cultivadas nos diferentes módulos dos sistemas IMTA implementados pela Operação AquaMMIn destacam-se os bivalves, os poliquetas, os micro-crustáceos, as macroalgas, e as plantas halófitas.

Esta infraestrutura, única a nível nacional e europeu, apresenta oito sistemas modulares idênticos, cada um com um volume total de 12 m<sup>3</sup>, e permite avaliar em condições controladas, a uma escala piloto, a melhor combinação de espécies a implementar num regime de produção IMTA. A presente infraestrutura permite ainda exercer um controlo absoluto na quantificação do balanço de nutrientes em regime produtivo, pois a mesma está dotada de condições técnicas que permitem a realização de ensaios com recurso a água do mar/salobra artificial.

The extractive species selected for removal of POM, DIN, and DIP can be used for human consumption, for feed, or as biomass for high-end biotechnological applications. Among the extractive species that may be cultured in the different modules of the IMTA systems developed within Operation AquaMMIn, it is worth highlighting bivalves, polychaetes, micro-crustaceans, macroalgae, and halophyte plants.

This infrastructure, unique at a national and European level, features eight identical modular systems, each with a total volume of 12 m<sup>3</sup>, and allows for the assessment, under controlled conditions and at a pilot scale, of the best combination of species to be implemented in an IMTA production system. This infrastructure also allows for a more precise quantification of nutrient balance in the productive environment, as it holds the technical conditions to allow trials to be performed using synthetic seawater/ brackish water.

## Módulos dos sistemas IMTA IMTA System modules



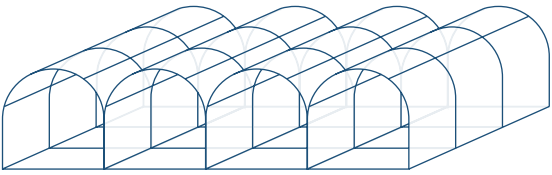
Os organismos produzidos nos diferentes módulos dos sistemas IMTA, implementados pela Operação AquaMMIn, apresentam características bioquímicas e geoquímicas únicas, funcionando estas como códigos de barras naturais que permitem facilmente a rastreabilidade da origem dos organismos, tornando assim possível a sua diferenciação e consequente maior valorização comercial.

The organisms produced in the different modules of the IMTA systems implemented by Operation AquaMMIn present unique biochemical and geochemical features, which act as natural barcodes that easily allow for the tracing of their origin and thus allow for the enhancement of their commercial value.

Os sistemas modulares implementados estão totalmente equipados com sistemas de monitorização em tempo real *in situ* e *ex situ*, permitindo o seu acompanhamento de forma remota, bem como a correção de parâmetros físico-químicos da água através das soluções de automação implementadas. Os sistemas de suporte de vida implementados permitem ainda operar num regime recirculado de até 100% de reaproveitamento da água de cultivo (*zero water exchange*, em inglês), facilitando assim a implementação de protocolos de biossegurança e permitindo cultivar de forma segura espécies exóticas que serão de interesse para a aquacultura nacional.

The implemented modular systems are fully equipped with real-time monitoring, *in situ* and *ex situ*, allowing for remote monitoring as well as the correction of physical-chemical water parameters through automated solutions. The life support systems also operate in a recirculated regime of up to 100% water reuse (*zero water exchange*), thus facilitating the implementation of biosafety protocols and the safe culture of exotic species that are of interest to national aquaculture.

Condições Climáticas Climatic conditions		
Temperatura exterior Outside temperature	Velocidade vento Wind speed	Radiação solar Solar radiation
13.65°C	13.35 km/h	0.00 lux

Estufa Greenhouse	
Temperatura interior Inside temperature	
16.34°C	
	

Configuração Configuration		
Gamas de funcionamento permitidas Permitted functioning ranges		
	Inferior	Superior
Temp. interior (°C) Inside temperature (°C)	15.00	30.00
Veloc. vento (km/h) Wind speed (km/h)	-	20.00
Radiação solar (lux) Solar radiation (lux)	-	124000.00

Valores críticos de alarme Critical alarm values		
Temp. interior (°C) Inside temperature (°C)	10.00	35.00

Parâmetros adicionais Additional parameters		
Tempo de estabilização clima (m) Climate stabilization time (m)	-	15.00

A Operação AquaMMIn, implementada no CEPAM-ECOMARE da Universidade de Aveiro, é visitável por parte de todos os interessados na dinamização da produção aquícola nacional, estando à disposição dos produtores aquícolas e da comunidade científica para a realização de ensaios piloto e projetos em co-promoção.

Operation AquaMMIn, implemented at CEPAM-ECOMARE of the University of Aveiro, can be visited by all those who are interested in boosting national aquaculture production, and is available for the aquaculture and scientific communities to carry out pilot trials and co-promoted projects.

Assumida desde o seu início como uma operação de natureza estruturante para a dinamização de uma aquacultura sustentável em Portugal, esta deixará um legado que perdurará, pelo menos, até 2030, uma vez que está totalmente alinhada com os objetivos da Estratégia Nacional para o Mar 2021-2030.

The structuring nature of this operation can boost sustainable aquaculture in Portugal, leaving a legacy that will endure at least until 2030, as it is fully aligned with the objectives of the National Strategy for the Sea 2021- 2030.

A Operação AquaMMIn permitiu dotar o Sistema Científico Nacional de uma infraestrutura única a nível Europeu para a

Operation AquaMMIn allows the National Scientific System to be equipped with a unique infrastructure, at an European level, to produce scientific knowledge that accelerates the validation and transfer of more sustainable solutions. This in turn will contribute

produção de conhecimento científico, que acelere a validação e transferência de soluções mais sustentáveis para o desenvolvimento de uma aquacultura alinhada com os princípios de circularidade defendidos pelas políticas de bioeconomia azul da União Europeia, nomeadamente no atual Pacto Ecológico Europeu (*Green Deal*, em inglês).

for the development of an aquaculture which is in line with the circularity principles defended by the European Union's Blue Bioeconomy policies, as foreseen on the [European Ecological Pact – the Green Deal](#).

#### Investigadores Principais

Ricardo Calado  
Ana Isabel Lillebø

#### Programa

Mar2020

#### Fotografia

Ricardo Calado  
*Hediste diversicolor*: adaptado de foto de Erik Kristensen

Ricardo Calado  
Departamento de Biologia & CESAM & ECOMARE  
Universidade de Aveiro  
Campus Universitário de Santiago  
3810-193 Aveiro, Portugal

#### Agradecimentos

Projecto AquaMMIn (MAR-02.01.01-FEAMP-0038) é financiado pelo Programa Operacional MAR2020, Fundo Europeu dos Assuntos Marítimos e das Pescas, Direção Geral de Recursos Marinhos, União Europeia, e Portugal 2020

#### Main investigators

Ricardo Calado  
Ana Isabel Lillebø

#### Program

Mar2020

#### Photography

Ricardo Calado  
*Hediste diversicolor*: adapted from photo by Erik Kristensen

Ricardo Calado  
Department of Biology & CESAM & ECOMARE  
University of Aveiro  
Campus Universitário de Santiago  
3810-193 Aveiro, Portugal

#### Acknowledgements

Project AquaMMIn (MAR-02.01.01-FEAMP-0038) is financially supported by the Operational Programme MAR2020, the EMFF - European Maritime and Fisheries Fund, European Union, and Portugal 2020