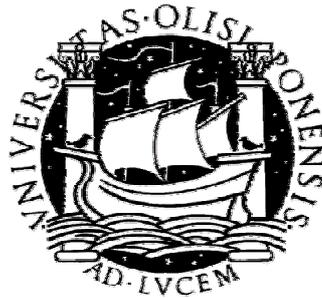


UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



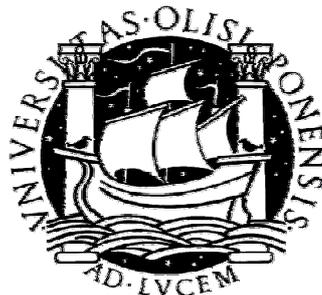
**Determinação Da Melhor Localização Para Implementação
De Jaulas Oceânicas Ao Largo De Portugal Continental
Com Recurso a Análise Multi-critério Geo-espacial.**

Paula Sofia Castiel de Castro

Mestrado em Pescas e Aquacultura

2008

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**Determinação Da Melhor Localização Para Implementação
De Jaulas Oceânicas Ao Largo De Portugal Continental
Com Recurso a Análise Multi-critério Geo-espacial.**

**Dissertação orientada pelo:
CTEN EH Bessa Pacheco
Professor Doutor Luís Narciso**

Paula Sofia Castiel de Castro

Mestrado em Pescas e Aquacultura
2008

Agradecimentos

Para todos os que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho, quero expressar o meu agradecimento, especialmente:

Ao CTEN EH Bessa Pacheco por ter aceite ser meu orientador nesta tese de mestrado, pela dedicação, disponibilidade e pelo papel fundamental que teve em todas as fases deste estudo. Desde o primeiro dia tive sempre a possibilidade de recorrer a ele, para tirar todas as dúvidas e para resolver todos os problemas que, durante este longo período de 10 meses, foram aparecendo. De evidenciar o enorme poder crítico deste perante todo o documento e a forma clara e precisa com que objectivou os pontos fulcrais da tese.

Ao Professor Doutor Luís Narciso por ter aceite orientar-me nesta tese e pela disponibilidade que demonstrou em resolver todas as questões associadas à tese.

A todos no Instituto Hidrográfico, nomeadamente ao CTEN Batista pelas diversas dúvidas que me tirou; à Margarida Gomes, como colega de sala, em tantas ocasiões me viu sorrir, me viu nervosa e em tantos momentos me ajudou a decidir sobre numerosos assuntos; à Célia Pata pela constante disponibilidade que teve em responder a tantas questões e pela forma como me incentivou e me deu força durante esta fase; à Inês Félix pelas formações em ArcGIS que me foram tão úteis para a tese; ao Fernando Gomes pela preocupação e vontade de estar sempre a par do desenvolvimento da tese e, ainda, a ajuda que me deu com o *abstract*; à Sónia Godinho pela forma serena e clara com que me fez compreender os metadados; e a todos os outros que de alguma forma contribuíram para este estudo, essencialmente ao nível da cedência de dados. Quero agradecer ainda ao Instituto Hidrográfico pela possibilidade que me deu de participar em conferências que foram de extrema importância para a minha aprendizagem.

Ao IPIMAR pela oportunidade de realização de uma visita técnica às jaulas oceânicas em Olhão, particularmente ao Sr. Pedro Pousão pelo tempo que me dedicou a tirar todas as dúvidas técnicas, logísticas e administrativas envolvidas na área da aquicultura.

À DGPA pela cedência de dados.

Ao “meu” *Rixard*, pelo seu amor, carinho, companhia, paciência e compreensão que teve para comigo todos os dias. Mesmo em momentos menos bons, torceu por mim e fez-me acreditar, fez-me rir nos instantes em que o meu coração batia a mil à hora e conseguiu sempre tranquilizar-me nos momentos mais preciosos e que eu mais precisei.

À Lucy e à Sarinha pelas pessoas incríveis que são e pela forma como me ouviram tantas e tantas vezes.

À minha família paterna, especialmente ao meu pai, por todo o poder linguístico que tem e que me foi tão útil nesta longa escrita; à minha linda avozinha, por toda a sua paciência diária e pelo papel fundamental que tem na minha vida, de bênção e de protecção; à minha irmã, porque sei que torce sempre por mim e por toda sua capacidade de me fazer ver aquele “caminho” que acaba sempre por ser o melhor para mim; ao meu cunhado pela preocupação que tem sempre, sobre todos os assuntos; ao meu lindo baby (David) pela fenómeno que tem sobre mim de me acalmar; e a todos os outros membros familiares que mesmo não enunciando são de extrema importância para a minha felicidade.

À minha família materna, sobretudo ao meu tio Carlos, pelo poder de decisão que tem como ninguém; à minha mamã, por todas as longas conversas diárias, nuns dias com mais paciência, noutros com menos paciência, mas que sempre me compreendeu e sempre teve lá para me apoiar; à minha mãezinha do coração, porque sei que todos os dias ora por mim, porque sei que me protege diariamente e porque sei que está sempre lá para mim; às minhas lindas tias, Mimi e Marta pela extraordinária força, dedicação, disponibilidade, confiança e amor que sempre tiveram para comigo; e, ainda, às minha priminhas, Diana, Daniela e Carolina pela alegria que me transmitem sempre que estão presentes.

Às minhas amigas, pela forma como torcem por mim, por todos os momentos que me ouviram a desabafar sobre tantas coisas e pela disponibilidade incondicional que têm para comigo.

Resumo

A selecção de um local ideal de exploração *offshore* no sector da aquicultura é uma decisão de elevada importância na redução de conflitos de ocupação de espaços que possam provir da ascensão de diversas actividades económicas da actualidade, como sejam, aquicultura de bivalves, conversão da energia das ondas, extracção de inertes, entre outros. As diversas condições associadas à selecção de um local ideal estão intimamente ligadas ao factor-chave do conceito de aquicultura sustentável e dependem de factores que influenciam os processos de tomada de decisão da escolha de localizações preferenciais. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem a modelação e a análise de diversos fenómenos, abstraídos sob a forma de camadas de informação sobrepostas, onde cada camada possui dados sobre um determinado tipo de recurso associados a uma posição geográfica num mapa. A utilização de SIG na aquicultura apresenta, entre outras, vantagens ao nível da identificação de áreas com condições físicas que promovam uma determinada cultura de espécies, da integração de critérios bio-económicos que favoreçam o crescimento e a sobrevivência de organismos cultivados e, ainda, da avaliação de condições de espaço que possam ser consideradas potenciais áreas de desenvolvimento de aquicultura marinha. Neste estudo propõe-se assim como ferramenta de trabalho a utilização de um SIG com recurso a técnicas de análise multi-critério geo-espacial, para a determinação da melhor localização para implementar unidades de aquicultura para as espécies *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* e *Salmo salar* ao largo de Portugal continental. Seguidamente o objectivo é a aplicação da metodologia da análise multi-critério geo-espacial na determinação da melhor localização para implementar jaulas oceânicas ao largo de Portugal continental. Assim, no presente trabalho foi pela primeira vez proposto o emprego da análise multi-critério como técnica fundamental aplicada no ordenamento do espaço costeiro em Portugal, o que será útil tanto para a expansão do sector da aquicultura como também para a gestão do espaço marítimo relativamente aos impactos que advém das numerosas actividades económicas que utilizem recursos naturais marinhos.

Palavras-chave: Aquicultura; *Sparus aurata*; *Dicentrarchus labrax*; *Salmo salar*; Sistemas de Informação Geográfica; Portugal.

Summary

The selection of the better place in the aquiculture sector is crucial in order to reduce conflicts related with other current economic activities like: bivalve's aquiculture, wave energy, marine sand and gravel extraction and others. The conditions for the better place selection are strongly connected to the key-factor that is the aquiculture sustainable concept and also depends on factors that influence holder's decisions for preferential locations. The use of GIS in aquiculture presents several advantages like the identification of areas with specific physical conditions for the development of the culture for certain species and to evaluate spatial conditions to be considered as potential areas for the marine aquiculture development.

In this study a GIS is proposed to develop a multi-criteria geo-spatial analysis technique to obtain the best aquiculture unities location for *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* e *Salmo salar* species, in Portuguese continental area. The other scope in study is the application of the multi-criteria geo-spatial analysis methodology to define the best location for oceanic cages implementation in offshore coastal areas.

In the present work, for the first time, it is proposed the use of the multi-criteria analysis as the fundamental technique applied to the Portuguese coastal management. This technique intent to will be useful to the expansion of the aquaculture sector and to the maritime management, considering the impacts resulting from the economics activities and the inherent natural resources exploitations.

Key-words: Aquiculture; *Sparus aurata*; *Dicentrarchus labrax*; *Salmo salar*; Geographic Information Systems; Portugal.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	iii
Summary.....	iv

CAPÍTULO 1

Introdução Geral	1
Referências Bibliográficas	2

CAPÍTULO 2

Determinação da melhor localização para implementação de jaulas oceânicas para as espécies *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* e *Salmo salar*, com recurso a análise multi-critério geo-espacial, ao largo de Portugal continental.

Abstract.....	4
Resumo.....	5
Introdução	6
A Aquicultura	6
A cultura marinha	10
Materiais e Métodos	15
Área de Estudo:.....	15
Identificação e Processamento dos dados.....	15
Descrição da análise multi-critério	18
Resultados	19
Discussão	24
Bibliografia	26

CAPÍTULO 3

Aplicação da análise multi-critério geo-espacial para a determinação da melhor localização para implementar jaulas oceânicas.

Abstract	32
Resumo	33
Introdução	34
Sistemas de Informação Geográfica	34
Fluxograma de Análise	37
Materiais e Métodos	39
Área de Estudo	39
Identificação das Variáveis	40
Geração dos dados	42
Fonte dos Dados	43
Processamento dos dados	44
Aplicação da Análise Multi-Critério	46
Resultados	49
Discussão	50
Bibliografia	52

CAPÍTULO 4

Considerações Finais	57
Referencias Bibliográficas	57

ANEXOS

58

Referências Bibliográficas	81
----------------------------------	----

CAPÍTULO 2

Índice Figuras

Figura 1: Esquema hierárquico da análise multi-critério para avaliar a selecção de locais preferenciais para aquicultura.	21
Figura 2: Mapa da melhor localização para a espécie <i>Sparus aurata</i>	22
Figura 3: Mapa da melhor localização para a espécie <i>Dicentrarchus labrax</i>	23
Figura 4: Mapa da melhor localização para a espécie <i>Salmo salar</i>	25

Índice Tabelas

Tabela 1: Características biológicas das espécies <i>Sparus aurata</i> , <i>Dicentrarchus labrax</i> e <i>Salmo salar</i>	8
Tabela 2: Legislação que regulamenta a implementação de unidades de aquicultura <i>offshore</i> em Portugal.	13
Tabela 3: Impactos ambientais derivados da aquicultura.	16
Tabela 4: Compilação da aquisição/tipo de dados, número do anexo e a fonte destes.	18
Tabela 5: Descrição da análise multi-critério para avaliar o potencial da aquicultura.	18

CAPÍTULO 3

Índice Figuras

Figura 1: Fluxograma do método de análise espacial.....	39
Figura 2: Profundidade mínima necessária de uma jaula <i>offshore</i> , para as condições da costa portuguesa.....	44
Figura 3: Diagrama do modelo final, baseado na estrutura hierárquica de Pérez <i>et al.</i> (2003a) e Hossain <i>et al.</i> (2007).....	45
Figura 4: Máscara de análise utilizada para avaliar o potencial de implementação de unidades de aquicultura. Inclui as áreas marinhas protegidas, os cabos submarinos, e os fundeadouros de navios.....	49
Figura 5: Mapa da melhor localização para a implementação de jaulas.....	53

Índice Tabelas

Tabela 1: Casos de estudos em aquicultura.....	37
Tabela 2: Identificação dos parâmetros influentes na tomada de decisão que entram na análise multi-critério para avaliar o potencial da aquicultura.....	41
Tabela 3: Aquisição dos dados, número do anexo e respectiva fonte.....	46
Tabela 4: Parâmetros utilizados para a construção da máscara de análise dos parâmetros para avaliar o potencial da aquicultura.....	47
Tabela 5: Ferramentas de análise usadas na extensão <i>Spatial Analyst</i> e a respectiva explicação para cada parâmetro.....	47
Tabela 6: Classificação dos parâmetros utilizados na análise multi-critério para avaliar o potencial da aquicultura.....	49
Tabela 7: Reclassificação e Ponderação dos parâmetros utilizados na análise multi-critério para avaliar o potencial da aquicultura.....	50

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

Introdução Geral

A actividade pesqueira teve sempre um papel importante na subsistência da actividade humana mas actualmente encontra-se sobre-explorada (Schatzberg, 2002; Valavanis, 2002). Uma possível solução para esta questão poderá ser a implementação de projectos de aquicultura, que levarão a uma redução das capturas por unidade de esforço (Schatzberg, 2002; Valavanis, 2002). O plano nacional de desenvolvimento da aquicultura, é validado pela Comissão das Comunidades Europeias (CEE, 2002) e afirma que esta actividade deve ser implementada com base em políticas sólidas, tendo em conta os conflitos com o uso do espaço costeiro (gestão pesqueira, energia das ondas, extracção de inertes) e os possíveis impactos ambientais que advêm desta actividade. Da mesma forma, a Comissão Estratégica dos Oceanos (CEO, 2004) afirma que no sector da aquicultura deve ser "...adoptada uma política de incentivo e promoção, através do melhor ordenamento do litoral, da desburocratização e simplificação dos licenciamentos".

Numa perspectiva de desenvolvimento actual, dada pelo relatório da FAO (2006a) sobre o Estado Mundial da Aquicultura, é visível que esta foi a actividade que mais cresceu no sector de produção de alimentos, sendo responsável por cerca de 50% da produção mundial de peixe; aumentando de 0,7kg em 1970 para 7,1kg em 2004 *per capita*, representando uma taxa média anual de crescimento de 7,1%. Com isto, e dado o actual ritmo de crescimento populacional, estima-se que sejam necessários mais de 40 milhões de toneladas de peixe até 2030 para manter o actual consumo por habitante (FAO, 2006b), sendo perceptível que a aquicultura é o sector com maior potencial para satisfazer a procura crescente de alimentos aquáticos. Assim, o fornecimento total de pescado disponível para o consumo humano é dependente do desenvolvimento futuro das práticas desta actividade (Naylor *et al.*, 2000). Com efeito, o equilíbrio entre a produção e a procura é delicada e não é conveniente incentivar um aumento da produção que exceda o crescimento provável da procura (CEE, 2002; FEAP, 2002; DGPA, 2007). A estratégia de desenvolvimento sustentável da Aquicultura Europeia, afirma que nos próximos dez anos, se deverá atingir o estatuto de sector estável que garanta tanto emprego seguro a longo prazo, como o desenvolvimento das zonas rurais e costeiras.

A tecnologia SIG tem vindo a ser utilizada em aquicultura desde há cerca de 20 anos com diversas vantagens no desenvolvimento de projectos. Esta tem beneficiado significativamente com a utilização destas aplicações na avaliação de locais adequados para uma grande variedade de sistemas de cultura (Salam e Ross, 1999), sendo a análise multi-critério geo-espacial uma solução para que esta difícil tarefa tenha resultados fiáveis e coerentes. Dadas as tendências da tecnologia de informação, esta ferramenta fornece cada vez mais uma série de funções incorporadas em diversas componentes, que podem ser adaptadas para diferentes usos específicos. Assim, a selecção do local ideal para implementação de unidades de aquicultura depende principalmente da exclusão de áreas não apropriadas e da estimativa dos possíveis impactos ao redor da área.

O objectivo deste trabalho é, numa primeira fase (capítulo 2), identificar as condições preferenciais e definir a metodologia de selecção de espaços, para implementar unidades de aquicultura, ao largo da costa portuguesa, para as espécies *Sparus aurata*, *Salmo salar* e *Dicentrarchus labrax* com recurso a SIG; e, numa segunda fase (capítulo 3), implementar a metodologia desenvolvida para se chegar a esta determinação.

A escolha das espécies em causa, passa pelo elevado peso destas nos hábitos de consumo dos portugueses, associado ao elevado conhecimento da cultura da dourada e do robalo (CEO, 2004) e, ainda, do salmão que se encontra em fase de expansão, sendo que segundo a CEO (2004) é fundamental o lançamento da cultura de novas espécies.

As unidades de aquicultura a que se refere o respectivo estudo, são estruturas flutuantes com rede, desenhadas para operar em oceano aberto, sendo por isso um sistema aberto cuja qualidade da água é mantida pelo fluxo natural das massas de água; o sistema de cultivo é intensivo, onde todo o alimento para a espécie vem de dietas introduzidas pelo produtor, não havendo qualquer alimentação natural.

Referências Bibliográficas

CCE, Comissão das Comunidades Europeias, 2002. Comunicação da comissão ao conselho e ao parlamento Europeu. Estratégia de desenvolvimento sustentável da Aquicultura Europeia. Bruxelas. 28pp.

CEO, Comissão estratégica dos Oceanos, 2004. Relatório da Comissão Estratégica dos Oceanos. Um Desígnio Nacional para o Século XXI. Parte I, 58pp.

CEO, Comissão estratégica dos Oceanos, 2004. Relatório da Comissão Estratégica dos Oceanos, Análises e Propostas. Um Desígnio Nacional para o Século XXI. Parte II, 330pp.

DGPA, 2007. Plano Estratégico Nacional para a Pesca 2007-2013, MADRP. 83pp.

FAO, 2006a. FAN, FAO Aquaculture, Newsletter 35. 52pp.

FAO, 2006b. FAN, FAO Aquaculture, Newsletter 36. 55pp.

FEAP, 2002. Code of Conduct. Federation of European Aquaculture Producers, October.

Naylor, L.R., Goldberg, J.R., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. e Troell, M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017:1024

Salam, M. A. e Ross, L. G., 1999. SIG modelling for aquaculture in South-western Bangladesh: Comparative production scenarios for brackish and freshwater shrimp and fish. pp. 141-145. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.

Schatzberg, M., 2002. Salmon aquaculture in federal waters: shaping *offshore* aquaculture through the Coastal Zone Management Act. *Stanford Law Review*, 55(1): 249-285.

Valavanis, V.D., 2002. Geographic Information Systems in Oceanography and Fisheries (1^a ed.) (London: Taylor and Francis). 181pp.

CAPÍTULO 2

Determinação da melhor localização para implementação de jaulas oceânicas para as espécies *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* e *Salmo salar*, com recurso a análise multi-critério geo-espacial, ao largo de Portugal continental.

Determinação da melhor localização para implementação de jaulas oceânicas para as espécies *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* e *Salmo salar*, com recurso a análise multi-critério geo-espacial, ao largo de Portugal continental.

Paula Castro^{1,2}, Miguel Pacheco², Luís Narciso^{1,3}

¹ Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Departamento de Biologia Animal, Campo Grande, 1746-016 Lisboa, Portugal.

² Instituto Hidrográfico, Rua das Trinas n.º49, 1249-093 Lisboa, Portugal.

³ Centro de Oceanografia, Laboratório Marítimo da Guia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa Avenida Nossa Senhora do Cabo n.º. 9739, 2750-374 Cascais. Portugal.

Abstract

The Introduction of new food technology, a better understanding of biology around the grown species and increasing environmental impact concerns, led aquaculture activity to grow faster in the past 20 years. Increasing the amount of available food to humans is one of the bases for developing this activity. As result there is an expectation of an offer in supplying and 'fighting' against the fish depletion in natural environments.

The complexity of planning and implementing aquaculture units will become difficult without a geospatial supporting decision framework. Therefore this work will rely on GIS (geographic information systems) main tool whose point of departure is to meet a greater number of prone and minimize negative factors.

The objective of this study is to determine the best locations to implement Aquaculture *offshore* cages of fish's farms for species such as salmon (*Salmo salar*), sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead seabream (*Sparus aurata*). This study will be based on several criteria which are important for the decision making and for prevailing culture conditions in the continental Portuguese coast; and these are biophysical, socio-economic, biotic-social, administrative and bio-political parameters. A GIS is proposed to analyze complex and related spatial data. As a result, three different maps were obtained, which reflect the percentage of suitability of locations for aquaculture units for the three species in question.

This study has shown that GIS was a suitable tool for optimal location determination for *offshore* installations and consequently the efficiency of multi-criteria analysis it is an added value in the planning and management activities.

Key-words: Aquiculture, Portugal continental, Geographic Information Systems, seabream, sea bass and salmon.

Resumo

A introdução de novas tecnologias alimentares, a melhor compreensão da biologia das espécies cultivadas e o aumento das preocupações com os impactos ambientais, relacionados com a interacção humana no mar, contribuíram para um crescimento exponencial da aquicultura nos últimos 20 anos. Aumentar a quantidade de alimento disponível para consumo humano, é uma das bases do desenvolvimento desta actividade, em consequência da qual há expectativa de uma oferta consentânea com a actual procura, combatendo a deplecção dos recursos pesqueiros em meio natural. A complexidade que envolve o planeamento de implementação de unidades de aquicultura, face aos factores a considerar, fica minimizada com o auxílio de um sistema de apoio à decisão, sendo o ponto de partida satisfazer o maior número de factores positivos e minimizar os factores negativos.

O objectivo deste estudo é determinar a melhor localização ao largo de Portugal continental, para implementar unidades de aquicultura das espécies *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* e *Salmo salar*, tendo em conta os parâmetros biofísicos, sócio-económicos, bio-sociais, administrativos e bio-políticos, que são influentes na tomada de decisão. Propõe-se a utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta de trabalho, o qual desempenha uma função crucial, devido à necessidade de se analisar complexos dados geo-espacialmente relacionados. Através deste sistema foram integrados os factores considerados relevantes e geo-espacialmente modeláveis na análise multi-critério.

Foram obtidos três mapas diferentes, que traduzem a variação da adequabilidade para a implementação de unidades de aquicultura para cada uma das três espécies em causa. A localização preferencial da espécie *Sparus aurata* é no Algarve, a da espécie *Salmo salar* no Norte de Portugal e a da espécie *Dicentrarchus labrax*, no Centro e Norte de Portugal.

Neste estudo verificou-se que a ferramenta SIG é adequada para otimizar a localização de instalações *offshore*, e, conseqüentemente, a eficiência e eficácia da análise multi-critério é uma mais valia em actividades de planeamento e gestão. Esta investigação expõe condições favoráveis, para que se obtenha futuramente um provável sucesso comercial, em projectos de aquicultura.

Palavras-chave: Aquicultura, Portugal continental, Sistemas de Informação Geográfica e Dourada, Robalo e Salmão.

Introdução

A Aquicultura

O presente trabalho tem como objectivo fundamental determinar a melhor localização para implementar unidades de aquicultura *offshore* de dourada, robalo e salmão ao longo da costa portuguesa. Esta determinação será executada com recurso a SIG e será realizada com auxílio de técnicas de análise multi-critério geo-espacial.

A aquicultura é uma actividade oriunda de diferentes países da Ásia, com ancestralidade na China e introduzida na Europa na idade média com a cultura da carpa comum (*Cyprinus carpio*). O termo aquicultura engloba todas as actividades que tenham como objectivo utilizar e manipular massas de água naturais e/ou artificiais, para comercialização e produção de espécies piscícolas reclamadas pelo homem para a sua alimentação (Henriques, 1998; Freitas, 2001; Martín *et al.*, 2005).

Numa panorâmica global, estimativas de 2005 provenientes de alguns países mostram que o total de produção de pesca e de aquicultura no mundo chegou quase aos 142 milhões de toneladas. Embora a quantidade total de peixe disponível para consumo humano tenha aumentado para 107 milhões de toneladas, a oferta global *per capita* permaneceu aproximadamente no mesmo nível que em 2004. Ou seja, houve uma diminuição da contribuição das capturas da pesca para consumo humano, situação compensada por um aumento da contribuição da aquicultura. A nível comercial,

o total mundial de peixe atingiu o valor recorde de 71,5 biliões de dólares em 2004, crescendo 23% em relação a 2000, sendo que deste total mundial a China continua a ser de longe o maior produtor da aquicultura, com 51,2% do total (FAO, 2007). Este crescimento deve-se à provavelmente ao aumento da população mundial e às mudanças preferenciais de consumo alimentar (Frankic e Hershner, 2003; FAO, 2006a).

Em Portugal a aquicultura constitui um sector de actividade de potencial importância, não só como fileira produtiva mas, também, como impulsionador de outras actividades. Embora seja um país banhado pelo oceano Atlântico, possui muitas características mediterrânicas, pelo que grande parte da produção nacional é dirigida para algumas espécies endémicas (anexo 1) com valor económico mais elevado (DGPA, 2002).

A tecnologia aplicável a um determinado projecto de aquicultura tem de ser implementada cuidadosamente, avaliando os impactos a nível ambiental. Esta actividade é dependente das condições sócio-económicas dos países e essencialmente do ambiente em questão ser ou não adequado. Um importante obstáculo ao aumento da oferta de peixe proveniente da aquicultura é a falta de regras a nível de planeamento nacional, lacunas na formação da comunidade envolvida e falhas na gestão dos projectos (Pillay, 1990). É necessário reforçar a capacidade das instituições e de outras partes interessadas em desenvolver aquicultura (CEE, 2002; FAO, 2006b),

apostando num planeamento reflectido, baseado em dados precisos e adequados e utilizando métodos e meios acessíveis e simples de dominar (Quintero-Marmel, 1990). O desenvolvimento sustentado da aquicultura, diz respeito ao uso da diversidade biológica de modo a que se recupere os recursos vivos marinhos, respeitando-se de forma segura as necessidades das gerações actuais e futuras (Diniz, 1998; Henriques, 1998; IPIMAR, 1999). A Aliança Global de Aquicultura (GAA) desenvolveu o “Fundo Aquicultura”, um programa que promove as melhores práticas de gestão para a aquicultura, que passa pela conservação e transformação dos produtos de pesca e diminuição das rejeições (FAO, 2007).

O aumento do número de explorações marinhas ameaça a concorrência com outros utilizadores reais e potenciais do espaço costeiro, tais como a indústria do turismo, da pesca e da energia das ondas. Portanto, para garantir um desenvolvimento sustentável deste sector, há uma grande necessidade de se atribuírem adequadas localizações a esta actividade para resolver as exigências do espaço costeiro e evitar indesejáveis impactos sobre o meio ambiente, bem como para garantir a rentabilidade dos projectos.

Existem diversos interesses sociais adjacentes ao desenvolvimento desta actividade, tais como: aumento visível da produção alimentar junto de centros rurais, o que leva a um aumento da nutrição humana; aumento das oportunidades de emprego,

diminuindo a emigração de zonas rurais para zonas urbanas; processamento e comércio de produtos, de alimentos e de equipamentos para a aquicultura; e estimulação da investigação e do desenvolvimento tecnológico, que passa por um reforço da educação e consequentemente da sensibilização ambiental (Pillay, 1990; Frankic e Hershner, 2003; Martín *et al.*, 2005).

As Espécies e a Alimentação

Segundo a FEAP (2002) a prática alimentar de uma unidade de aquicultura promove uma redução dos desperdícios alimentares e garante uma melhor qualidade da água e das explorações. Segundo Shakouri (2003) a alimentação manual tem apenas 3,6% de perda alimentar, comparativamente com os 8,8% dos alimentadores automáticos. Tem de se ter em conta a dimensão dos grânulos do alimento com a dimensão da abertura bucal dos peixes (FEAP, 2002), para que os desperdícios alimentares sejam os menores possíveis e a rentabilidade da operação seja elevada. A distribuição dos alimentos nas jaulas pode ser realizada, entre outras, de duas formas: diariamente numa única refeição; ou mais do que uma vez ao dia, em pequenas porções por alimentadores automáticos. As diferenças entre os métodos escolhidos de manipulação dos regimes alimentares vão influenciar as características da produção (Johansen e Jobling, 1998), e, consequentemente, o tempo que os animais demoram a alcançar o crescimento desejado,

o que se reflectirá numa série de factores de importância comercial.

A tabela 1 apresenta um resumo das características biológicas das três espécies em estudo.

Espécies Características	<i>Sparus aurata</i> (Dourada)	<i>Dicentrarchus labrax</i> (Robalo)	<i>Salmo salar</i> (Salmão)
Características Gerais	Alto valor comercial. Temperatura óptima considerada por Beveridge (2004): 18-25°C e por Moretti <i>et al.</i> , (1999): 20 - 22°C.	Alto valor comercial. Temperatura óptima, considerada por Beveridge (2004): 13-18°C e por Moretti <i>et al.</i> , (1999): 11-15°C.	Podem viver em ambientes dulçaquícolas; Temperatura óptima considerada por Beveridge (2004): 10-15°C.
Distribuição	Atlântico Este, Canárias e Mediterrâneo. Em Portugal, na região do Sul do Tejo.	Marrocos, até ao mar da Irlanda, mar Báltico e Mediterrâneo.	Mar Mediterrâneo, todos os países cujos rios desaguem no Oceano Atlântico e mar Báltico.
Consumo	Portugal: região Sul do país.	Portugal: regiões Norte e Centro do país.	Portugal: região Norte do país.
Habitat e Ecologia	Espécie eurialina, suporta salinidades entre 4‰ e 70‰. Encontra-se geralmente nos 30m de profundidade.	Espécie eurialina e euritérmica.	Espécie eurialina.
Biologia	Características morfológicas externas, caracterizadas por uma simetria e por um corpo oval com primido lateralmente com duas manchas de cor preta e laranja, bem marcada.	Características de resistência fortíssimas, sendo a fase de crescimento inibida durante a estação Invernal.	Distingue-se das outras espécies pelo maxilar inferior, que é pequeno e apenas alcança a metade posterior do olho.
Características sexuais e Reprodução	Apresenta hermafroditismo protândrico, onde ao longo do ciclo de vida, há alteração do sexo; maturação testicular (macho) completa no final do segundo ano de vida, seguida de uma mudança no final do terceiro ano de idade, onde atingem a maturação ovárica.	Espécie com sexos separados.	Apresentam um ciclo de vida muito complexo. Têm alternância de sexos
Fonte	Fischer <i>et al.</i> (1987); Santinha (1998); Moretti <i>et al.</i> (1999); Beveridge (2004).	Blanquet (1998); Moretti <i>et al.</i> (1999); Beveridge (2004).	Gonçalves (1998); Moretti <i>et al.</i> (1999); Hendry e Cragg-Hine (2000).

Tabela 1: Características biológicas das espécies *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* e *Salmo salar*.

Estudos de Aquicultura com recurso a SIG

Diversos casos de estudo com recurso a SIG foram já anteriormente aplicados em aquicultura, essencialmente ao nível da

selecção de unidades de aquicultura aplicados a uma espécie, a um ambiente, a parâmetros, entre outros.

- Visando uma determinada espécie, Ross *et al.* (1993) aplicaram os SIG, mais

concretamente a análise multi-critério, à selecção de um local preferencial para aquicultura costeira numa pequena baía da Escócia, utilizando como exemplo a cultura de salmões, *salmo salar*, em jaulas. Pérez *et al.* (2002a) criaram um modelo para a distribuição de partículas orgânicas de *Salmo salar* em jaulas marinhas, com recurso a SIG. Pérez *et al.* (2003b) caracterizaram a metodologia a ser aplicada na avaliação das características da altura significativa da agitação marítima em jaulas *offshore* na cultura das espécies *Sparus aurata* e *Dicentrarchus labrax*, ao largo da ilha de Tenerife, Espanha; o produto final foi a geração de mapas temáticos de aptidão de diferentes sistemas de jaulas comerciais. Pérez *et al.* (2003c) seleccionaram os locais mais adequados para aquicultura *offshore* das espécies *Sparus aurata* e *Dicentrarchus labrax*, em Tenerife, com base em variáveis da qualidade da água. Aguado-Giménez e García-García (2004) realizaram um estudo piloto de *Sparus aurata* e *Dicentrarchus labrax* na avaliação da evolução de algumas características químicas dos sedimentos ao redor de uma cultura *offshore* num período do ciclo de produção de 1 ano. Johansson *et al.* (2006) estudaram os efeitos da natação a diversas profundidades de *Salmo salar* relativamente a variações espaciais dos níveis de oxigénio nas jaulas, num *fiorde*; estes resultados demonstraram uma complexa variação espacial e temporal de alguns factores ambientais, incluindo a resposta comportamental de *salmo salar* num local de *fiorde*. E Johansson *et al.* (2007)

verificaram os efeitos de diversos parâmetros na selecção de um local ideal para cultura de *salmo salar*, em jaulas oceânicas, na Noruega.

- Relativamente a diversos parâmetros, Gillibrand *et al.* (1996) realizaram um estudo na Escócia para explicar os processos responsáveis pela rápida depleção de oxigénio, examinando a relação entre o oxigénio dissolvido e os nutrientes, tendo concluído que no fundo das jaulas existiam frequentemente elevados níveis de nutrientes dissolvidos e baixas concentrações de oxigénio; Pérez *et al.* (2002b) fizeram uma avaliação do potencial SIG, na selecção de um local ideal, através da criação de um modelo que permitisse modelar a distribuição de resíduos orgânicos provenientes das jaulas; Katranitsas *et al.* (2003) estudaram e analisaram o potencial dos efeitos tóxicos de tintas anti-*fouling* de cobre no sentido de não serem uma ameaça para organismos marinhos; Pérez *et al.* (2003a) avaliaram a integração e a coexistência de jaulas na indústria do turismo em Tenerife (Ilhas Canárias) com recurso a tecnologias de apoio ao processo de tomada de decisão. Este estudo foi importante porque, além de considerar diversos parâmetros relevantes para a implementação de jaulas oceânicas, introduziu impactos que afectam a população humana e concluiu que 46% das zonas consideradas na análise, são áreas possíveis de se desenvolver aquicultura; Kapetsky e Aguilar – Manjarrez (2004) avaliaram e quantificaram os progressos da aplicação SIG no desenvolvimento e gestão da

aquicultura numa perspectiva ambiental e geográfica, apontando prováveis problemas associados ao uso SIG na aquicultura, como a falta de consciência dos benefícios SIG e a falta de experiência sobre a forma como os SIG podem ser usados na aquicultura para o período de 1985-2002; Corner *et al.* (2006) criaram um modelo que verifica a distribuição da dispersão de partículas de alimentos não ingeridos e de fezes em jaulas, com auxílio da ferramenta SIG, num período de 18-24 meses. Este estudo demonstrou que o movimento das jaulas devido à acção das correntes, tem influência sobre a deposição de partículas no fundo das jaulas; e Hunter *et al.* (2006) desenvolveram um modelo que verifica as áreas mais adequadas para planear aquicultura com base em SIG. Estudaram o impacto dos efluentes dos peixes em 87 jaulas, através de um modelo desenvolvido pelo Instituto da Aquicultura desde 1990, que tinha como objectivo verificar a dispersão de resíduos orgânicos dos peixes sob a forma de alimentos não ingeridos e de fezes, dito modelo “*waste footprint*”.

- Em outros estudos, Ross (1998) revê até à data de 1998, os problemas que existem na selecção de um local preferencial em aquicultura com recurso a SIG.

Comparando com os estudos anteriormente citados, o trabalho a que se refere este artigo descreve uma aplicação inédita para a área de Portugal, uma vez que não foi ainda desenvolvida uma análise sistemática, com características multi-critério, aplicada à aquicultura das espécies *Sparus aurata*,

Dicentrarchus labrax e *Salmo salar*. Cita-se o desenvolvimento de uma análise que tem como base a descrição pormenorizada da influência de cada parâmetro, exclusivamente para as três espécies em causa. Ou seja, aposta-se em promover no futuro a cultura destas espécies em *offshore*, considerando e modelando diversos tipos de circunstâncias que poderiam levar a que um projecto não tivesse sucesso. Portugal, com os resultados deste estudo poderá continuar a otimizar a linha de produção que já iniciou com os projectos de aquicultura em Olhão e em Cascais fomentando o comércio de uma das principais áreas alimentares.

A cultura marinha

Cultivo de Espécies

A primeira unidade de reprodução nacional criada em Portugal de juvenis de dourada e de robalo, surgiu no início dos anos 90, o que levou à interrupção das capturas nos estuários de juvenis, situação que provocava grandes desvantagens para a conservação dos recursos pesqueiros (DGPA, 2002). Os juvenis para o cultivo de dourada e robalo são produzidos actualmente em cativeiro, em *hatcheries* (maternidades) onde se processa a reprodução e obtenção de ovos cultivados até cerca de 2g de peso individual. A partir deste peso, os juvenis são transferidos para tanques exteriores onde se processa a engorda até ao peso comercial de $\pm 350g$. Com a revolução industrial, as populações de muitos países diminuíram a pesca do salmão, devido ao excesso de capturas e à crescente poluição. Como consequência deste facto, muitas empresas de pesca norueguesa, que

se dedicavam à captura desta espécie, reduziram drasticamente as suas frotas, o que tem levado a que a importação nacional de salmão diminua, logo é comercialmente vantajoso continuar a fomentar a aquicultura do salmão (Gonçalves, 1998). Segundo Milewski (2001), até ao final desta década, estima-se que a produção de salmão atinja 2.000.000 toneladas em todo o mundo.

Muitos dos problemas relativos a patologias são actualmente ultrapassados, devido às *hatcheries* estarem mais atentas a problemas sanitários e patológicos, apostando cada vez mais na qualidade dos juvenis; as empresas de alimentos para peixes competem cada vez mais pela qualidade dos seus produtos, apresentando ao piscicultor um maior leque de opções de qualidade e preço; e por fim estimula-se cada vez mais a investigação em aquicultura (Blanquet, 1998) fomentando a optimização e o controle dos principais parâmetros ambientais (Moretti *et al.*, 1999). O peixe de aquicultura não necessita de ir às lotas, é uma situação opcional do produtor, a fim de serem cumpridos os requisitos de segurança alimentar, dado que os mesmos são fiscalizados na própria cultura, ou seja, antes de saírem para venda. Após a recolha do peixe das jaulas, este fica confinado em arcas, coberto por gelo e, posteriormente, é transferido para os centros de embalagens, seguindo então para os postos de venda.

Segurança Alimentar, Bem-Estar dos Animais e Código de Conduta

Como estratégia de desenvolvimento sustentável de segurança alimentar da

Aquicultura Europeia, tende-se a assegurar que sejam disponibilizados aos consumidores produtos saudáveis, seguros e de boa qualidade e garantir que a aquicultura seja uma actividade válida do ponto de vista ambiental (FEAP, 2002; DGPA, 2007).

A CEE (2002) adoptou a 27 de Novembro de 2001 a Directiva 2001/102/CE do Conselho relativa às substâncias e produtos indesejáveis nos alimentos para animais, introduzindo limites máximos para as dioxinas presentes nas farinhas de peixe e nos óleos de peixe.

O bem-estar dos animais em cativeiro é um factor determinante na aceitação das tecnologias de criação de animais na sociedade, sendo que na última década se constata uma maior sensibilização para este facto, tendo em conta que as condições de cultivo a que os animais são submetidos reflectem-se a nível fisiológico, comportamental e ambiental, sob diversas questões éticas e económicas (Anon, 1996; Turnbull *et al.*, 2005; Johansson *et al.*, 2006). A capacidade de manter a sanidade animal envolve cuidados e diversos protocolos que têm como objectivo reduzir a exposição dos animais a agentes nocivos (Conte, 2004). Segundo Conte (2004) e Turnbull *et al.* (2005), os aspectos de densidade de cultivo a que os animais se encontram, tem grande influência sobre o bem-estar destes, pois se a cultura for sujeita a densidades de cultivo elevadas, irá levar a que os animais sofram de *stress*, surjam possíveis danos físicos e tenham dificuldades no crescimento; os mesmos resultados são observados pela

FAWC (1996) e a FEAP (2002). A questão de pré-abate é muito discutida na actualidade e segundo Bagni *et al.* (2007) todos os procedimentos devem ser realizados de forma a assegurar as normas de bem-estar dos animais.

Numa perspectiva legal, a Declaração Universal dos Direitos dos Animais preceitua no art. 2º, alínea a), que cada animal tem direito ao respeito e no art. 9º que animais criados com fins alimentares devem ser nutridos, alojados e transportados sem que para estes resulte alguma ansiedade ou dor; e o capítulo IV do Projecto de Lei n.º 13.989/04, que institui o Código Estadual de Protecção dos Animais, dispõe que em sistemas intensivos de criação, os animais deverão receber alimento em quantidades e qualidades adequadas, atendendo às exigências peculiares de cada espécie.

O código de conduta visa que a aquicultura interaja com o ambiente social, económico e natural, o que proporcione diversos benefícios para as populações de todo o mundo, devendo ser conduzida de forma responsável. A auto-regulação da aquicultura levou à criação de códigos de boas práticas, que abrangem uma visão global da ética relativamente ao bem-estar e ao direito à alimentação (Freitas, 2001; Beveridge, 2004;

FAO, 2007). A execução de boas práticas de unidades de aquicultura passa pela monitorização e controlo da protecção ambiental e o fortalecimento do desenvolvimento sustentável (Frankic e Hershner, 2003), a fim de garantir um alto padrão de qualidade da produção alimentar (FEAP, 2002).

Regulamentação Nacional de Culturas Marinhas

A permissão de implementação de qualquer unidade de aquicultura em Portugal passa primeiramente por obter autorização de instalação e só posteriormente de exploração (Bernardino, 2000). O objecto dos diplomas que regulam os exercícios da cultura de espécies marinhas, propõem medidas adequadas à conservação e preservação de unidades *offshore* a longo prazo, bem como a gestão e o aproveitamento sustentável dos recursos existentes nas águas sob jurisdição portuguesa, com fins científicos, lúdicos e comerciais. Os principais diplomas e respectivas entidades que regulamentam unidades de aquicultura, encontram-se listadas na tabela 2.

Diploma	Âmbito
Decreto Lei n.º 278/87, de 7 de Julho (art. 2.º alínea c) e f), art. 11.º e 12.º).	A instalação de culturas marinhas que utilizem águas salgadas ou salobras, está sujeita a autorização, a conceder pelo Director-Geral das Pescas e Aquicultura.
Decreto Lei n.º 261/89, de 17 de Agosto, art. 3.º.	A exploração de culturas marinhas é da responsabilidade do Ministro das Pescas e do Ministro responsável pelo concelho do local. Estabelece as condições a que deve obedecer a instalação e o funcionamento dos estabelecimentos de culturas marinhas.
Ordem n.º 476/2001, de 10 de Maio.	Regulamenta os projectos-piloto e que tenham por objectivo apoiar projectos para a área da aquicultura.
Decreto Regulamentar n.º 163/2006, de 12 de Dezembro.	Garante a sustentabilidade da exploração dos recursos; a diversidade das actividades económicas das com unidades piscatórias; a promoção da investigação e do desenvolvimento em sistemas de aquicultura <i>offshore</i> , garantindo a relação custo-eficácia.
Decreto Regulamentar n.º 9/2008, de 18 de Março.	Define as condições a que devem obedecer as instalações de culturas marinhas em <i>offshore</i> ; e identifica a área-piloto de produção aquícola da Armonia, na costa Algarvia. É proibida a navegação nas áreas de produção aquícola (art. 8.º).
Entidade	Responsabilidade
Director-Geral das Pescas e Aquicultura.	Autoriza o funcionamento de estabelecimentos de unidades de aquicultura.
Direcção Regional do Ambiente (D.R.A).	Responsável pela avaliação do impacto ambiental, supervisionando o funcionamento das unidades de aquicultura.
Instituto de Investigação das Pescas e do Mar (IPIMAR).	Dá a viabilidade técnica e científica do projecto.
Autoridade do Porto Local.	Responsável pelo parecer sobre o domínio público marítimo.

Tabela 2: Legislação que regulamenta a implementação de unidades de aquicultura *offshore* em Portugal.

Design e impactos das jaulas

Uma jaula deve ter uma geometria rígida mas não totalmente estática. É construída para resistir a elevadas pressões e funcionar como protecção a condições ambientais extremas, minimizando a possibilidade de destruição (Løland, 1993; Colbourne, 2005). As jaulas podem ser submersíveis ou flutuantes, possuindo diversas formas e tendo várias funções, conforme os diferentes materiais utilizados na sua construção.

O fabrico das jaulas deve ter em conta questões como a posição que a jaula terá no mar, o peso da rede e o material usado¹. Em cada novo tipo de estrutura deverá realizar-se, se possível, uma experimentação numa jaula teste modelo (num período de 3 anos), para se simularem as condições reais; toda esta experiência deveria ser filmada, para se visualizar o movimento da jaula e concluir-se sobre as tendências que a jaula adoptará no futuro (Christensen, 2000).

Kames Fish Farming (KFF) é uma empresa escocesa que trata do design, da manufactura e da adequabilidade de jaulas oceânicas a diferentes condições ambientais e a determinadas espécies alvo (Hunter *et al.*, 2006). Outra empresa é a *OceanSpar* que opera equipamentos e serviços para instalações *offshore SeaStation* às empresas líderes em todo o mundo de aquicultura. A infra-estrutura *SeaStation* está desenvolvida de forma a minimizar o tempo de mergulho por especialistas, assim como de resistir a

¹ Como, por exemplo, fibras poliamidas e poliésteres que têm vantagens estruturais intrínsecas de estabilidade em ambiente marinho.

temporais de elevada escala; e está preparada para receber monitorização constante por vídeo vigilância em longos períodos de tempo.

As jaulas submersíveis apresentam algumas vantagens relativamente às jaulas flutuantes, pois a posição que estas adquirem na coluna de água pode ser modificada, existindo um controlo da subida e descida da jaula para se tirar partido das condições ambientais prevalentes (Beveridge, 2004). As jaulas têm um sistema de flutuabilidade - que mantém a forma e a estabilidade desta - e são constituídas por materiais metálicos, borrachas e plásticos de elevada densidade. Têm também um sistema de serviço responsável pelos alimentadores automáticos (caso seja o caso). Existe ainda um sistema de redes, importante para manter confinado o habitat marinho e para dar maior segurança ao stock em causa. Este está intimamente ligado ao sistema de fundeamento, que é o que suporta toda a estrutura da jaula, estando fixado no fundo (Olivares, 2003; Huang *et al.*, 2007).

Tem de ser realizada uma manutenção constante das jaulas, pois os raios ultravioletas da radiação solar são extremamente prejudiciais, podendo reduzir dramaticamente a resistência das redes que estão expostas ao sol e levar ao seu rompimento, mesmo num curto período de tempo (algumas semanas). Toda a estrutura da rede deve ser limpa com alguma frequência, pois diversos animais alojam-se e tornam toda a estrutura mais pesada, apresentando desvantagens para a cultura. É

necessário uma monitorização constante em jaulas formadas por redes que não podem ser trocadas, ou seja, que são fixas.

A magnitude do impacto ambiental depende basicamente da espécie em cultivo; da densidade de animais na cultura; do método de cultivo; do tipo de alimentação e intensidade; do estado de saúde dos peixes; da gestão dos recursos; das condições climáticas e hidrográficas; da intensidade das correntes; e da capacidade ambiental em assimilar produtos orgânicos² (Troell *et al.*, 1998; Milewski, 2001; Shakouri, 2003; Tacon e Forster, 2003; Aguado-Giménez e García-García, 2004; Beveridge, 2004; Martín *et al.*, 2005).

A questão dos escapes do stock para o meio natural, podem levar a alterações no ambiente com consequências ao nível da predação, da degradação genética dos stocks selvagens e da introdução de parasitas e doenças (Beveridge, 2004). A dimensão da malha da rede é a principal protecção para que não haja fuga de stock; esta não pode ser excessivamente pequena, pois não permitiria um elevado fluxo de água, e não pode ser muito grande, pois levaria ao escape do stock.

Uma compilação dos impactos ambientais derivados da aquicultura encontra-se na tabela 3.

Materiais e Métodos

Área de Estudo:

Portugal continental está situado no extremo SW da Europa, na Costa Ocidental da Península Ibérica, sendo limitado pelos paralelos 42°09'N e 36°56'N e pelos meridianos 9°30'W e 6°11'W. Meteorologicamente situa-se na transição entre o anticiclone dos Açores e a zona das depressões subpolares, sendo o clima fortemente influenciado pela proximidade ao Oceano Atlântico (Miranda *et al.*, 2004).

Identificação e Processamento dos dados

Neste estudo foi necessário utilizar uma estação de trabalho e software que permitisse a integração, manipulação, transformação, armazenamento, medição, recuperação e exibição de dados espaciais.

O programa utilizado foi o ArcGIS, versão 9.2 do fabricante ESRI; e uma estação de trabalho com um processador Pentium 4 a 2.60GHz, 1 Gb de RAM e 74.5Gb de disco rígido. Os dados foram compilados numa base de dados do tipo *Personal Geodatabase*, associados a uma representação espacial, com um sistema de referência comum (WGS 84, UTM Zona 29N). Para a análise discriminativa de cada parâmetro influente na tomada de decisão de um local ideal (anexo 2) foi utilizada a extensão *Spatial Analyst*. No anexo 3, encontra-se a listagem de outros parâmetros influentes para a implementação de unidades de aquicultura que não foram incluídos na

² Principalmente nitrogénio, azoto e fósforo.

análise multi-critério, por não serem parâmetros de âmbito geo-espacial.

Nome do Impacto	Como se Revela	Como Afecta uma cultura	Solução para minimizar impacto	Relação com unidades offshore	Fonte Bibliográfica
Qualidade dos Sedimentos	Alimentos não ingeridos, fezes e carapaças de animais – eutrofização.	Matéria orgânica acumulada/resíduos. Reflecte-se a baixa profundidade da jaula e a cerca de 20-50m em torno da jaula.	Manutenção da macro-fauna; agricultura, da alga <i>Gracilaria</i> , nos sedimentos; e sub protecções de redes na jaula.	Limpeza directa; a alga <i>Gracilaria</i> incorpora no Inverno 50% da amónia excretada pelos peixes, e no verão cerca de 90-95%.	Quintero-Marmel (1990); GESAMP (1996); Troell <i>et al.</i> (1998); Karakassis <i>et al.</i> (2000); Hansen <i>et al.</i> (2001); Crawford; Macleod <i>et al.</i> (2002); (2003); Shakouri (2003); Beveridge (2004); Doglioli <i>et al.</i> (2004); Hunter <i>et al.</i> (2006); Mente <i>et al.</i> (2006); Magill <i>et al.</i> (2006).
Qualidade da Água	Produtos excretados pela urina e pelas brânquias, através da dissolução da amónia, da ureia e de resíduos solúveis (produtos alimentares não ingeridos e fezes).	Alterações na abundância e na diversidade das populações planctónicas. Aumenta o nível de amónia e de fósforo dissolvido.	Protecções nas jaulas com redes. Se possível monitorização dos efluentes por vídeo vigilância.	Reduzir a descarga para o meio ambiente. O alto fluxo de água fornece oxigénio e dilui os resíduos metabólicos.	Cromey <i>et al.</i> (2002); Gavine e McKinnon (2002); Crawford (2003); Shakouri (2003); Conte (2004); Martín <i>et al.</i> (2005); Mente <i>et al.</i> (2006); Aquaculture Europe (2007).
Impacto Biológico	As espécies que se encontram cercadas numa unidade de aquicultura estão mais susceptíveis de desenvolver alguma infecção, devido ao stress a que são submetidas.	Doenças que possam surgir numa cultura, e que poderão ser propagadas para espécies selvagens.	Controlar o aparecimento de doenças nas populações nativas.	Há pouca evidência de doenças em populações selvagens, propagadas por espécies nativas.	Naylor <i>et al.</i> (2000); Gavine e McKinnon (2002); Martín <i>et al.</i> (2005); Aquaculture Europe (2007).
Impacto Visual	Incidência directa sobre a população humana.	Proximidade a pontos de observação pré-definidos.	Implementar jaulas em locais não visíveis da costa.	–	Pérez <i>et al.</i> (2003a); Kapetsky e Aguilar-Manjarrez (2007).

Tabela 3: Impactos ambientais derivados da aquicultura.

Nome do Impacto	Como se Revela	Como Afeta uma cultura	Solução para minimizar impacto	Relação com unidades offshore	Fonte Bibliográfica
Predadores	Peixes e aves oportunistas ao redor das jaulas.	Ataque dos predadores às jaulas, por excesso de alimento "deriva".	Técnicas assustadoras; utilização de redes que funcionem como barreiras.	Muitas espécies são protegidas por legislação própria.	Huguenin (1997); Hutchings (1999); FEAP (2000); Gavine e McKinnon (2002); Bevan <i>et al.</i> (2002).

Tabela 3 (cont.)

A aquisição/tipo de dados, o número do anexo e a respectiva fonte destes encontram-se indicadas na tabela 4.

Parâmetros	Aquisição / Tipo de dados	Húmero do Anexo	Fonte
Espécies de Aquicultura	Texto	1	-
Parâmetros usados em ArcGIS	Texto	2	-
Parâmetros não usados em ArcGIS	Texto	3	-
Biofísicos			
Temperatura	Tabela	4	I.H.
Profundidade	Tabela	-	I.H.
Agitação Marítima (onda dos 20 anos)	Shapefile	5	I.H.
Sedimentos	Shapefile	7	I.H.
Sócio-económicos			
Localização dos Portos	Tabela	8	I.H.
Rede Rodoviária	DGN	9	IGE OE
Aeroportos	IGEO	10	I.H.
Esforço de Pesca	Shapefile e TXT	11	I.H.
Bio-políticos			
<i>Hatcheries</i>	Texto	12	DGP A
Administrativos			
Canais de Navegação	Shapefile	-	I.H.
Cabos Submarinos	Shapefile	-	I.H.
Áreas Marinhas Protegidas	Shapefile	13	ICN
Fundeadouros de Navios	Map Source	-	I.H.
Projecto Culturas Marinhas	TXT	14	I.H. e IPIMAR
Energia das Ondas	TXT	15	I.H.
Áreas de Operações de <i>Scooping</i>	TXT	16	I.H.
Ponderação	XLS	17	Malczewski (1999)
Aplicação <i>Model Builder</i>	SIG	18	-

Tabela 4: Compilação da aquisição/tipo de dados, número do anexo e a fonte destes.

Descrição da análise multi-critério

A análise multi-critério é realizada através de três etapas essenciais: a classificação, isto é, a compilação, geração e distribuição geoespacial dos parâmetros considerados; a reclassificação, ou seja, a normalização das

unidades e ordens de grandeza dos parâmetros; e a ponderação, onde a cada critério é atribuído um peso, que expressa a importância de cada parâmetro em relação aos outros, segundo Malczewski (1999). A descrição da análise multi-critério efectuada encontra-se na tabela 5.

Adequabilidade de Critérios	Classificação	Reclassificação		Ponderação (%)
		Intervalos	Pontuação	
Biofísicos				
Agitação Marítima				
HMOM (m)	E feito na estrutura. Quanto valor mais baixo, melhor.	2.5 – 5 2 – 2.5 1.65 – 2 1.2 – 1.65 0.5 – 1.2 0 – 0.5	1 2 3 5 8 10	20.72
HMO (m)	E feito na operação. Quanto zona mais abrigada, melhor.	Costa Oeste Costa Sul	1 10	11.32
T02 (s)	Quanto mais longo o período, melhor.	1 – 3 3 – 4 4 – 5 5 – 6 6 – 7.5 7.5 - 2.0	1 3 6 7 8 10	12.71
Profundidade (m)	Costa Oeste – deve estar dentro do intervalo 40 – 70. Costa Sul - deve estar dentro do intervalo 36 – 70	<40 or >70 40 – 70 <36 or >70 36 - 70	0 10 0 10	12.91
Sedimentos	Sedimentos melhor; rocha muito mau.	Lodo Cascalho Areia	4 7 10	5.19
Socio- económicos				
Portos (nM)	Quanto mais próximo, melhor.	> 10 10 – 7 7 – 5 <5	1 3 7 10	5.70
Rede Rodoviária (Km)	Quanto mais próximo, melhor.	>5 2 – 5 <5	1 5 10	2.77
Aeroportos (Km)	Quanto mais próximo, melhor	>50 25 – 50 ≤ 25	1 5 10	1.41

Tabela 5: Descrição da análise multi-critério para avaliar o potencial da aquicultura.

Adequabilidade de Critérios	Classificação	Reclassificação		Ponderação (%)
		Intervalos	Pontuação	
Socio- económicos				
Esforço de Pesca (nM)	Quanto maior a área da	2182 – 8403.6	1	3.88
	embarcação,	8403.6 – 14625	2	
	menor o esforço de pesca.	14625 – 20846.8	5	
		20846.8 – 27068.4	8	
Bio-políticos				
Hatcheries (Km)	Quanto mais próximo, melhor	> 40	1	1.82
		10 – 40	5	
		<10	10	
Bio-Social				
Espécies/ Temperatura (°C)	Salmão – Quanto mais a Norte do país, melhor.	25 – 17	1	21.56
		17 - 16	5	
		16 - 12	10	
	Robalo - Quanto mais a Centro do país, melhor.	25 – 16.7	1	21.56
		16.7 – 15	3	
		13 - 15	10	
	Dourada - Quanto mais a Sul do país, melhor.	12 – 15	1	21.56
		15 – 16.71	5	
		16.71 - 19	10	

Tabela 5 (cont.)

Resultados

Neste estudo, critérios biofísicos, sócio-económicos, bio-políticos e bio-sociais foram analisados para a identificação da melhor localização para instalação de jaulas oceânicas; conjuntamente com critérios (administrativos e biofísicos – sedimento tipo rocha) que funcionam como constrangimentos na análise, utilizados para a construção de uma máscara (figura 1), tendo ainda em conta os projectos de produção de mexilhão³ apresentados à DGPA (Direcção Geral das Pescas e Aquacultura) e outros factores solicitados ao I.H. (anexo 14) e, ainda, os projectos de conversão da energia das ondas (anexo 15). As camadas de dados foram integradas na

³ “*Mytilus Gallaeciae*”, ao largo da costa entre Esposende e Castelo do Neiva; “Rabaçudo”, a Sul-Sudoeste da foz do Rio Cavado (Esposende); e “Mar da Costa Nova”, a Sudoeste da Barra de Aveiro.

análise multi-critério, para se avaliar a aptidão da cultura das espécies *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* e *Salmo salar*. A fiabilidade da ponderação (anexo 14) tem grande influência nos resultados, sendo o índice de consistência (CR) o indicador responsável pela validação da consistência das ponderações atribuídas aos parâmetros no seu global.

A aplicação *Model builder* (anexo 15) do sistema ArcGIS é uma mais valia para a modelação do processo de decisão, permitindo experimentar soluções diversas de modo eficiente (tabela 5).

Relativamente às três espécies, o processamento dos dados é idêntico, excepto o último passo do modelo – reclassificação da temperatura - que é modificado para a temperatura “ideal” de cada espécie em causa (tabela 5, critério bio-social).

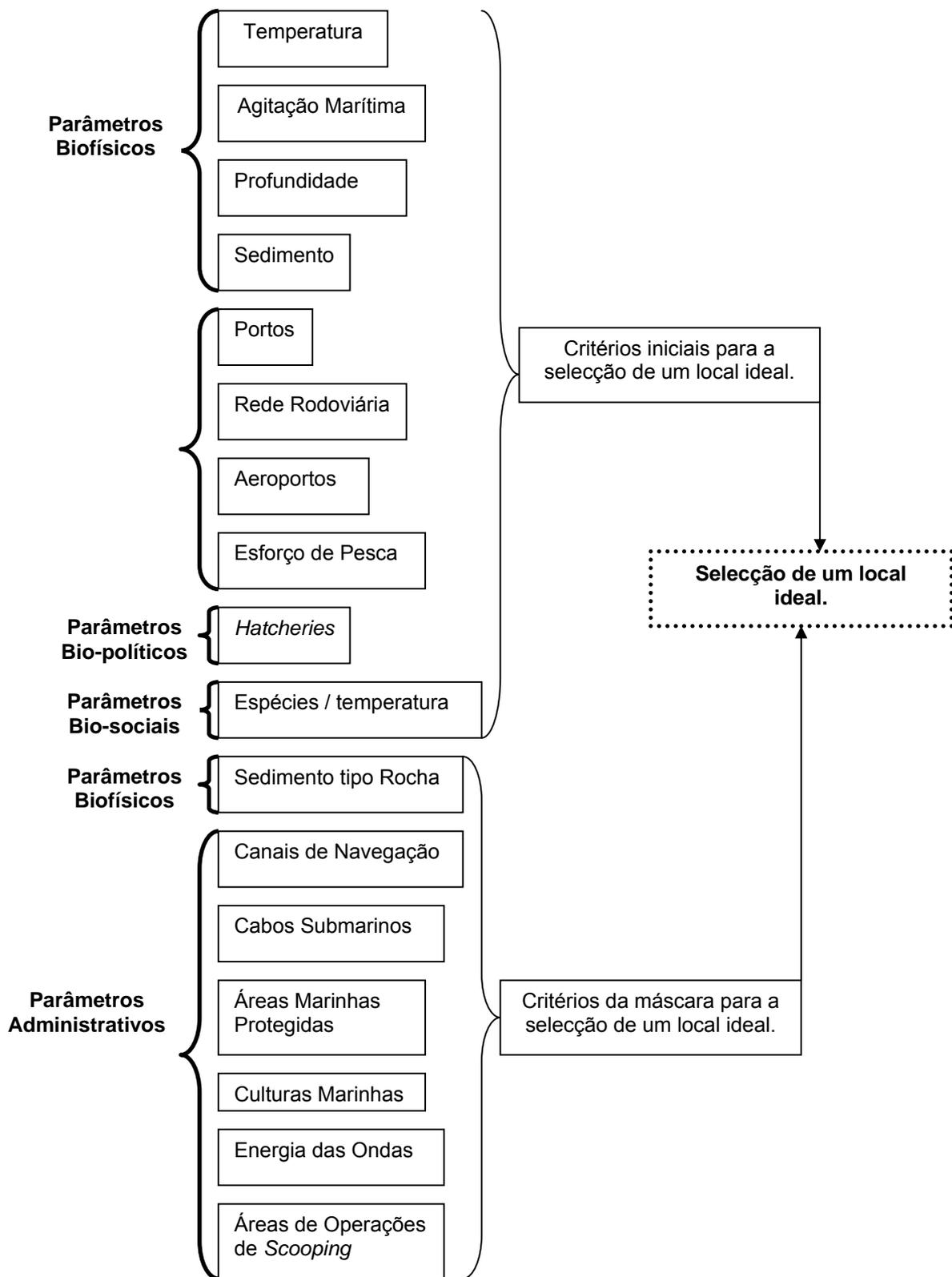


Figura 1: Esquema hierárquico da análise multi-critério para avaliar a selecção de locais preferenciais para aquicultura.

Da aplicação do modelo resultaram três mapas diferentes, que traduzem a adequabilidade para a implementação de jaulas *offshore* para as espécies em estudo.

A dourada (figura 2) apresenta a maior aptidão de cultivo na região do Algarve, com o intervalo de adequabilidade de 81% a 89%.

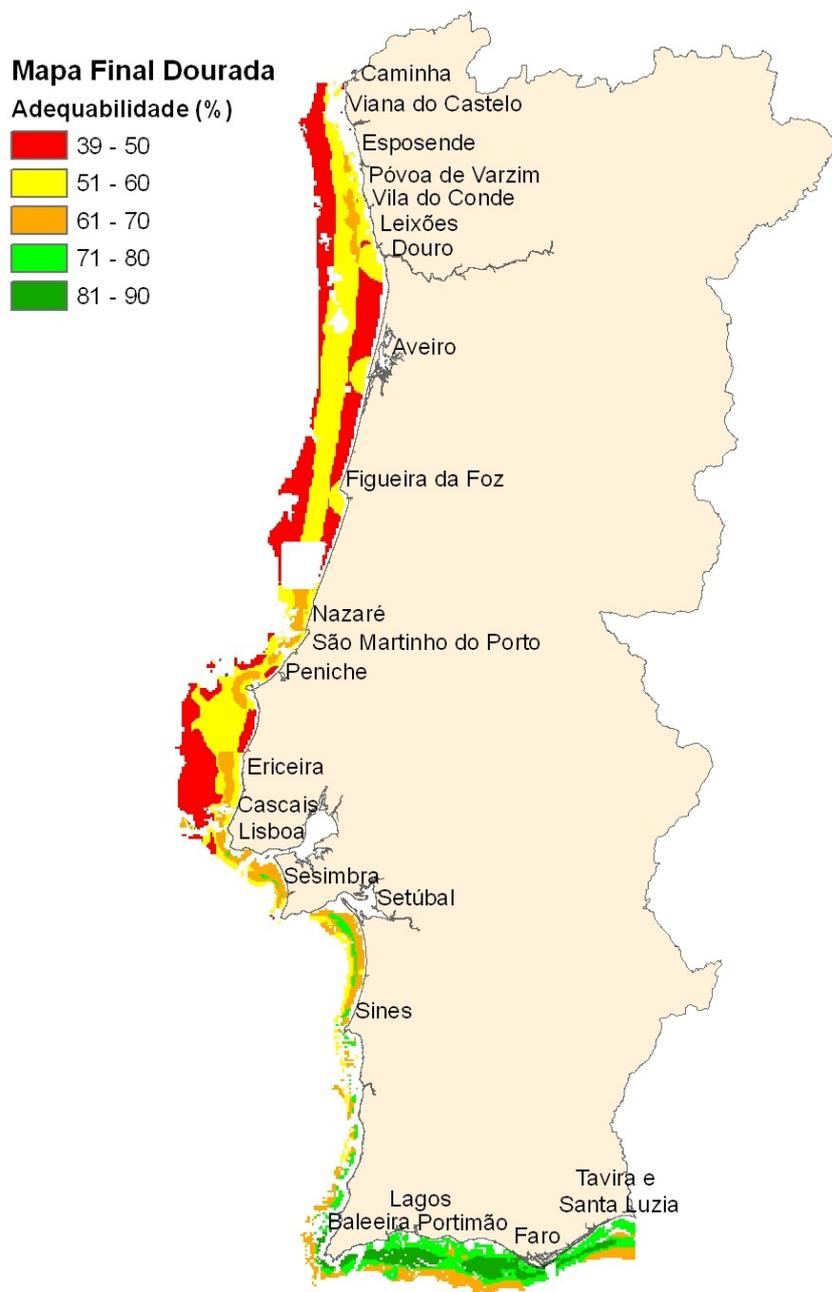


Figura 2: Mapa da melhor localização para a espécie *Sparus aurata*.

Na região posterior de Sines à Baleeira e novamente no Algarve (mas a uma

profundidade menor) a adequabilidade é de 71% a 80%. Da Ericeira a Sines, em Peniche

e na região anterior à Nazaré até São Martinho do Porto e, ainda, em zonas pontuais de Esposende, Póvoa de Varzim, Vila do Conde, Leixões e Douro, a adequabilidade baixa para o intervalo de 61% a 70%. O cultivo da dourada é menos propício em toda região Norte da costa Oeste,

cujas adequabilidades passam a ser inferiores a 60%.

Quanto ao robalo (figura 3) em Esposende, na Póvoa de Varzim, em Vila do Conde, em Leixões, no Douro, numa zona pontual de Aveiro, do Norte da Nazaré até ao Sul de Peniche e da Ericeira a Sines, a adequabilidade é de 71% a 80%.

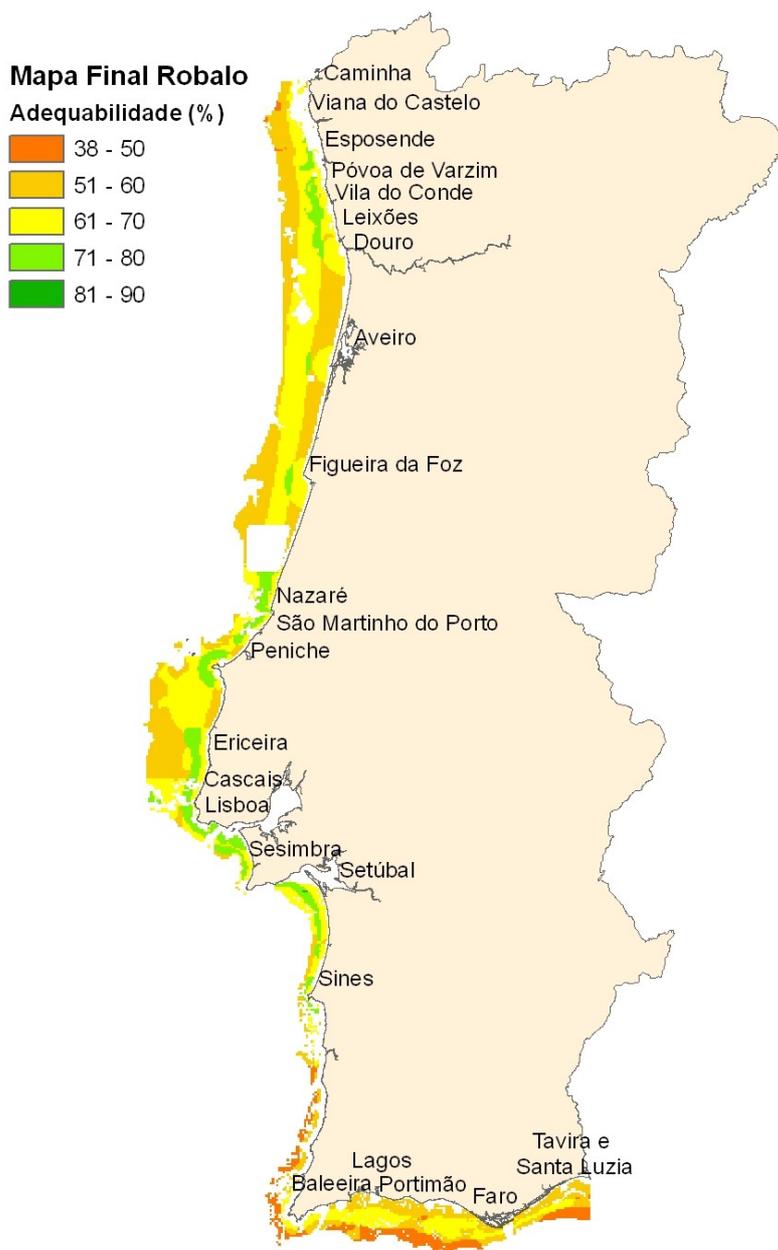


Figura 3: Mapa da melhor localização para a espécie *Dicentrarchus labrax*.

De Caminha à Nazaré – entre as linhas batimétricas dos 40 e dos 70m de profundidade –, do Sul de Peniche até à Ericeira, de Setúbal a Sines – posterior à linha batimétrica dos 70m de profundidade e anterior à linha batimétrica dos 40m de profundidade –, da Póvoa de Varzim ao Douro, em Aveiro, na Figueira da Foz – até à

profundidade dos 40m - e, ainda, da Baleeira a Tavira e Santa Luzia, a adequabilidade é de 61% a 70%. De Sines a Tavira e Santa Luzia - posterior à linha batimétrica dos 70m de profundidade e anterior à linha batimétrica dos 40m de profundidade - a adequabilidade é inferior a 50%.

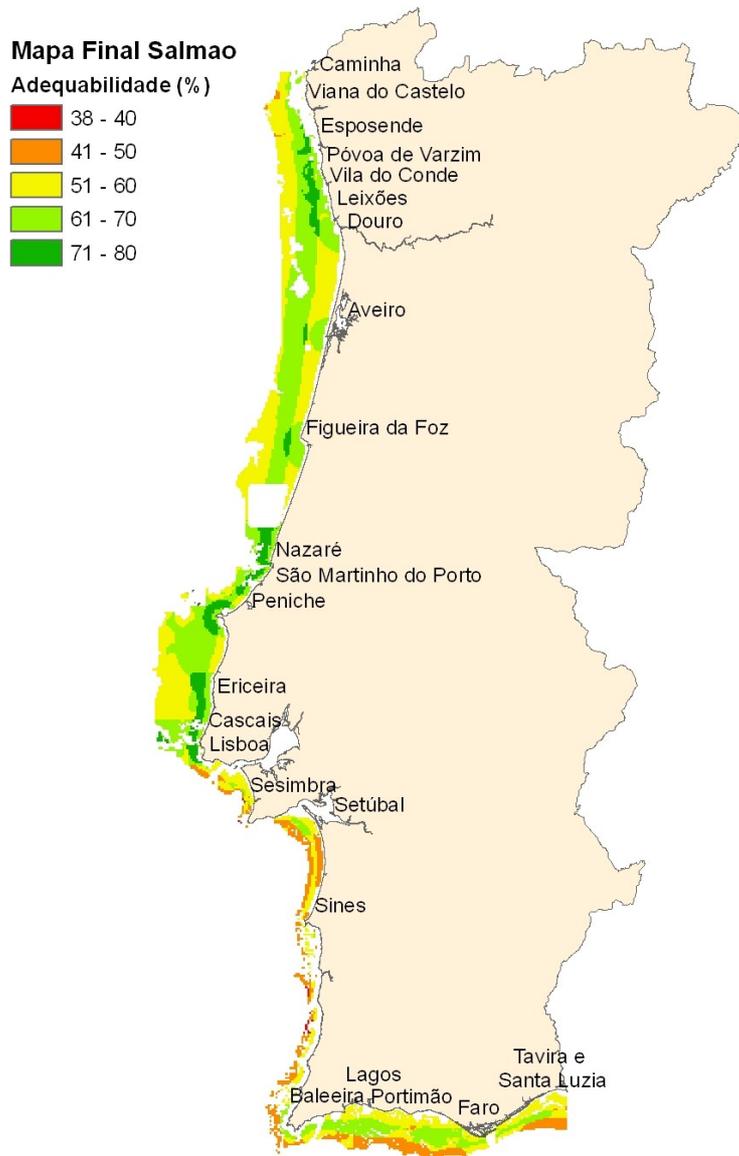


Figura 4: Mapa da melhor localização para a espécie *Salmo salar*.

Quanto ao Salmão (figura 4), em zonas pontuais de Esposende, Póvoa de Varzim, Vila do Conde, Leixões, Douro, Aveiro, Figueira da Foz, da Nazaré a Peniche e da Ericeira a Lisboa, a adequabilidade é de 71 a 80%. A maior extensão de análise para o cultivo desta espécie, está presente numa extensa faixa de Viana do Castelo a São Martinho do Porto – posterior à linha batimétrica dos 70m de profundidade e anterior à linha batimétrica dos 40m de profundidade –, depois de Peniche à Ericeira, em Setúbal e da baleeira a Tavira e Santa Luzia, com a adequabilidade de 61% a 70%. De Viana do Castelo à região anterior à Nazaré, depois de Peniche até Cascais – posterior à profundidade dos 70m -, depois do Douro até Aveiro, depois desta região até à Figueira da Foz – até à profundidade dos 40m -, de Sesimbra à Baleeira, de Lagos a Faro e, ainda em Tavira e Santa Luzia – até à profundidade dos 36m – a adequabilidade é de 51% a 60%. De Lisboa à Baleeira, de Lagos a Faro e em Tavira e Santa Luzia – posterior à profundidade dos 70m – a adequabilidade para implementar jaulas oceânicas é inferior a 50%.

Comparando os três mapas, é visível que a dourada é a espécie mais propícia para ser cultivada na costa portuguesa, e, designadamente, em toda a costa Sul do país, pois o valor de adequabilidade desta chega aos 90%, enquanto que o robalo e o salmão têm valores máximos de adequabilidade de 80 e 70%, respectivamente.

A extensão de análise da área da região Sul da costa Oeste (de Sesimbra à Baleeira) é menor relativamente à da área Norte (de Cascais a Caminha), por razões como sejam: o limite de profundidade definido para a finalidade deste estudo (dos 10 aos 100m); o de zonas de exclusão da máscara na área marinha protegida do SW Alentejano e Costa Vicentina (anexo 13) – a qual se situa em toda a extensão desde Sines à Baleeira; a da presença de rocha, muito extensa nesta dita zona; a da distância aos portos – presença nesta zona apenas do porto de Sines – (anexo 8); e a da distância às auto-estradas – ausência de auto-estradas e de itinerários principais (presença apenas da A22, no Sul do país) (anexo 9). Contudo note-se que estes dois últimos parâmetros, não tiveram uma influência tão preponderante na área de análise referenciada, dado os valores de ponderação atribuídos (tabela 5), também serem menores.

Discussão

Uma quantidade considerável dos parâmetros necessários para a análise da selecção de um local ideal para implementação de jaulas oceânicas são de natureza geo-espacial e, por isso, podem ser integrados no âmbito de modelos espaciais, usando uma abordagem baseada em SIG (Ross *et al.*, 1998), sendo esta a mais valia da aplicação da análise multi-critério neste estudo.

Os diferentes valores de ponderação (tabela 5) - segundo a aplicação da técnica *Pairwise Comparison* - dados a cada critério estão direccionados para o objectivo do estudo.

Neste projecto, o maior valor de ponderação foi dado à temperatura pois este é o parâmetro que mais condiciona o cultivo das espécies em causa, relativamente às características biofísicas destas.

A dourada é uma espécie com características biofísicas adaptadas a temperaturas mais quentes; logo, o resultado esperado é que, quanto mais a Sul do país se encontrar, melhor, como é visível no mapa temático (figura 2). Pelo contrário o salmão é uma espécie com características adaptadas a temperaturas mais frias, logo as infra-estruturas para o cultivo desta espécie devem ser colocadas essencialmente a Norte do país, como também é visível na figura 4. O robalo é uma espécie euritérmica (tolera grandes variações térmicas) e, como é perceptível na figura 3, este tem grande adequabilidade de cultivo ao longo de toda costa Oeste.

Do conjunto de todos os parâmetros analisados há dois que têm mais influência na adequabilidade das três espécies, estes são: a temperatura e a profundidade - linhas batimétricas dos 36 e 40m de profundidade, respectivamente para a costa Sul e Oeste do país - pois traduzem a profundidade preferencial a que as infra-estruturas *offshore* devem ser implementadas. Entre estas margens a adequabilidade das espécies aumenta consideravelmente, questão associada ao valor de ponderação dado ao parâmetro profundidade e temperatura (tabela 5). Toda a faixa fora destas profundidades limita a análise, por serem zonas com profundidades não aceitáveis

para o cultivo das espécies em estudo. Outro factor que também influencia bastante a análise é a agitação marítima, relativamente às zonas de sombra do Sul da costa Oeste e da costa Sul, por serem zonas mais protegidas, o que influencia tanto a nível operacional como a nível estrutural uma unidade de aquicultura. Por outro lado, todos os critérios sócio-económicos e bio-políticos influenciam a adequabilidade mas numa grandeza menor, (tabela 5).

A análise dos mapas demonstra que Portugal tem características geográficas adequadas para desenvolver actividade aquícola, para as espécies em estudo; sendo que no futuro poderá alargar-se o conhecimento para o cultivo de outras espécies - alterando as questões associadas ao sucesso biofísico de cada espécie em causa. Contudo, a nível de segurança, as infra-estruturas deverão ser implementadas a partir de valores de adequabilidade acima dos 50%, para que os riscos de fracasso da cultura sejam os menores possíveis. No entanto fica ao critério das diversas instituições responsáveis por possíveis projectos futuros, criar condições na estrutura, que suportem condições ambientais menos vantajosas, mas que levem a um elevado sucesso comercial.

Este trabalho científico permitiu definir a adequabilidade para implementar unidades de aquicultura ao largo da costa continental portuguesa, para as espécies *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* e *Salmo salar*. A utilização da ferramenta SIG tem grande vantagem neste tipo de estudos, pela

eficácia transmitida na análise, devido à possibilidade de integração e correlação de uma ampla variedade de dados, e de informações geo-especialmente modeláveis. Este estudo poderá servir de base à determinação das zonas de exploração aquícola nas águas adjacentes ao continente, assim como contribuir para uma gestão integrada do espaço marítimo; tendo em conta que Portugal continental apresenta uma extensa costa, com condições geográficas e oceanográficas de elevada aptidão para implementação de unidades de aquicultura, possibilitando a exploração e a expansão desta actividade num futuro próximo.

Bibliografia

Aguado-Giménez, F. e García-García, B., 2004. Assessment of some chemical parameters in marine sediments exposed to *offshore* cage fish farming influence: a pilot study. *Aquaculture* 242: 283–296.

Anon, 1996. Report on the Welfare of Farmed Fish. Farm Animal Welfare Council, Surbiton.

Aquaculture Europe, 2007. Competing Claims addressing the competition that aquaculture faces at present, and on which its future development will depend. Summary Document of the Parallel Conference Sessions of Aquaculture Europe 2007. 26pp.

Bagni, M., Civitáreale, C., Priori, A., Ballerini, A., Finoia, M., Brambilla, G. e Marino, G., 2007. Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 263: 52–60.

Bernardino, F.N.V., 2000. Review of aquaculture development in Portugal. *Journal of Applied Ichthyology* 16: 196–199.

Bevan, D. J., Chandroo, K. P. e Moccia, R. D., 2002. Predator Control in Commercial Aquaculture in Canada. NO. 02-001. 4p.

Beveridge, M.C.M., 2004. Cage Aquaculture (3ª ed.). Blackwell Oxford. 368pp.

Blanquet, I., 1998. Robalo (*Dicentrarchus labrax*) Piscicultura do Rio Alto – Póvoa de Varzim. In Manual de Aquicultura (1ª ed.), editado por M.A. Henriques (Universidade do Porto), pp. 117-187.

CCE, Comissão das Comunidades Europeias, 2002. Comunicação da comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu. Estratégia de desenvolvimento sustentável da Aquicultura Europeia. Bruxelas. 28pp.

- Colbourne D. B.**, 2005. Another Perspective on Challenges in Open Ocean Aquaculture Development. *Journal of Oceanic Engineering* 1 (30): 4-11.
- Conte, F.S.**, 2004. Stress and the welfare of cultured fish. *Applied Animal Behaviour Science* 86: 205–223.
- Corner, R.A., Brooker, A.J., Telfer, T.C. e Ross, L.G.**, 2006. A fully integrated SIG-based model of particulate waste distribution from marine fish-cage sites. *Aquaculture* 258: 299-311.
- Christensen, I.**, 2000, Nets for *offshore* mariculture, Mediterranean *Offshore Mariculture*, CIHEAM, Serie B, Etudes et Recherches, Zarragoza, 30: 173-178.
- Crawford C.**, 2003. Environmental management of marine aquaculture in Tasmania, Australia. *Aquaculture* 226:129–138.
- Cromeey, C. J., Nickell, T. D. e Black, K. D.**, 2002. DEPOMOD—modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. *Aquaculture* 214: 211 –239.
- Declaração Universal dos Direitos dos Animais, 1978.** Proclamada pela UNESCO em sessão realizada em Bruxelas em 27 de Janeiro de 1978.
- DGPA, Direcção Geral das Pescas**, 2007. Plano Estratégico Nacional para a Pesca 2007-2013, MADRP. 83pp.
- DGPA, Direcção Geral das Pescas**, 2002. Guia da Aquicultura Marinha em Portugal, pp. 9-93.
- Diário da República n.º 163/2006.** Decreto Regulamentar, 237, Série I A (12-12-2006).
- Diário da República n.º 261/89.** Decreto-Lei 188, Série I (17-08-1989), 3332 – 3338.
- Diário da República n.º 278/87.** Decreto-Lei 153, Série I (07-07-1987), 2639 – 2646.
- Diniz, M.**, 1998. A aquicultura, in Manual de Aquicultura (1ª ed.), editado por M.A. Henriques (Universidade do Porto), pp. 13-15.
- Doglioli, A.M., Magaldi, M.G., Vezzulli, L. e Tucci, S.**, 2004. Development of a numerical model to study the dispersion of wastes coming from a marine fish farm in the Ligurian Sea (Western Mediterranean). *Aquaculture* 231: 215–235.
- FAO**, 2007. The State of World Fisheries and Aquaculture 2006. FAO Fisheries Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 143pp.

- FAO**, 2006a. FAN, FAO Aquaculture, Newsletter 35. 52pp.
- FAO**, 2006b. FAN, FAO Aquaculture, Newsletter 36. 55pp.
- FAWC, Farm Animal Welfare Council**, 1996. Report on the Welfare of Farmed Fish. FAWC 1996, Surbiton, Surrey.
- FEAP**, 2002. Code of Conduct. Federation of European Aquaculture Producers, October.
- Fischer, W., Bauchot, M. L. e Schneider, M.**, 1987. Fiches FAO D'Identification des Espèces pour les Besoins de la pêche (Révision 1). Méditerranée Et Mer Noire. Zone de Pêche 37. Volume II. Vertébrés. Publication préparée par la FAO, résultant d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés européennes (Projet GCP/INT/422/EEC) et financée conjointement par ces deux organisations 2: 761 – 1530. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- Frankic, A. e Hershner, C.**, 2003. Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. *Aquaculture International* 11: 517-530.
- Freitas, R.M.**, 2001. Aquicultura, aspectos sobre a sua produção, planificação e o caso de Cabo Verde. Relatório de Investigação 15, Curso de Biologia Marinha e Pescas, Instituto Superior de Engenharia e Ciências do Mar. 16pp.
- Gavine, F. e McKinnon, L.**, 2002. Environmental Monitoring of Marine Aquaculture in Victorian Coastal Waters: A Review of Appropriate Methods Final Report. Marine and Freshwater Resources Institute. *Natural Resources and Environment* 46. 57 pp.
- Gillibrand P. A., Turrell, W. R., Moore D. C. e Adams, R. D.**, 1996. Bottom Water Stagnation and Oxygen Depletion in a Scottish Sea Loch. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 43: 217–235.
- Gonçalves, J.F.M.**, 1998. Salmão Atlântico (*Salmo salar*) In Manual de Aquicultura (1ª ed.), editado por M.A. Henriques (Universidade do Porto), pp. 115-137.
- Hansen, P. K., Ervik, A., Schaanning, M., Johannessen, P., Aure, J., Jahnsen, T., Stigebrandt, A.**, 2001. Regulating the local environmental impact of intensive, marine fish farming II. The monitoring programme of the MOM system (Modelling–Ongrowing fish farms–Monitoring). *Aquaculture* 194:75–92.
- Hendry, K. e Cragg-Hine, D.**, 2000. Ecology of the Atlantic Salmon. Aquatic Pollution and Environmental

- Management. Ecology Series n.º 7, 36p.
- Henriques, M.A.R.**, 1998. Manual de Aquicultura (1ª ed.). Departamento de Produção Aquática. Instituto de ciências biomédicas, pp. 11-41.
- Huang C., Tang, H. e Liu, J.**, 2007. Modeling volume deformation in gravity-type cages with distributed bottom weights or a rigid tube-sinker. *Aquicultural Engineering* 37:144-157.
- Hunter, D.C., Telfer, T.C e Ross, L.G.**, 2006. Development of a SIG-based tool to assist planning of aquaculture developments. A report to the Scottish Aquaculture Research Forum. Institute of Aquaculture. University of Stirling, April 2006. 60pp.
- IPIMAR**, 1999. Uma perspectiva para o futuro 2000-2006. 25pp.
- Johansen, S.J.S. e Jobling, M.**, 1998. The influence of feeding regime on growth and slaughter traits of cage-reared Atlantic salmon. *Aquaculture International* 6: 1–17.
- Johansson, D., Juell J., Oppedal F., Stiansen J. e Ruohonen K.**, 2007. The influence of the pycnocline and cage resistance on current flow, oxygen flux and swimming behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in production cages. *Aquaculture* 265: 271-287.
- Johansson D., Ruohonen K., Kiessling A., Oppedal F., Stiansen J., Kelly M. e Juell J.**, 2006. Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site *Aquaculture* 254: 594–605.
- Kapetsky, J.M. e Aguilar-Manjarrez, J.**, 2007. Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture. *Fisheries and Aquaculture Department*, No. 458. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. 125pp.
- Kapetsky, J.M. e Aguilar-Manjarrez, J.**, 2004. Geographical Information Systems in aquaculture development and management from 1985 to 2002: an assessment. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. 13pp.
- Kapetsky, J.M. e Nath, S.S.**, 1997. A strategic assessment of the potential for freshwater fish farming in Latin America. *COPESCAL Technical Paper*. No 10, Food and Agriculture Organisation, Rome. 128 pp. (também disponível em <http://www.fao.org/>).

- Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K., e Plaiti W.**, 2000. Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *Journal of Marine Science*, 57: 1462–1471.
- Katranitsas, A., Castritsi-Catharios, J. e Persoone G.**, 2003. The effects of a copper-based antifouling paint on mortality and enzymatic activity of a non-target marine organism. *Marine Pollution Bulletin* 46: 1491-1494.
- Naylor, L.R., Goldburg, J.R., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. e Troell, M.**, 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017:1024
- Løland, G.**, 1993, Current forces on, and water flow through and around, floating fish farms. *Aquaculture International* 1: 72-89
- Malczewski J.**, 1999. SIG and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons, INC. New York. 392 pp.
- Martín, J. M.V., Tabraue R. J. H. e y Henríquez M. N. G.**, 2005. Evaluación de Impacto Ambiental de Acuicultura en Jaulas en Canarias. Oceanográfica, 110pp.
- Mente, E., Pierce, G.J., Begoña, M.S. e Neofitou, C.**, 2006. Effect of feed and feeding in the culture of salmonids on the marine aquatic environment: a synthesis for European aquaculture. *Aquaculture International* 14:499–522.
- Milewski, I.**, 2001. Impacts of Salmon Aquaculture on the Coastal Environment: A Review. p. 166-197. In Marine aquaculture and the environment: a meeting for stakeholders in the Northeast. Cape Cod Press, Falmouth, Massachusetts. 342p.
- Miranda, P.M.A, Valente, M.A, Tomé, A.R., Trigo, R., Coelho, M.F.E.S, Aguiar, A. E Azevedo, E.B.**, 2004. O clima de Portugal nos séculos XX e XXI. In: Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projecto SIAM.
- Moretti, A., Fernandez-Criado, M. P., Cittolin, G. e Guidastrì, R.**, 1999. Manual on Hatchery Production of Seabass and Gilthead Seabream. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 194 pp.
- Olivares, A.E.V.**, 2003. Design of a cage culture system for farming in Mexico. The United Nations University, Fisheries Training Programme. Final Project 2003.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C., Beveridge, M.C.M. e Ross, L.G.**, 2002a. Geographic Information Systems (SIG) as a Simple

- Tool to Aid Modelling of Particulate Waste Distribution at Marine Fish Cage Sites. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54:761-768.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C. e Ross, L.G.**, 2003b. On the calculation of wave climate for *offshore* cage culture site selection: a case study in Tenerife (Canary Islands). *Aquaculture Engineering* 29: 1-21.
- Pérez, O.M., Ross, L.G, Telfer, T.C., e del Campo Barquin, L.M.**, 2003c. Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands). *Aquaculture* 224: 51-68.
- Pillay, T.V.R.**, 1990. *Aquaculture Principles and Practices* (1^a ed) (FAO: Rome).
- Projecto de Lei Nº13.989/04.** Institui o Código Estadual de Protecção aos Animais, no âmbito do Estado da Baía.
- Quintero-Marmel, E.A.M.**, 1990. Use of Geographical Information Systems in Aquaculture Survey. Department of Aquaculture and Fisheries Management, University of Stirling, Scotland.
- Ross, L.G.**, 1998. The use of Geographical Information Systems in Aquaculture: A Review. Paper presented at I Congreso Nacional de Limnologia, Michoacan, Mexico. November 1998.
- Ross, L.G., Mendoza, E.A. e Beveridge, M.C.M.**, 1993. The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: an example based on salmonid cage culture. *Aquaculture* 112: 165–178.
- Shakouri, M.**, 2003. Impact of Cage Culture on Sediment Chemistry. A Case Study in Mjoifjordur. The United Nations University, Fisheries Training Programme. Final Project 2003.
- Santinha, P.J.M.**, 1998. Dourada (*Sparus aurata*), In *Manual de Aquicultura* (1^a ed.), editado por M.A. Henriques (Universidade do Porto), pp. 115-137.
- Tacon, A.G.J. e Forster, I. P.**, 2003. Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture* 226: 181–189.
- Troell, M., Rönnbäck, P., Halling, C., Kautsky, N. e Buschmann, A.**, 1988. Ecological engineering in aquaculture: use of seaweeds for removing nutrients from intensive maricultura. *Journal of Applied Phycology* 11: 89–97.
- Turnbull J., Bell A., Adams C., Bron J. e Huntingford F.**, 2005. Stocking density and welfare of cage farmed Atlantic salmon: application of a multivariate analysis. *Aquaculture* 243: 121– 132.

CAPÍTULO 3

**Aplicação da análise multi-critério geo-espacial para a
determinação da melhor localização para
implementar jaulas oceânicas.**

Aplicação da análise multi-critério geo-espacial para a determinação da melhor localização para implementar jaulas oceânicas.

Paula Castro^{1,2}, Miguel Pacheco², Luís Narciso^{1,3}

¹ Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Departamento de Biologia Animal, Campo Grande, 1746-016 Lisboa, Portugal.

² Instituto Hidrográfico, Rua das Trinas n.º49, 1249-093 Lisboa, Portugal.

³ Centro de Oceanografia, Laboratório Marítimo da Guia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa Avenida Nossa Senhora do Cabo n.º. 9739, 2750-374 Cascais. Portugal.

Abstract

The selection of an ideal sea spot is a key factor in any operation of aquaculture, affecting both the success and sustainability of the project. Moreover, appropriate locations may resolve possible conflicts of space and avoid undesirable impacts on the natural environment. This selection can be supported by GIS (Geographic Information Systems) which are increasingly being used in activities related to environmental planning, especially due to the advantage that this software presents in working with several layers of spatially related information.

The framework of analysis involves several stages that support the decision-making process and with which it presents information on various categories associated with the analytical procedures. In the construction of that analysis were identified criteria in order to decide the selection of an ideal area for implementation of marine cultures. A model was used to organize the criteria into sub-models, which include biophysical parameters, socio-economic, administrative and biotic. These were weighted according to the multi-channel analysis, and subsequently analyzed the results.

This article describe the methodology used to determine the best suited areas to implement units of offshore aquaculture in Portuguese continental area and that could be applied to any other geographical area with same conditions of Portuguese coast in biophysical, socio-economics and administrative. This determination was made using GIS, with multi-criteria geo-spatial analysis technique. The continental coast geographical conditions have a very high potential to develop aquaculture, with a wide coast to implementation of *offshore* culture.

The integration, handling and presentation of results through the GIS have proved an excellent tool used in the difficult decision-making process of selection a suitable area.

Key-words: Aquiculture, Portugal continental, Geographic Information Systems and multi-criteria analysis.

Resumo

A selecção de um local ideal de exploração, é um factor-chave para qualquer operação de aquicultura que afecta tanto o sucesso como a sustentabilidade desta actividade. Além disso, a identificação das melhores localizações evitam, logo à partida, possíveis conflitos de espaço e limitam indesejáveis impactos sobre o meio ambiente. Esta selecção pode ser realizada com recurso a SIG (sistemas de informação geográfica) que são cada vez mais uma ferramenta integral utilizada em actividades de planeamento ambiental, devido à vantagem que estas aplicações têm em trabalhar com diversas camadas de informação espacialmente relacionadas.

O quadro de análise envolve diversas fases que apoiam o processo de tomada de decisão e juntamente com o qual são apresentadas informações úteis sobre diversas categorias associadas aos procedimentos analíticos. Na construção desta análise foram identificados critérios considerados influentes na tomada de decisão de selecção de um local ideal para implementação de culturas marinhas. Foi utilizado um processo hierárquico para organizar os critérios em sub-modelos, que inclui parâmetros biofísicos, sócio-económicos, bióticos e administrativos. Estes foram ponderados segundo a técnica "*Pairwise Comparison*", tendo-se posteriormente analisado os resultados obtidos.

Este artigo descreve a metodologia seguida para aferir sobre a adequabilidade para implementar unidades de aquicultura *offshore* ao largo de Portugal continental e que poderá ser aplicada a qualquer outra área geográfica com condições biofísicas, sócio-económicas e administrativas idênticas às da nossa costa. Esta determinação foi realizada com recurso a SIG, segundo técnicas de análise multi-critério geo-espacial com carácter diferencial. Portugal, devido às características geográficas que possui tem um potencial muito elevado para desenvolver aquicultura *offshore*, dispondo de uma vasta costa propícia para implementação de culturas marinhas. Sendo a costa Algarvia muito adequada para implementar unidades de aquicultura.

A integração, manipulação e apresentação dos resultados por meio de SIG demonstrou ser uma excelente ferramenta utilizada no difícil processo de decisão de selecção de um local preferencial.

Palavras-chave: Aquicultura, Portugal continental, Sistemas de Informação Geográfica e Análise Multi-critério geo-espacial.

Introdução

Sistemas de Informação Geográfica

Os primeiros sistemas de informação geográfica (SIG) tiveram origem no Canadá e marcaram o início da automatização dos princípios geográficos a nível mundial na resolução de problemas espaciais. Os SIG destinam-se a capturar, armazenar, controlar, integrar, manipular, analisar e exibir dados relacionados com localizações sobre a superfície da terra e têm um papel cada vez mais importante na gestão e utilização dos recursos naturais devido à necessidade de comparação de um grande número de dados espacialmente relacionados (Burrough e McDonnell, 1998; Matos, 2001).

Embora o principal objectivo do uso da ferramenta SIG seja a aptidão de análise geo-espacial que possui, existe um objectivo subjacente, que passa por entender a objectividade do processo analítico e propor cenários diferentes para atingir resultados pretendidos. Com o auxílio de modelos lógicos e tecnologias, esta ferramenta permite a junção de numerosos, complexos e diversificados factores que irão ser considerados na tomada de decisão da selecção de um local preferencial (Ross, 1998; Pérez *et al.*, 2005; Silva, 2005).

O rápido desenvolvimento conceptual SIG, paralelo a um aumento maciço do poder computacional a baixo custo, resulta numa ferramenta abrangente de manipulação de dados a uma ampla gama de utilizadores em todo o mundo, tornando-se cada vez mais num alvo de interesse de diversas

organizações nacionais e internacionais (Ross, 1998; Sieber, 1998; Quintero-Marmel, 1990; Nath *et al.*, 2000). A ferramenta SIG possibilita assim a extracção de diferentes conjuntos de informações de dados, utilizando sistemas de referência projectados e geográficos (Aguilar - Manjarrez, 2001).

A análise multi-critério é uma técnica de decisão que possibilita (quando aplicada no âmbito dos SIG) a utilização e a combinação de dados geográficos e, ainda, a conjugação de diversas variantes, que podem ter influência positiva ou que podem funcionar como áreas de exclusão. Adoptar uma abordagem multi-critério, é aplicar um modelo de processamento que possibilite resolver o problema da decisão invocando expressamente vários critérios (Laaribi *et al.*, 1996; Morris e Jankowski, 2001; Bonetti, 2002; Malczewski, 2006; Rinner e Malczewski, 2002; Rinner e Heppleston, 2006).

Utilização em Aquicultura

Os SIG permitem avaliar a aptidão de localizações, investigar a adequação de espécies e de outras informações úteis para a gestão de aquicultores. Proporciona uma visualização integrada das diversas características do ambiente e, devido à capacidade de modelação que possuiu, permite gerar mapas de aptidão para diferentes actividades (adaptado de Pérez *et al.*, 2003c; Zertuche-González *et al.*, 2006; Kapetsky e Aguilar-Manjarrez, 2007).

Segundo Kapetsky e Aguilar-Manjarrez (2007), a ferramenta SIG deve ser usada em

projectos de aquicultura de forma simples, para que possa ser aplicada por utilizadores com conhecimento SIG não avançado; deve haver uma flexibilidade na análise, para se poder executar diferentes projectos; e, por fim, a modelação do processo deve ser explícita, pois os resultados devem ser os mais claros possíveis, para que se verifique facilmente quais as características que afectam a análise.

Existem algumas preocupações sobre o impacto das jaulas *offshore* no desenvolvimento de projectos de aquicultura tais como o impacto visual que advém das jaulas e o impacto associado à qualidade dos sedimentos e da água (Beveridge, 2004; Mente *et al.*, 2006). Portanto, é essencial uma pré-avaliação dos impactos nos locais preferenciais de selecção de unidades de aquicultura, no sentido em que situações ou zonas que possam ser alvo de impactos, sejam minimizadas ou excluídas da análise, para que projecto tenha o maior sucesso possível.

Casos de estudos SIG aplicados à Aquicultura

Diversos estudos são úteis na tomada de decisão relativamente à protecção do ambiente, à utilização sustentável dos recursos, ao planeamento nacional de actividades costeiras, à avaliação de questões de segurança alimentar e à repartição entre diferentes actividades económicas (Aguilar – Manjarrez, 2001; Hunter, 2006).

As primeiras aplicações SIG em aquicultura datam de finais dos anos 80 com os trabalhos de Kapetsky *et al.* (1988) e (1989) os quais mostraram o uso SIG na localização de áreas adequadas para aquicultura. Desde então casos de estudo em aquicultura, relativos a uma metodologia, a diversos parâmetros, a nível continental e nacional, com recurso à ferramenta SIG foram realizados por diversos autores (tabela 1). Estes estudos referem a utilização da análise multi-critério para estimar potenciais áreas de desenvolvimento da aquicultura (Nath *et al.*, 2000; Giap *et al.*, 2003) e demonstram uma grande extensão das funcionalidades SIG, quanto à selecção de um local.

Comparando os estudos constantes na referida tabela 1 com o estudo actual, este desenvolve uma análise metodológica descritiva que tem como objectivo principal planear e decidir a melhor localização para implementação de unidades de aquicultura, também com auxílio da ferramenta SIG. Ou seja, é um estudo que tem como fundamento a modelação do processo de análise multi-critério, recorrendo à aplicação *model builder* do sistema ArcGIS, o que constitui uma vantagem, pois a sua configuração pode ser facilmente ajustada para uma situação em particular. É também um estudo local, pelo facto de se considerarem os parâmetros decisivos para a biofísica da nossa costa, mas que poderá ser alargado para diversas partes do mundo, adaptando os critérios e respectiva valorização de acordo com as especificidades locais.

A nível Continental	Meaden e Kapetsky (1991).	O objectivo do estudo foi manter o equilíbrio entre a tecnologia e a aplicação SIG no desenvolvimento de um planeamento estratégico para a aquicultura marinha, ao longo da costa Sudeste do Alasca.
	Kapetsky (1994).	Confirmação do potencial SIG na aquicultura relativamente ao problema da segurança alimentar, em África.
	Kapetsky e Nath (1997).	Integração de modelos de bio-energia na aquicultura, avaliando o potencial SIG, na América Latina. Este estudo foi melhorado um ano mais tarde por Aguilar - Manjarrez e Nath (1998) mas em África.
	Gifford <i>et al.</i> (2006).	Delimitação de duas áreas na Flórida para implementar jaulas offshore com recurso a SIG.
A nível Nacional	Aguilar – Manjarrez e Ross (1995).	Uso dos SIG para definir áreas de aquicultura no Estado da Sinaloa, no México.
	Salam <i>et al.</i> (2003).	Identificação e quantificação de locais adequados para o desenvolvimento da aquicultura em águas salobras, utilizando SIG, no Sudoeste de Bangladesh.
Baseados numa Metodologia	Nath <i>et al.</i> (2000).	Estudo da aquicultura, apontando definições e limitações, usando SIG, com o apoio à decisão.
	Pérez <i>et al.</i> (2005).	Expandiram o estudo anteriormente citado mas relativo a 31 culturas de jaulas flutuantes; o objectivo foi desenvolver uma metodologia padronizada para a selecção de locais preferenciais, na ilha de Tenerife.
	Pemsl <i>et al.</i> (2006).	Estudo do potencial da aquicultura em Bangladesh; citando quatro fases de metodologia aplicada à decisão, utilizando SIG.
<u>Estes autores sugerem vários critérios para o desenvolvimento da aquicultura usando um SIG:</u>		
Dependendo de Parâmetros	Aguilar – Manjarrez (2001).	(1) Características biofísicas: qualidade da água (temperatura, oxigénio dissolvido, salinidade, turbidez e poluição); quantidade de água (volume de água, variações sazonais e perfis sazonais); tipo de solo (declive, adequação estrutural, retenção de água, capacidade e natureza química) e clima (pluviosidade, temperatura do ar, velocidade do vento e humidade). (2) Características sócio-económicas: regulamentos administrativos; a concorrência de recursos costeiros (saída dos produtos da pesca e acessibilidade aos mercados); e infra-estrutura de apoio.
	Pérez <i>et al.</i> (2002).	(1) Requisitos da qualidade da água (temperatura, sólidos em suspensão e descarga de esgotos); (2) parâmetros físicos do ambiente (ondas, correntes e batimetria); (3) infra-estruturas de apoio à indústria (estradas, aeroportos, portos); (4) outras utilizações das zonas costeiras (turismo, pesca e desportos náuticos).

Tabela 1: Casos de estudos em aquicultura.

Estes autores sugerem vários critérios para o desenvolvimento da aquicultura usando um SIG:

Dependendo de Parâmetros	Autores	Crterios
	Pérez <i>et al.</i> (2003a).	(1) A qualidade da água (temperatura, sólidos em suspensão e descarga); (2) ambiente marinho (ondas, correntes e batimetria); (3) infra-estruturas de apoio à indústria (estradas, aeroportos, portos); (4) outras utilizações das zonas costeiras (pesca).
	Pavasoviae (2004).	Temperatura na superfície de Inverno e de Verão; batimetria; vaga altura; velocidade actual; distância das áreas turísticas e salinidade.
	Builtrago (2005).	(1) Intrínseco ao meio ambiente (temperatura, batimetria, matérias sólidas, salinidade, parasitas, concorrência e produtividade primária); (2) extrínseco ao meio ambiente (predadores, correntes, marés vermelhas, características do solo, poluição e fluxo de saída para a indústria); (3) logística (existência de conflitos, acessibilidade e segurança dos serviços, e avaliação); socio-económicos (ricos, organização com unitária e tradições alimentares).
	Hunter <i>et al.</i> (2006).	(1) Biodiversidade: incubadoras; áreas protegidas; espécies sensíveis na aquicultura; espécies à beira da extinção; (2) intrínseco ao ambiente: correntes e batimetria; (3) resíduos e dispersão na jaula: processos hidrológicos.
	Hossain <i>et al.</i> (2007).	(1) A qualidade da água (temperatura, salinidade, pH, oxigénio dissolvido e transparência da água); (2) a qualidade do solo (pH, salinidade, composição orgânica do solo e textura); (3) topografia (declive, elevação e uso da terra); (4) infra-estruturas; (5) factores socio-económicos (mercados e densidade populacional).
	Kapetsky e Aguilar-Manjarrez (2007).	Temperatura da superfície da água, correntes, upwelling, vento e agitação marítima.

Tabela 1: (cont.)

Fluxograma de Análise

Neste estudo foi construído um fluxograma (figura 1) que retrata as questões relevantes na tomada de decisão segundo o modelo aplicado por Nath *et al.* (2000).

Fase (1) A tomada de decisão deve ser feita por diversos especialistas e analistas da área científica, pois os resultados da escolha de um local ideal são susceptíveis de terem diferentes interpretações por parte dos peritos, o que irá influenciar a sequência de realização de todas as actividades (Giap *et al.*, 2003; Pérez *et al.*, 2003a).

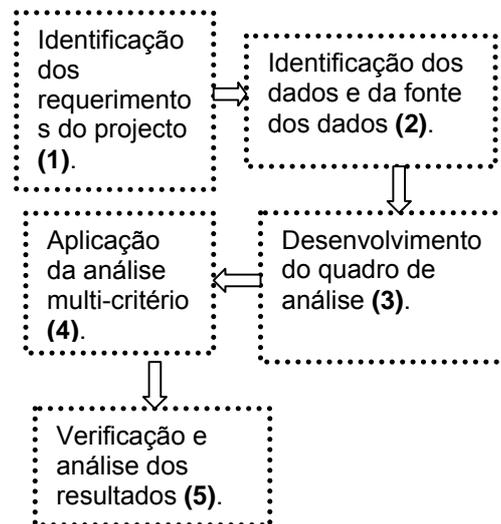


Figura 1: Fluxograma do método de análise espacial.

Após o estudo da área estar realizado, é necessário verificar todas as limitações

existentes que podem levar tempo e ter diversos custos financeiros. A principal questão é conseguir definir as metas do projecto, esclarecer as funcionalidades da ferramenta SIG e desenvolver uma listagem de todos os requisitos (Nath *et al.*, 2000).

Fase (2) A fonte dos dados pode ser primária (campo, satélite) ou poderá ser secundária (bases referenciais e/ou bases de texto integral, como por exemplo relatórios). É necessário verificar a qualidade da fonte dos dados e construir uma base de dados. Tem de se ter em conta quais os dados que são realmente necessários para modelar o projecto, observando a relação de custo/eficácia (adaptado de Ross, 1998; Nath *et al.*, 2000; Aguilar – Manjarrez, 2001; Church, 2002; Pavasoviae, 2004; Builtrago *et al.*, 2005).

Fase (3) Um modelo probabilístico poderá ser usado para ao invés de se determinar quais as áreas marinhas que são adequadas ou inadequadas para aquicultura, optar-se por avaliar quais serão as áreas onde haverá maior probabilidade de sucesso para implementar unidades de aquicultura (Vianna, 2007). Esta fase passa por 3 etapas, como sejam: **(a) Classificação**: é essencial em qualquer processo de redução de dados. A escolha entre os métodos de classificação é dependente do tipo de dados e da finalidade do produto de informação (Kapetsky e Aguilar - Manjarrez, 2007; Kapetsky e Nath, 1997). Embora qualquer classificação tenda a perder informação, um bom sistema não só visa minimizar esta perda como identifica os grupos naturais que têm propriedades

comuns, fornecendo uma forma fácil de visualização, de manipulação e de transferência de informação (Burrough e McDonnell, 1998). Classificar permite, assim, a normalização de todas as camadas de dados (dados primários) e é um pré – requisito para uma ponderada modelação, podendo eliminar-se algumas partes da área de estudo que são totalmente inadequadas para a realização do projecto (adaptado de Aguilar – Manjarrez e Ross, 1995; Pavasoviae, 2004; Malczewski, 2006). Devem ser tomados diversos cuidados para se preservar o adequado nível de pormenor, necessário para o bom senso decisório aplicado nas fases posteriores (Burrough e McDonnell, 1998). **(b) Reclassificação**: normalizar as unidades e as ordens de grandeza de todos os dados. Segundo a FAO (1976), Kapetsky (1994), Aguilar-Manjarrez e Ross (1995) e Pérez *et al.* (2005) para cada factor existe uma reclassificação em diversas escalas de adequabilidade. **(c) Ponderação**: nesta operação os diferentes critérios sob a forma de factores e constrangimentos não têm a mesma relevância, pelo que a cada critério é atribuído um peso, que expressa a importância de cada parâmetro em relação aos outros, ou seja, combina pesos e pontuações entre cada uma das camadas utilizadas (adaptado de Aguilar – Manjarrez e Ross, 1995; Pérez *et al.*, 2003a; Salam *et al.*, 2003; Pavasoviae, 2004; Salam *et al.*, 2005; Malczewski, 2006).

Fase (4) A análise multi-critério avalia os critérios e a decisão dos pesos a serem

atribuídos a cada critério e foi desenvolvida de acordo com Saaty (1977) in Malczewski (1999).

Na prática, a representação do mundo real em ambiente digital SIG, frequentemente envolve a utilização e posterior transformação de um grande número de variáveis, o que pode resultar numa análise bastante complexa. Quando o número de camadas excede cerca de 10 existe um grau de complexidade elevada que resulta na necessidade de se desenvolver um sistema hierárquico de modelação (AHP), que consiste em dividir os critérios em sub-modelos - dados secundários - (adaptado de Aguilar – Manjarrez e Ross, 1995; Ross, 1998; Nath *et al.*, 2000; Laskar, 2003; Hossain *et al.*, 2007). Por mais que o número de sub-modelos varie de acordo com o objectivo do estudo, a abordagem global permanece a mesma (Salam *et al.*, 2003). A interacção entre os diversos parâmetros pode ser modulada pelo SIG, através do sistema de apoio à decisão (*decision support systems* - DSS) que influencia e suporta a decisão de implementação de unidades de aquicultura (adaptado de Aguilar-Manjarrez e Ross, 1995; Nath *et al.*, 2000; Hunter *et al.*, 2006).

As técnicas de interpolação são utilizadas para se estimar valores desconhecidos a partir de valores vizinhos, ou seja, são usadas em situações em que se quer converter amostras discretas em grandes áreas de cobertura (campos contínuos) (Nath *et al.*, 2000).

Fase (5) Esta fase é essencial no controle da qualidade da fonte dos dados e no teste dos modelos finais (Ross, 1998). Para que esta fase esteja concluída, é necessário a geração dos produtos de saída, exibidos em mapa digital, impressos em papel e ainda em tabelas e/ou gráficos (Aguilar - Manjarrez, 2001). Na fase final de um projecto SIG, os resultados gerados são avaliados conjuntamente por toda a equipa envolvente, numa análise sintética das principais conclusões e numa análise mais aprofundada das componentes individuais. Verificados os pressupostos adjacentes e as respectivas limitações, efectua-se uma avaliação do grau de eficiência de cada um dos requisitos iniciais, para se comprovar se foram ou não cumpridos (Nath *et al.*, 2000) e se concluir assim pelo sucesso do projecto. Diversos autores enunciam uma série de fontes de erros, apontados quando o resultado do projecto não é esperado, tais como: imprecisão dos dados, tipo de factores seleccionados, variabilidade temporal e espacial, abordagem analítica adoptada e restrições do modelo espacial utilizado (Pérez *et al.*, 2005). Neste caso, será necessário voltar-se atrás na análise e, uma vez verificado qual o erro em causa, corrigir o processo e aplicar novamente a análise multi-critério.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

A área de estudo deste projecto é Portugal continental, situado no extremo SW da Europa e, designadamente, na Costa

Ocidental da Península Ibérica, sendo limitado pelos paralelos 42°09'N e 36°56'N e pelos meridianos 9°30'W e 6°11'W.

Identificação das Variáveis

Todos os critérios identificados a seguir devem estar dentro de intervalos que promovem o crescimento das espécies cultivadas e são os considerados influentes para a tomada de decisão; sendo que a costa portuguesa se encontra dentro dos

limites de temperatura aconselhados para a cultura de espécies aquícolas.

A selecção dos critérios neste estudo foi feita com uma extensa análise de estudos relevantes e com um levantamento de opiniões de especialistas. A listagem dos parâmetros que entram na análise multi-critério encontra-se na tabela 2 e os parâmetros que, embora identificados, não entraram na análise multi-critério por não terem uma representação geo-espacial, encontram-se no anexo 3.

Critérios	Interpretação do Critério	Como Afecta	Fonte
Biofísicos Agitação Marítima HMO (altura significativa média) HMOM (altura significativa máxima); T02 (período)	HMO tem influência no desgaste das jaulas, com maior intensidade na parte superior. Aumento dos esforços natatórios (zona limitada). O T02 causa fadiga estrutural nas jaulas; reflecte-se no diâmetro que a jaula deve ter e na capacidade de flutuação. Quanto menor o período, mais reforçados terão de ser os flutuadores e mais fortes os pontos de reforço.	HMO: As zonas de sombra são zonas melhores para efeito de operação. Ou seja, zonas mais abrigadas têm HMO menor. HMO é sempre superior a 1.5m no Norte de Portugal, excepto nos meses de Junho a Agosto, e na costa Sul, só é superior a 1m no mês de Dezembro (anexo 5). Logo, as operações na jaula são mais facilmente realizáveis em zonas com HMO menor – costa Sul. HMOM Efeito na estrutura - quanto menor HMOM, menor o efeito sentido na jaula. Consequências na subida e na descida da jaula, resultando em elevado impacto. T02: Quanto mais longo for o período, menor efeito existe aplicado à jaula. Quando o período é muito curto, a jaula ainda não recuperou e já é obrigada a sofrer novamente o efeito da rápida ondulação.	Pérez <i>et al.</i> (2003b); Colbourne (2005); Pérez <i>et al.</i> (2005); Kapetsky e Aguilar – Manjarrez (2007).
Temperatura da água	Varia horizontalmente com a latitude e longitude e verticalmente com a profundidade. Áreas com temperaturas óptimas reforçam o crescimento e diminuem os custos de produção.	Crescimento dos peixes; induz stress; afecta a alimentação e a reprodução; viabilidade económica de um empreendimento comercial.	Pérez <i>et al.</i> (2003c); Pérez <i>et al.</i> (2005).

Tabela 2: Identificação dos parâmetros influentes na tomada de decisão que entram na análise multi-critério para avaliar o potencial da aquicultura.

Critérios	Interpretação do Critério	Como Afecta	Fonte
Biofísicos			
Profundidade	Condiciona a dimensão da estrutura, das amarrações e consequentemente do sistema de fundeamento.	Há diminuição do oxigénio dissolvido e da temperatura da água. Conjunto de 3 situações: (a) efeito da maré – amplitude da maré na costa portuguesa, é de 4m; (b) agitação marítima - valor máximo da altura significativa máxima da onda dos últimos 20 anos; (c) dimensão da jaula: valor base de altura de 20m.	Pérez <i>et al.</i> (2003c); Pérez <i>et al.</i> (2005); Hunter <i>et al.</i> (2006).
Sedimentos	Poderá ser sob a forma de rocha, cascalho, areia e lodo.	Influencia a eficácia do fundeamento da estrutura.	Instituto Hidrográfico (2005a); Aguado-Giménez <i>et al.</i> (2007).
Sócio-Económicos			
Distância aos portos	Portos existentes ao longo da costa com pessoal especializado, são os que suportam todas as actividades implícitas numa cultura.	As jaulas não deverão estar a mais de 20-40 minutos do porto mais próximo (influencia a rentabilidade da operação).	IPIMAR
Aeroporto	São os aeroportos de Porto, Lisboa e Faro.	Se o comércio for para fins de exportação, é necessário ter em conta a proximidade dos aeroportos e da rede rodoviária principal.	IGEO
Rede Rodoviária Principal	Auto-estradas e Itinerários Principais em Portugal.	Capacidade de distribuição interna.	Carta Itinerária de Portugal (IGEOE).
Zonas de esforço de pesca	Zonas onde os pescadores exercem maior actividade pesqueira.	Razão da área de jurisdição marítima por capitania, pelo n.º de embarcações (até às 3milhas) de cada porto.	Direcção Geral das Pescas e Instituto Hidrográfico (2005a).
Administrativos			
Canais de Navegação	Rota de passagem obrigatória da maior parte do tráfego marítimo.	Tem de ser uma zona excluída da análise, pois as jaulas poderiam por em causa, a segurança da navegação.	Instituto Hidrográfico
Zonas de Exclusão	Zonas excluídas da análise. São os cabos submarinos (cabos de comunicação), as áreas marinhas protegidas, os fundeadouros de navios, as áreas concessionadas para fins de aquicultura, para a conversão da energia das ondas e, ainda, para as operações de scooping.	Não se poderão colocar quaisquer jaulas, nestas áreas.	Instituto Hidrográfico e ICN.
Bio-políticos			
Hatcheries	Local onde se produzem juvenis, para reprodução e crescimento.	Essencial para o início da cadeia produtiva.	DGPA (2002).

Tabela 2 (cont.)

Deverá haver uma distinção entre a costa Oeste e a costa Sul relativamente à profundidade a que uma jaula deverá ser colocada para resistir a condições ambientais adversas. Em toda a zona Norte de Portugal (de Viana do Castelo a Cascais), HMOM (altura significativa máxima) é sempre superior a 5m, excepto nos meses de Maio a Setembro, enquanto que na costa Sul só é superior a 4m no mês de Dezembro. Logo, para ambas as zonas deve-se ter em conta o parâmetro de agitação marítima (tabela 2 “como afecta”) que se reflecte particularmente na folga que os cabos de fundeamento deverão ter. À partida os cabos deverão ter uma folga de 4m devido ao efeito da maré em Portugal continental; quanto à costa Oeste (figura 2 A), deverá ter mais 16m

- 8m devido ao efeito sentido pela crista da onda e 8m devido ao efeito sentido pela cava da onda (anexo 6), o que dá 20m de comprimento pelo menos; somando os 20m de altura de uma jaula *standard*, dá um total de 40m. Para a costa Sul (figura 2 B), deverá ter mais 6m devido ao efeito sentido pela crista da onda e mais 6m devido ao efeito sentido pela cava da onda (anexo 6), o que dá 16m de comprimento pelo menos; somando os 20m de altura de uma jaula *standard*, dá um total de 36m. Logo, as jaulas na costa Oeste só poderão ser implementadas a pelo menos 40m de profundidade e na costa Sul a pelo menos 36m de profundidade para conseguirem suportar as piores condições ambientais, observadas nos últimos 20 anos.

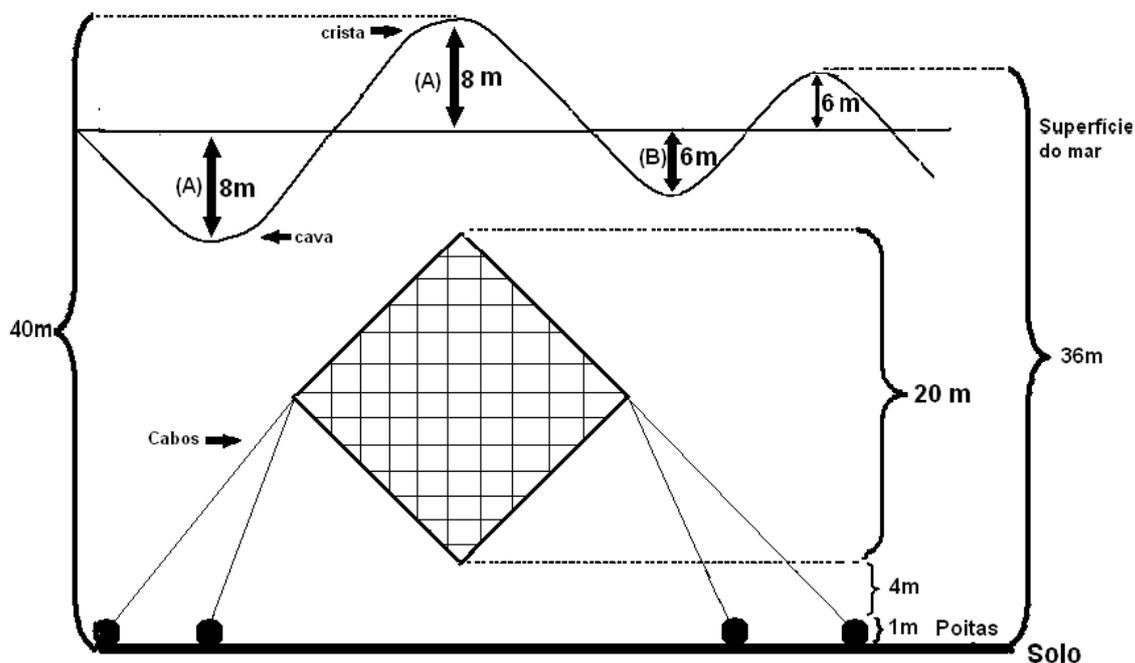


Figura 2: Profundidade mínima necessária de uma jaula *offshore*, para as condições da costa portuguesa.

Geração dos dados

Com auxílio do programa ArcGIS 9.2, os dados foram compilados numa *Personal*

Geodatabase e processados pela ferramenta *Spatial Analyst*, a partir da qual foram geradas matrizes de células de 200*200m de

resolução (dimensão considerada adequada para uma “quinta” de aquicultura), no formato GRID. O sistema de coordenadas usado foi WGS 84, projecção UTM Zona 29N, pois é um sistema de coordenadas projectadas numa projecção que cobre Portugal continental de Norte a Sul e cuja interpretação dos cálculos, se torna mais simples.

O modelo estrutural de selecção dos melhores locais de implementação de unidades de aquicultura foi construído com base em estruturas hierárquicas e representa os critérios que são considerados na análise multi-critério (figura 3).

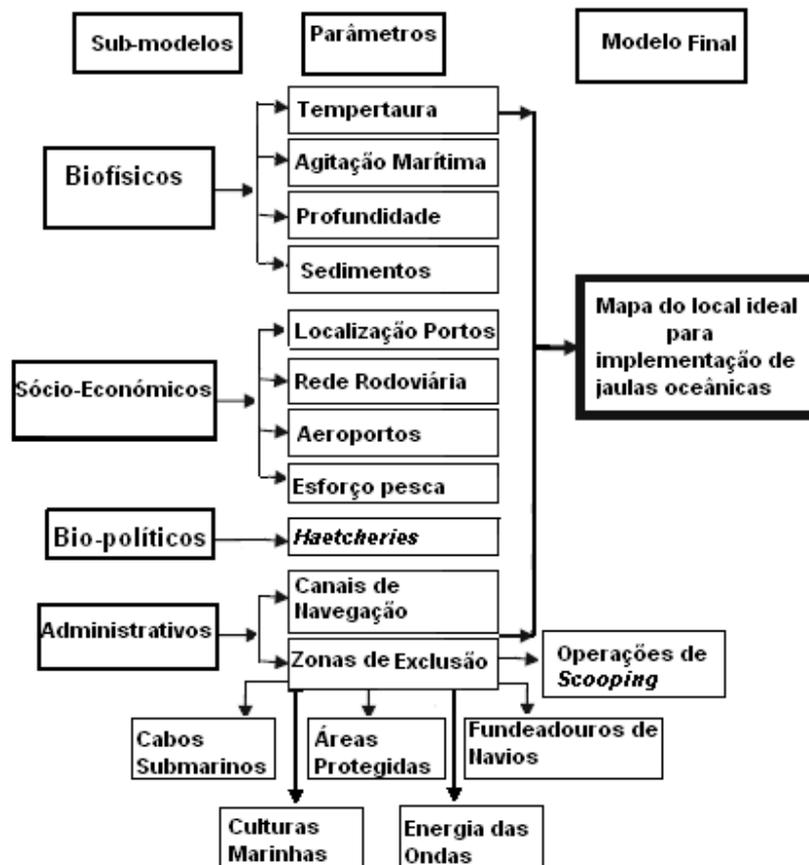


Figura 3: Diagrama do modelo final, baseado na estrutura hierárquica de Pérez *et al.* (2003a) e Hossain *et al.* (2007).

O nível inicial da hierarquia representa o objectivo principal da análise multi-critério e refere o processo de tomada de decisão. O nível intermédio enumera os sub-modelos relevantes para a avaliação do projecto, que serão comparados entre si, para se atingir o modelo final que traduz um mapa com as

melhores localizações para implementação de unidades de aquicultura *offshore*.

Fonte dos Dados

A cada parâmetro corresponde determinado conjunto de dados, que foram processados e analisados no SIG ArcGIS 9.2. A forma como os dados foram adquiridos, o número do

anexo e a respectiva fonte encontra-se compilada na tabela 3.

Parâmetros	Aquisição / Tipo de dados	Número do Anexo	Fonte
Parâmetros não usados em ArcGIS	Texto	3	-
Biofísicos			
Temperatura	Tabela	4	I.H.
Profundidade	Tabela	5	I.H.
Agitação Marítima (onda dos 20 anos)	Shapefile	6	I.H.
Sedimentos	Shapefile	7	I.H.
Socio-económicos			
Localização dos Portos	Tabela	8	I.H.
Rede Rodoviária	DGN	9	IGE OE
Aeroportos	IGEO	10	I.H.
Esforço de Pesca	Shapefile e TXT	11	I.H.
Bio-políticos			
<i>Hatcheries</i>	Texto	12	DGPA
Administrativos			
Canais de Navegação	Shapefile	-	I.H.
Cabos Submarinos	Shapefile	-	I.H.
Áreas Marinhas Protegidas	Shapefile	13	ICN
Fundeadouros de Navios	Map Source	-	I.H.
Projecto Culturas Marinhas	TXT	14	I.H. e IPIMAR
Energia das Ondas	TXT	15	I.H.
Áreas de Operações de <i>Scooping</i>	TXT	16	I.H.
Ponderação	XLS	17	Malczewski (1999)
Aplicação <i>Model Builder</i>	SIG	18	-

Tabela 3: Aquisição dos dados, número do anexo e respectiva fonte.

Processamento dos dados

O primeiro passo da análise foi construir a máscara (tabela 4) que inclui os parâmetros sedimento tipo rocha, profundidade, cabos submarinos, áreas marinhas protegidas, fundeadouros de navios, projectos de culturas marinhas, áreas concessionadas para energia das ondas e para operações de *scooping* (inadequadas para a implementação de estruturas) que são a

base do projecto (figura 4). Esta máscara distingue os locais onde não se podem colocar quaisquer estruturas de aquicultura dos restantes, moldando o espaço disponível para aplicação da análise multi-critério diferenciada.

Os outros critérios foram trabalhados, individualmente, sobre esta máscara; e a compilação da informação destes, relativamente à ferramenta de análise e à sua explicação, encontra-se na tabela 5.

Critério	Ferramenta	Explicação
Máscara		
Profundidade	Spatial Analyst; Erase	Condição de fronteira, batimétrica -36m e -100m (jaulas podem ser implementadas até aos 70m de profundidade no máximo).
Sedimento tipo rocha	Merge; Erase.	Dificuldade em fundear em zonas de rocha.
Canais de Navegação	Erase.	Conflito com o tráfego marítimo à entrada e à saída dos portos.

Tabela 4: Parâmetros utilizados para a construção da máscara de análise para avaliar o potencial da aquicultura.

Critério	Ferramenta	Explicação
Máscara		
<u>Zonas de Exclusão</u>		
Cabos Submarinos	Buffer de 0,5nM; Erase.	Evitar danificar cabos de comunicação existentes.
Áreas Marinhas Protegidas	Erase.	Não deverão ser implementadas quaisquer infra-estruturas, pois poderá afectar a garantia de protecção das áreas.
Fundeadouros de Navios	Buffer de 2 nM; Erase.	Margem de segurança necessária para que não haja sobreposição com o fundeamento de navios. A buffer de 2nM reflecte a necessidade de, no futuro, se analisar a instalação de uma infra-estrutura relativamente à rota que o navio segue para chegar ao fundeadouro.
Culturas Marinhas	Buffer de 1 nM; Erase.	Necessidade de margem, para que não haja nenhuma sobreposição com culturas marinhas já existentes, ou projectos em curso.
Energia das Ondas	Buffer de 1 nM; Erase.	Exclusão para prevenir a colisão com a operacionalidade da energia das ondas.
Áreas de operações de Scooping	Buffer de 1nM; Erase.	Salvaguardar a sobreposição com locais de scooping.

Tabela 4 (cont.)

Critério	Ferramenta	Explicação
Biofísicos		
Temperatura	Interpolação IDW.	Aproxima o resultado de uma sucessão de cerca de 5 pontos, onde diz que o ponto mais próximo a um ponto, é o mais semelhante a ele.
Agitação marítima HMOM	Interpolação IDW.	Aproxima o resultado de uma sucessão de cerca de 5 pontos, onde diz que o ponto mais próximo a um ponto, é o mais semelhante a ele.
HMO	Hillshade.	Modelo Digital de Terreno. Criação de zonas de sombra relativamente à direcção de agitação marítima predominante.
T02	Interpolação IDW.	Transforma amostras discretas num campo contínuo de acordo com o pressuposto de que os locais mais próximos das amostras terão valores mais parecidos.
Profundidade	Merge.	Compila as linhas batimétricas de -10, -20, -50 e -100m de profundidade.
Sedimentos	Póligono to Raster.	A shapefile dos sedimentos é um póligono (separação discreta da areia, cascalho e lodo) e transformou-se para raster (camada contínua, dividida segundo um a malha).
Sócio-Económicos		
Portos	Análise de distância.	Verifica qual a distância dos portos ao máximo da análise.
Aeroportos	Análise de distância.	Verifica qual a distância dos aeroportos aos portos.
Rede Rodoviária Principal	Seleção por localização.	Verifica qual a distância dos portos às Auto-estradas e Itinerários Principais.
Esforço de Pesca	Póligono para Raster.	Verifica qual a área de esforço de pesca de cada capitania, segundo o nº de embarcações e a área de jurisdição destas.
Bio-políticos		
<u>Hatcheries</u>	Análise de distância.	Verifica qual a distância das hatcheries aos portos.

Tabela 5: Ferramentas de análise usadas na extensão *Spatial Analyst* e a respectiva explicação para cada parâmetro.

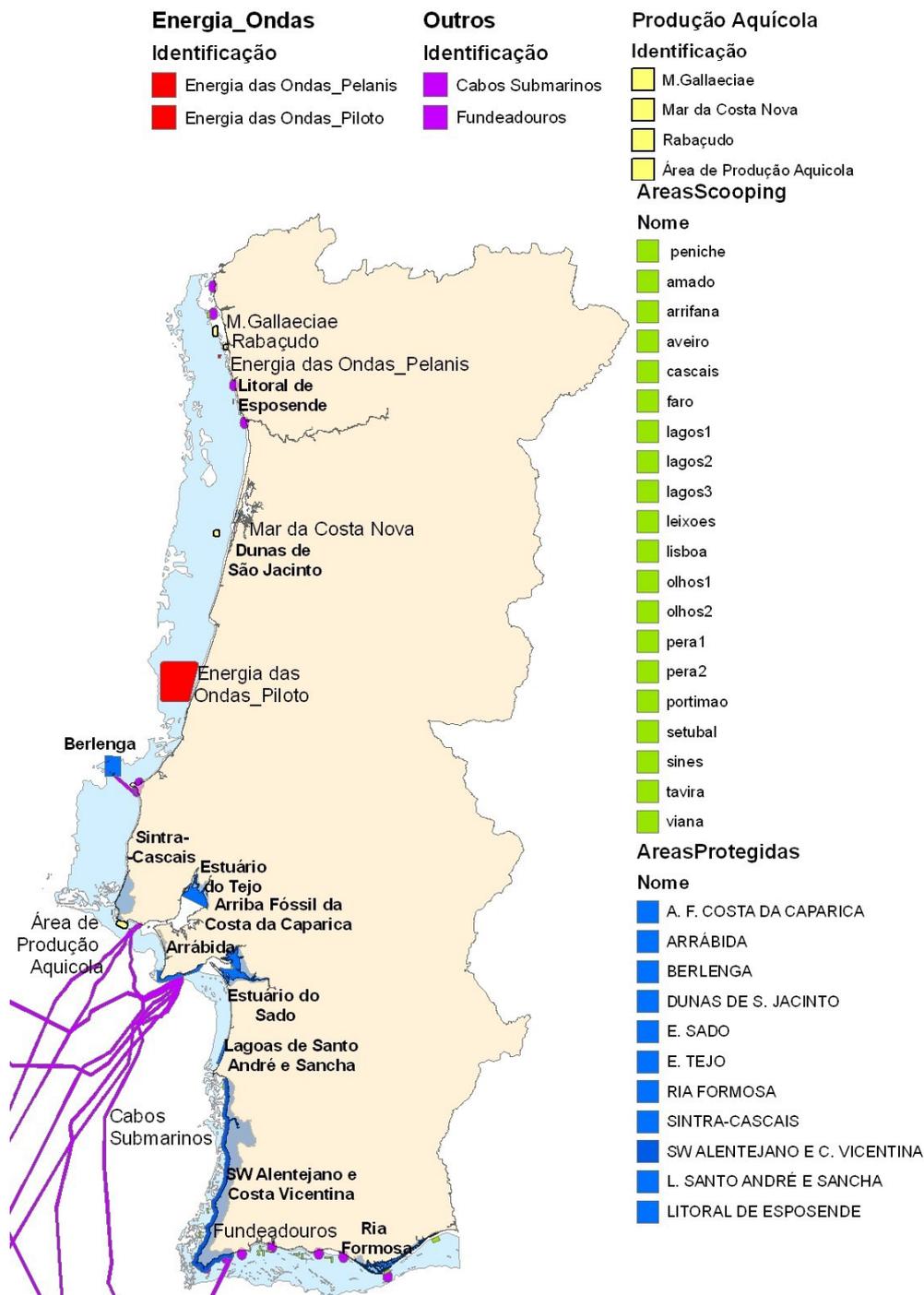


Figura 4: Máscara de análise utilizada para avaliar o potencial de implementação de unidades de aquicultura. Inclui as áreas marinhas protegidas, os cabos submarinos, e os fundeadouros de navios.

Aplicação da Análise Multi-Critério

A classificação de todos os parâmetros que entram na análise multi-critério (tabela 6)

estão divididos em intervalos e condições de bom (adequado), médio (moderadamente adequado) e mau (não adequado) que são a base para a decisão de quais as melhores

áreas para implementação de unidades de aquicultura. Adequadas classificações podem ser estabelecidos de acordo com a classificação da FAO (1976), bem como segundo metodologias semelhantes utilizadas com sucesso em projectos de

aquicultura. O estudo da reclassificação (tabela 6) é feito segundo classes de atributos associados a um intervalo entre 0 (pior) a 10 (melhor). É utilizada para avaliar o potencial de implementação de unidades de aquicultura (adaptado de Nath *et al.*, 2000).

Adequabilidade	Classes		
Parâmetros	Bom	Médio	Baixo
Biofísicos			
Temperatura (°C)	12 - 25	15 - 17	<12 ou >25
Agitação Marítima			
HMOM (m)	< 0.5	1 - 2	≥ 2.5
HMO (m)	Costa Sul	Sul Costa Oeste	Norte Costa Oeste
T02 (s)	> 6	6 - 4	> 4
Profundidade (m)	Cost Oeste	60 - 70	< 40 or > 70
	Costa Sul	50 - 70	< 36 or > 70
Sedimentos	Areia	Cascalho e Lodo	Rocha
Socio-económicos			
Portos (nM)	≤ 5	5 - 10	> 10
Rede Rodoviária (Km)	Estar à distância dos portos ≤ 2	Estar à distância dos portos 2-5	Estar à distância dos portos > 5
Aeroportos (Km)	Estar à distância dos portos ≤ 25	Estar à distância dos portos 25-50	Estar à distância dos portos ≥ 50
Esforço de Pesca (nM)	< 20.000	20.000 - 15.000	> 15.000
Bio-políticos			
Hatcheries (km)	≤ 10	10 - 40	> 40

Tabela 6: Classificação dos parâmetros utilizados na análise multi-critério para avaliar o potencial da aquicultura.

Segundo Malczewski (1999), essencialmente quatro métodos poderão ser usados na ponderação a dar aos parâmetros escolhidos para se decidir sobre as localizações preferenciais. Neste artigo o método escolhido como o mais apropriado, por ser

muito confiável, é o “*Pairwise Comparison Method*” (Malczewski, 1999). Este método é realizado em 4 passos (anexo 17) e após a execução de todas as operações chega-se a uma ponderação final (tabela 7), utilizada na análise multi-critério.

Parâmetros	Reclassificação		Ponderação (%)
	Intervalos	Pontuação	
Biofísicos			
Temperatura (°C)	< 12 e/ou > 25	0	12.71
	12 - 25	10	
Profundidade (m)			20.72
Costa Oeste	< 40 or > 70	0	
	40 - 70	10	
Costa Sul	< 36 or > 70	0	
	36 - 70	10	

Tabela 7: Reclassificação e Ponderação dos parâmetros utilizados na análise multi-critério para avaliar o potencial da aquicultura.

Parâmetros	Reclassificação		Ponderação (%)
	Intervalos	Pontuação	
<i>Biofísicos</i>			
Agitação Marítima HMOM (m)	2.5 - 5	1	21.56
	2 - 2.5	2	
	1.65 - 2	3	
	1.2 - 1.65	5	
	0.5 - 1.2	8	
	0 - 0.5	10	
HMO (m)	Costa Oeste	1	11.32
	Costa Sul	10	
T02 (S)	1 - 3	1	12.91
	3 - 4	3	
	4 - 5	6	
	5 - 6	7	
	6 - 7.5	8	
	7.5 - 20	10	
Sedimentos	Lodo	4	5.19
	Cacalho	7	
	Areia	10	
<i>Socio economicos</i>			
Portos (nM)	>10	1	5.70
	10 to 7	3	
	7 to 5	7	
	< 5	10	
Rede Rodoviária (Km)	> 5	1	2.77
	2 - 5	5	
	≤ 2	10	
Aeroportos (Km)	> 50	1	1.41
	25 - 50	5	
	≤ 25	10	
Esforço de Pesca (Área Jurisdicção / nº. embarcações)	2182 - 8403.6	1	3.88
	8403.6 - 14625	2	
	14625 - 20846.8	5	
	20846.8 - 27068.4	8	
	27068.4 - 33290	10	
<i>Bio-políticos</i>			
<i>Hatcheries</i> (Km)	≥ 40	1	1.82
	10 - 40	5	
	< 10	10	

Tabela 7 (cont.)

O processo de determinação dos pesos a atribuir na ponderações dos diversos factores inicia-se com uma comparação sucessiva entre critérios numa matriz, segundo uma escala de importância de 1 a 9 indicada por Saaty (1980) in Malczewski (1999) e termina com a verificação da consistência destas operações. Se o índice de consistência (CR) for inferior a 10%, significa que o índice de razoabilidade do método é aceitável (existe

coerência na análise par a par); foi o caso do resultado das ponderações obtidas na análise multi-critério, deste estudo, cujo CR=3% (anexo 17).

Após a modelação de todos os critérios, estes foram reproduzidos na aplicação *model builder* do sistema ArcGIS (anexo 18), cuja funcionalidade reside na entrada de todos os parâmetros juntamente com diferentes ferramentas de análise (tabela 5), para a

realização da análise multi-critério (classificação – tabela 6; reclassificação e ponderação – tabela 7).

Para a finalidade deste estudo, o parâmetro da temperatura da água do mar (anexo 4) não foi utilizado na análise, pois o alvo desta investigação é uma análise geral do território português relativamente às condições estruturais e administrativas de implementação de unidades de aquicultura. Necessário realçar, que quando este estudo for aplicado a uma espécie individualmente o valor de ponderação deverá ser incluído na análise (tabela 7).

Resultados

Os maiores valores de ponderação foram atribuídos aos parâmetros profundidade e agitação marítima, pois estes influenciam directamente a resistência da estrutura oceânica no que toca às condições ambientais (figura 2). Por outro lado, estes são os critérios que apresentam maiores alterações geo-espaciais da costa Oeste para a costa Sul, o que leva a variações significativas nos resultados.

Os parâmetros sócio-económicos e biopolíticos receberam valores de ponderação mais baixos, pois não têm influência a nível estrutural mas continuam a ter bastante importância para a reunião de todas as condições que levam ao sucesso de uma cultura *offshore*.

Segundo o objectivo principal de cada estudo, a prioridade de importância dos critérios poderá ser ajustada para a realidade da situação - é o caso do valor da ponderação

dada aos critérios HMOM (21.56%) e profundidade (20.7%), considerados como os parâmetros mais influentes para a finalidade de implementação de unidades *offshore*.

Os limites de profundidade de operação, utilizados para a finalidade do estudo, afinaram a área de análise, com maior ênfase no Sul da costa Oeste, de Cascais à Baleeira; esta questão, juntamente com a criação da máscara, restringiu a área de análise para a área exibida nos resultados. A criação da máscara teve grande influência nos seguintes parâmetros: (1) exclusão do sedimento tipo rocha (inadequação de fundeamento da estrutura) levando a uma diminuição considerável da área de análise no Sul da costa Oeste - de Cascais até à Baleeira -, pois em toda a extensão de análise, dos 10 aos 100m de profundidade, o sedimento predominante nesta região é a rocha; (2) e as áreas marinhas protegidas, essencialmente o Parque Natural da Arrábida - na zona de Setúbal e o SW Alentejano e Costa Vicentina - de Sines à Baleeira - levaram também à diminuição da área de análise.

A figura 5 representa o mapa da melhor localização para implementação jaulas oceânicas. Da Baleeira a Tavira e Santa Luzia – entre os 36m e os 70m de profundidade – a adequabilidade é de 81% a 90%. Na zona de sombra do Sul da costa Oeste – de Lisboa à Baleeira – e em Portimão, o intervalo de adequabilidade encontra-se entre os 71% e os 80%. No Algarve, isto é, da Baleeira a Portimão – à profundidade superior aos 70m –, na Nazaré,

em São Martinho do Porto, de Portimão até Faro, depois desta região a Tavira e Santa Luzia – até à profundidade dos 36m –, de

Peniche à Ericeira e de Viana do Castelo à Nazaré, a adequabilidade é de 61% a 70%.

Mapa Final para implementar jaulas oceânicas

Adequabilidade (%)

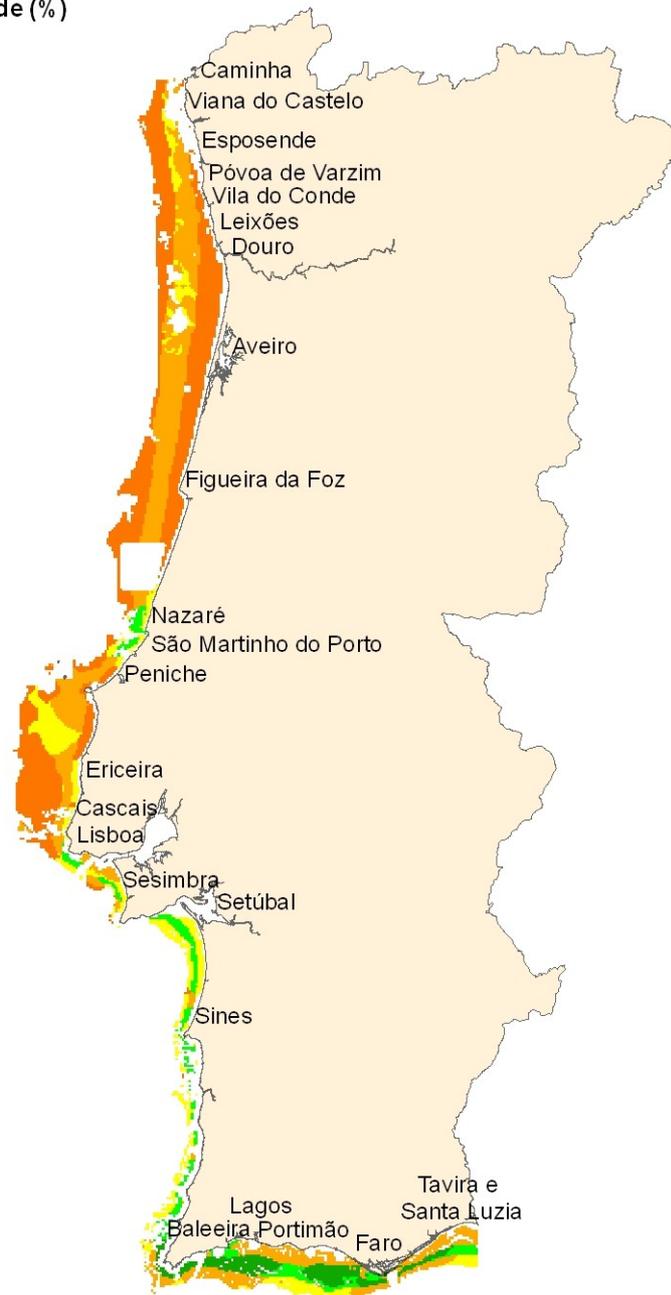
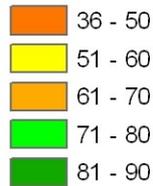


Figura 5: Mapa da melhor localização para a implementação de jaulas oceânicas.

Em regiões pontuais de Esposende, Póvoa de Varzim, depois de Peniche até à região

anterior à Ericeira, de Sesimbra à Baleeira – até à profundidade dos 40m e depois da profundidade dos 70m –, de Portimão a Faro

e, ainda, em Tavira e Santa Luzia, a adequabilidade para implementar unidades de aquacultura *offshore* é de 51% a 60%.

Discussão

Este estudo apresenta uma metodologia multi-critério para a identificação das melhores zonas para implementar jaulas *offshore*, cuja representação por meio de mapas é um meio eficaz para lidar com o complexo processo de apoio à decisão.

É visível no mapa da figura 5 que resulta da compilação das diferentes camadas de informação processadas na análise multi-critério, que a adequabilidade para implementar unidades de aquicultura diminui de Sul para Norte do país. Diversas razões estão associadas a esta conclusão, tais como: (1) a altura significativa máxima da onda no Norte de Portugal é sempre superior à costa Sul (anexo 5), o que mostra que em mais de metade do ano as condições ambientais são muito agressivas no Norte de Portugal, levando a maiores dificuldades de cultivo nesta zona; (2) por outro lado, a altura significativa máxima da onda está intimamente associada à profundidade, pois para que a estrutura consiga resistir às piores condições ambientais a análise é cingida à linha batimétrica dos 36m (costa Sul) e dos 40m (costa Oeste) aos 70m de profundidade (figura 2); e (3) a altura significativa média é sempre superior no Norte de Portugal, pelo que, as operações de assistência às jaulas são de maior dificuldade nesta extensão relativamente à costa Sul. Todas estas variações, entre a costa Oeste e a costa Sul de Portugal, estão

associadas aos elevados pesos atribuídos à altura significativa da onda (21.56%) e à profundidade (20.7%) face à variação geo-espacial destas. Logo, a análise multi-critério dá prioridade aos valores de ponderação mais elevados, originando a que os resultados sejam de acordo com as variações espaciais que estes parâmetros apresentam. Assim, tendo em conta as ponderações atribuídas com a ausência de discrepâncias geo-espaciais significativas de Norte para Sul de Portugal, outros parâmetros influenciam os resultados, como sejam: (1) a presença apenas do porto de Sines no Sul da costa Oeste; (2) a ausência de auto-estradas e itinerários principais (anexo 9) nesta mesma zona; (3) a relação do número de embarcações por área de jurisdição por capitania, diz que: quanto maior, maior o esforço de pesca (anexo 11) - desde Caminha até à Figueira da Foz o esforço de pesca é muito elevado; (4) e a localização a Sul de Portugal das únicas *hatcheries* (anexo 12) existentes ao longo da costa portuguesa. O conjunto destas variantes levou a que as melhores zonas para implementar unidades de aquicultura se concentrassem no Sul de Portugal.

A extensão *Spatial Analyst* do sistema ArcGIS é uma ferramenta adequada para resolver diversas questões de planeamento ambiental e que foi extremamente útil na análise metodológica deste estudo. A aplicação *model builder* revelou ser de elevada importância para a validação do processo de análise (anexo 15). A utilidade desta aplicação é que futuramente diversos

estudos de determinação de melhores localizações no âmbito da aquicultura, poderão ser realizados em diversas partes do mundo com base neste modelo. Será, no entanto, necessário modificar os parâmetros de entrada e os respectivos intervalos de reclassificação de acordo com as condições ambientais prevalentes da respectiva região de estudo.

Concluindo, a ascensão das inúmeras actividades de exploração e de aproveitamento dos recursos marinhos - aquicultura de bivalves, energia das ondas, extracção de inertes e gestão pesqueira - traduzem nos dias de hoje uma elevada concorrência pelo espaço costeiro marinho. Com isto, este estudo apresenta uma possível solução para a gestão do espaço marítimo, pois a determinação de áreas mais adequadas para implementação de unidades de aquicultura teve em consideração a ocupação de espaço que advêm dos diferentes sectores afectos ao meio marinho. Assim, cabe agora a investigações futuras a aplicação deste estudo na implementação de estruturas *offshore* ao largo da costa portuguesa, com o objectivo primordial de diminuir consideravelmente a deplecção dos recursos pesqueiros em meio natural, sendo que Portugal apresenta condições ambientais e oceanográficas de elevada aptidão para promover a actividade da aquicultura. Este estudo vai assim ao encontro de um dos pontos fracos identificados no relatório da CEO (2004) que afirma a "...falta de estudos económicos e de inovação tecnológica aplicada à aquicultura".

Bibliografia

- Aguado-Giménez, F., Marín, A., Montoya, S., Marín-Guirao, L., Piedecausa, García-García, B.**, 2007. Comparison between some procedures for monitoring *offshore* cage culture in western Mediterranean Sea: Sampling methods and impact indicators in soft substrata. *Aquaculture* 271: 357–370.
- Aguilar-Manjarrez, J.**, 2001. Use of geographic information systems (SIG) for planning and management of aquaculture. *Fisheries and aquaculture department*, 156-165. Rome, FAO.
- Aguilar-Manjarrez, J. e Ross, L.G.**, 1995. Geographical information systems (SIG), environmental models for aquaculture development in Sinaloa state, Mexico. *Aquaculture International* 3: 103–115.
- Beveridge, M.C.M.**, 2004. Cage Aquaculture (3ª ed.). Blackwell Oxford. 368pp.
- Bonetti, J.**, 2002. Análise de dados espaciais em aquicultura costeira. In: Anais Simpósio Brasileiro de Oceanografia. USP/IO, 2002.
- Buitrago, J., Rada, M., Hernández, H. e Buitrago, E.**, 2005. PROFILE: A Single-Use Site Selection Technique, Using SIG, for Aquaculture Planning: Choosing Locations for Mangrove Oyster Raft Culture in Margarita Island,

- Venezuela. *Environmental Management* 5 (35): 544–556.
- Burrough, P.A. e McDonnell, R.A.**, 1998. Principles of Geographic Information Systems (2ª ed.). (Oxford University Press: New York).
- CEO, Comissão estratégica dos Oceanos**, 2004. Relatório da Comissão Estratégica dos Oceanos, Análises e Propostas. Um Desígnio Nacional para o Século XXI. Parte II, 330pp.
- Church, R. L.**, 2002. Geographical information systems and location science. *Computers & Operations Research* 29: 541-562.
- Colbourne D. B.**, 2005. Another Perspective on Challenges in Open Ocean Aquaculture Development. *Journal of Oceanic Engineering* 1 (30): 4-11.
- DGPA, Direção Geral das Pescas**, 2002. Guia da Aquicultura Marinha em Portugal, pp. 9-93.
- FAO**, 1976. A Framework for Land Evaluation. Land and Water Development Division. International Institute for Land Reclamation and Improvement, No. 22. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. 94pp.
- GESAMP**, 1996, (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP) Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Monitoring the ecological effects of coastal aquaculture wastes. Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. GESAMP reports and studies no. 57, Rome, 1996.
- Giap, D. H., Yi Y., Cuong N. X., Luu L. T., Diana J. S. e Lin C. K.**, 2003. Application of SIG and Remote Sensing for Assessing Watershed Ponds for Aquaculture Development in Thai Nguyen, Vietnam. Land Use Analysis, Map Asia Conference. 8 p.
- Gifford, J.A., Benetti, D.D., e Rivera, J. A.**, 2006. National Marine Aquaculture Initiative: Using SIG for *Offshore* Aquaculture Sitting in the U.S. Caribbean and Florida. Final Report. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami. NOAA-National Sea Grant. 43pp.
- Hossain, M.S., Chowdhury, S.R., Das, N.G. e Rahaman, M.M.**, 2007. Multi-critério evaluation approach to SIG-based land-suitability classification for tilapia farming in Bangladesh, *Aquaculture International* 15: 425-443.
- Hunter, D.C., Telfer, T.C e Ross, L.G.**, 2006. Development of a SIG-based tool to assist planning of aquaculture

- developments. A report to the Scottish Aquaculture Research Forum. Institute of Aquaculture. University of Stirling, April 2006. 60pp.
- Instituto Hidrográfico**, 2005a. Roteiro da Costa de Portugal, Portugal continental do Rio Minho ao Cabo Carvoeiro. Ministério da Defesa Nacional, Marinha. Lisboa, Portugal. 464pp.
- Instituto Hidrográfico**, 2005b. Caracterização / Classificação da Qualidade Físico-Química de Dragados na Doca de Recreio de Viana do Castelo. Relatório Técnico Final. Divisão de Química e Poluição, Janeiro 2005.
- Kapetsky, J.M.**, 1994. A strategic assessment of warm-water fish farming potential in Africa. CIFA Technical Paper, No.27. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. 67p.
- Kapetsky, J.M. e Aguilar-Manjarrez, J.**, 2007. Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture. *Fisheries and Aquaculture Department*, No. 458. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. 125pp.
- Kapetsky, J.M., Hill, J.M. e Worthy, L. D.**, 1989. A geographical information system for aquaculture development in Johor State. FAO Technical Cooperation Programme Project. Land and Water Use Planning for Aquaculture Development. TCP/MAL/6754. Field Document. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- Kapetsky, J.M., Hill, J.M. e Worthy, L.Dorsey**, 1988. A Geographical Information System for Catfish Farming Development. *Aquaculture* 68: 311–320.
- Kapetsky, J.M. e Nath, S.S.**, 1997. A strategic assessment of the potential for freshwater fish farming in Latin America. *COPESCAL Technical Paper*. No 10, Food and Agriculture Organisation, Rome. 128 pp. (também disponível em <http://www.fao.org/>).
- Laaribi, A., Chevallier J. J. e Martel, J. M.**, 1996. A spatial decision aid: a multicriterion valuation approach. *Computer, Environment and Urban Systems* 20 (6):351-366.
- Laskar, A.**, 2003. Integrating SIG and Multicriteria Decision Making Techniques for Land Resources Planning. International Institute for Geo-Information Science and Earth observation Enschede, The Netherlands. Thesis Assessment Board. 80p.

- Malczewski J.**, 2006. Integrating multicriteria analysis and geographic information systems: the ordered weighted averaging (OWA) approach. *International Journal Environmental Technology and Management* 6: 7-19.
- Malczewski J.**, 1999. SIG and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons, INC. New York. 392 pp.
- Matos, J.L.**, 2001. Fundamentos de Informação Geográfica. Lidel, edições técnicas LDA. 326p.
- Meaden, G.J. e Kapetsky, J.M.**, 1991. Geographical Information Systems and Remote Sensing in Inland Fisheries and Aquaculture. *Fisheries Technical Paper*. No 318. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. 262pp. (também disponível em <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0446E/T0446E00.HTM>).
- Mente, E., Pierce, G.J., Begoña, M.S. e Neofitou, C.**, 2006. Effect of feed and feeding in the culture of salmonids on the marine aquatic environment: a synthesis for European aquaculture. *Aquaculture International* 14:499–522.
- Morris, A. e Jankowski, P.**, 2001. Fuzzy techniques for multiple criteria decision making in SIG. 2376-2381
- Nath, S. S., J. P. Bolte, L. G. Ross, e Aguilar-Manjarrez, J.**, 2000. Applications of geographical information systems (SIG) for spatial decision support in aquaculture. *Aquicultural Engineering* 23:233-278.
- Pavasoviae S.**, 2004. SIG Tool for Site Suitability Analysis: Example of Marine Aquaculture. Faculty of Civil Engineering and Architecture. 7pp.
- Pemsl D. E., Dey M. M., Paraguas F. J. e Bose M. L.**, 2006. Determining high potential aquaculture production áreas – analysis of key socio-economic adoption factors. IFET, Portsmouth Proceedings, 12pp.
- Pérez, O. M., Telfer, T.C e Ross, L.G.**, 2002. Use of a SIG-based particulate waste distribution model as a tool to aid marine fish cage site selection. *Institute of Aquaculture*, 7pp.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C. e Ross, L.G.**, 2003a. Use of SIG-Based Models for Integrating and Developing Marine Fish Cages within the Tourism Industry in Tenerife (Canary Islands), *Coastal Management* 31:355–366.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C. e Ross, L.G.**, 2003b. On the calculation of wave climate for *offshore* cage culture site selection: a case study in Tenerife

- (Canary Islands). *Aquaculture Engineering* 29: 1-21.
- Pérez, O.M., Ross, L.G, Telfer, T.C., e del Campo Barquin, L.M.**, 2003c. Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands). *Aquaculture* 224: 51-68.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C. e Ross, L.G.**, 2005. Geographical information systems-based models for *offshore* floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. *Aquaculture Research* 36: 946-961.
- Portaria n.º 476/2001.** D. R. SÉRIE I-B, 108 (10-05-2001), 2778 – 2781.
- Quintero-Marmel, E.A.M.**, 1990. Use of Geographical Information Systems in Aquaculture Survey. Department of Aquaculture and Fisheries Management, University of Stirling, Scotland.
- Rinner, C. e Heppleston, A.**, 2006. The Spatial Dimensions of Multi-critério Evaluation – Case Study of a Home Buyer's Spatial Decision Support System. *SIGcience* 4197: 338-352.
- Ross, L.G.**, 1998. The use of Geographical Information Systems in Aquaculture: A Review. Paper presented at I Congreso Nacional de Limnología, Michoacan, Mexico. November 1998.
- Salam, M.A., Ross, L.G. e Beveridge, C.M.M.**, 2003. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in Southwestern Bangladesh, using SIG modelling. *Aquaculture* 220: 477-494.
- Sieber, R.E.**, 1998. Geographic Information Systems in the Environmental Movement. Department of Geography and Planning, Earth Sciences 218, State University of New York, Albany, NY, USA.
- Silva, T.S.**, 2005. O Uso dos Sistemas de Informação Geográfica para o Ensino em Recursos Pesqueiros. CINTED-UFRGS, 9pp.
- Vianna, L.F.N.**, 2007. Métodos determinísticos ou probabilísticos de representação e análise espacial de dados para selecção de sítios em sistemas de informações geográficas? O exemplo da maricultura em Santa Catarina. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, pp. 3195-3202. Florianópolis, Brasil, 21-26 Abril 2007.
- Zertuche-González, J.A., Galindo-Bect, L.A, Pacheco-Ruíz, I., e Galvez-Telles, A.**, 2006. Time-space characterization of commercial seaweed species from the Gulf of California using a geographical information system. *Journal of Applied Phycology* 18: 543 – 550.

CAPÍTULO 4

Considerações Finais

Considerações Finais

Com este estudo científico verificou-se que Portugal tem numerosas condições para expandir a actividade da aquicultura ao longo de todo o país, com numerosas vantagens directas para o ambiente e para o comércio, sendo que a espécie *Sparus aurata* apresenta a maior adequabilidade de cultivo em toda a costa Sul, a espécie *Salmo salar* na costa Norte e espécie *Dicentrarchus labrax* tem grande adequabilidade de cultivo ao longo de toda a costa Oeste. Globalmente a costa portuguesa apresenta as melhores condições atmosféricas e oceanográficas na costa Sul, diminuindo a possibilidade de cultivo essencialmente no Norte da costa Oeste; questões como a forte agitação marítima da nossa costa e condicionalismos da implementação de jaulas *offshore*, associados à profundidade e à temperatura da água do mar, estão na origem dos resultados.

Futuramente, antes de se implementar quaisquer infra-estruturas oceânicas, é necessário que existam estudos prévios de medição das correntes marinhas, sendo esta a grande lacuna neste trabalho, pois os projectos já existentes de medição de correntes oceânicas concentram-se essencialmente apenas nas foz dos rios devido ao efeito da maré.

Apesar de Portugal ser a área de estudo escolhida para a determinação de localizações preferenciais para implementação de unidades de aquicultura, a possibilidade de se estender este estudo a qualquer outra área com condições idênticas às de Portugal continental, é uma questão de elevada importância neste estudo, relativamente a futuros projectos.

É seguro dizer que os SIG podem ser vantajosamente utilizados para melhorar a sustentabilidade da aquicultura marinha, relativamente à diminuição dos impactos que possam advir desta actividade, na sobreposição com áreas potenciais para desenvolver outras actividades económicas que também utilizem recursos naturais marinhos. Todavia a aplicação desta ferramenta na aquicultura apresenta algumas limitações, que passam pela exígua compreensão desta ferramenta relativamente aos princípios e metodologias associadas, por especialistas de outras áreas; ao baixo nível de interacção entre peritos de SIG e aquicultores; e em diversas ocasiões o acesso aos dados reflecte elevados custos. O desafio é assim, aumentar a cooperação entre diferentes peritos de diferentes áreas, na aplicação de investigações futuras.

Face ao deficiente ordenamento da orla costeira marítima (CEO, 2004) este estudo poderá servir de base para novos investimentos e futuras pesquisas científicas, da gestão integrada do espaço marítimo numa abordagem da escolha das melhores localizações.

Referencias Bibliográficas

CEO, Comissão estratégica dos Oceanos, 2004. Relatório da Comissão Estratégica dos Oceanos, Análises e Propostas. Um Desígnio Nacional para o Século XXI. Parte II, 330pp.

ANEXOS



Anexo 1: Nome das principais espécies de aquicultura produzidas em Portugal.

Português	Espanhol	Francês	Inglês	Nome Científico
Truta arco-íris	truta arco íris	truta arcenciel	rainbowtrout	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1782)
Truta-comum	truta común	trute fario	brown trout	<i>Salmo trutta fario</i> (Linnaeus, 1758)
Amêijoia-boia	almeja fina	palourde	clam	<i>Ruditapes decussatus</i> (Linnaeus, 1758)
Amêijoia-macha	almeja babosa	clovisse	carpet shell	<i>Venerupis pullastra</i> (Montagu, 1803)
Berbigão-vulgar	berberecho	coque	cockle	<i>Cerastodema edule</i> (Linnaeus, 1758)
Choco-vulgar	sepia común	seiche	cuttlefish	<i>Sepia officinalis</i> (Linnaeus, 1758)
Dourada	dorada	daurade	seabream	<i>Sparus aurata</i> (Linnaeus, 1758)
Enguia-europeia	anguila	anguille	eel	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)
Linguado-legítimo	lenguado común	sole	sole	<i>Solea vulgaris</i> (Quensel, 1806)
Longueirão-curvo	navaja	couteau courbé	podrazor	<i>Ensis ensis</i> (Linnaeus, 1758)
Longueirão-direito	muergo	couteau droit	sword razor	<i>Ensis siliqua</i> (Linnaeus, 1758)
Mexilhão vulgar	mejillón común	moule commune	common mussel	<i>Mytilus edulis</i> (Linnaeus, 1758)
Mexilhão do Mediterrâneo	mejillón mediterráneo	moule méditerranéenne	mediterranean mussel	<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Lamarck, 1819)
Ostra-japonesa	ostión del Pacífico	huître creuse japonaise	pacific cupped oyster	<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1793)
Ostra-portuguesa	ostra portuguesa	huître creuse japonaise	portuguese cupped oyster	<i>Crassostrea angulata</i> (Lamarck, 1819)
Pregado	rodoballo	turbot	turbot	<i>Psetta maxima</i> (Linnaeus, 1758)
Robalo-legítimo	lubina	bar	seabass	<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)
Sargo	sargo marroquí	sar commun	white seabream	<i>Diplodus sargus</i> (Linnaeus, 1758)
Tainhas	lisas	muges	mullet	<i>Mugilidae</i>

Fonte: Direcção Geral das Pescas e Aquicultura: <http://www.dgpa.min-agricultura.pt/>

Anexo 2: Listagem dos parâmetro influentes na tomada de decisão e que entram na análise multi-critério.

Critérios	Interpretação do Critério	Como Afecta	Fonte
Biofísicos Agitação Marítima HMO (altura significativa média) HMOM (altura significativa máxima); T02 (período)	<p>HMO tem influência no desgaste das jaulas, com maior intensidade na parte superior. Aumento dos esforços natatórios (zona limitada). O T02 causa fadiga estrutural nas jaulas; reflecte-se no diâmetro que a jaula deve ter e na capacidade de flutuação. Quanto menor o período, mais reforçados terão de ser os flutuadores e mais fortes os pontos de reforço.</p>	<p>HMO: As zonas de sombra são zonas melhores para efeito de operação. Ou seja, zonas mais abrigadas têm HMO menor. HMO é sempre superior a 1.5m no Norte de Portugal, excepto nos meses de Junho a Agosto, e na costa Sul, só é superior a 1m no mês de Dezembro (anexo 5). Logo, as operações na jaula são mais facilmente realizáveis em zonas com HMO menor – costa Sul.</p> <p>HMOM Efeito na estrutura - quanto menor HMOM, menor o efeito sentido na jaula. Consequências na subida e na descida da jaula, resultando em elevado impacto.</p> <p>T02: Quanto mais longo for o período, menor efeito existe aplicado à jaula. Quando o período é muito curto, a jaula ainda não recuperou e já é obrigada a sofrer novamente o efeito da rápida ondulação.</p>	<p>Pérez <i>et al.</i> (2003b); Colbourne (2005); Pérez <i>et al.</i> (2005); Kapetsky e Aguilar – Manjarrez (2007).</p>
Temperatura da água	<p>Varia horizontalmente com a latitude e longitude e verticalmente com a profundidade. Áreas com temperaturas óptimas reforçam o crescimento e diminuem os custos de produção.</p>	<p>Crescimento dos peixes; induz stress; afecta a alimentação e a reprodução; viabilidade económica de um empreendimento comercial.</p>	<p>Pérez <i>et al.</i> (2003c); Pérez <i>et al.</i> (2005).</p>
Profundidade	<p>Condiciona a dimensão da estrutura, das amarrações e consequentemente do sistema de fundeamento.</p>	<p>Há diminuição do oxigénio dissolvido e da temperatura da água. Conjunto de 3 situações: (a) efeito da maré – amplitude da maré na costa portuguesa, é de 4m; (b) agitação marítima - valor máximo da altura significativa máxima da onda dos últimos 20 anos; (c) dimensão da jaula: valor base de altura de 20m.</p>	<p>Pérez <i>et al.</i> (2003c); Pérez <i>et al.</i> (2005); Hunter <i>et al.</i> (2006).</p>

(Continuação).

Crítérios	Interpretação do Critério	Como Afecta	Fonte
Biofísicos			
Sedimentos	Poderá ser sob a forma de rocha, cascalho, areia e lodo.	Influencia a eficácia do fundeamento da estrutura.	Instituto Hidrográfico (2005a); Aguado-Giménez <i>et al</i> (2007)
Sócio-Económicos			
Distância aos portos	Portos existentes ao longo da costa com pessoal especializado, são os que suportam todas as actividades implícitas numa cultura.	As jaulas não deverão estar a mais de 20-40 minutos do porto mais próximo (influencia a rentabilidade da operação).	IPIMAR
Aeroporto	São os aeroportos de Porto, Lisboa e Faro.	Se o comércio for para fins de exportação, é necessário ter em conta a proximidade dos aeroportos e da rede rodoviária principal.	IGEO
Rede Rodoviária Principal	Auto-estradas e Itinerários Principais em Portugal.	Capacidade de distribuição interna.	Carta Itinerária de Portugal (IGEOE).
Zonas de esforço de pesca	Zonas onde os pescadores exercem maior actividade pesqueira.	Razão da área de jurisdição marítima por capitania, pelo n.º de embarcações (até às 3milhas) de cada porto.	Direcção Geral das Pescas e Instituto Hidrográfico (2005a).
Administrativos			
Canais de Navegação	Rota de passagem obrigatória da maior parte do tráfego marítimo.	Tem de ser um a zona excluída da análise, pois as jaulas poderiam por em causa, a segurança da navegação.	Instituto Hidrográfico.
Zonas de Exclusão	Zonas que não entram para a análise. São os cabos submarinos (cabos de comunicação), as áreas marinhas protegidas, os fundeadouros de navios, as áreas concessionadas para fins de aquicultura, para a energia das ondas e, ainda, para as operações de scooping.	Não se poderão colocar quaisquer jaulas, nestas áreas.	Instituto Hidrográfico e ICN.
Bio-políticos			
<i>Hatcheries</i>	Local onde se produzem juvenis, para reprodução e crescimento.	Essencial para o início da cadeia produtiva.	DGPA (2002).

Anexo 3: Listagem dos parâmetro influentes na tomada de decisão, e que não entram na análise multi-critério.

Critérios	Interpretação do Critério	Como Afecta	Fonte
Biofísicos			
Correntes	Afecta a produtividade no interior das jaulas, por dificultar a alimentação e a estrutura destas e, ainda, levar a consequências nas amarrações.	Age essencialmente sobre as massas de água superficiais. Quando moderadas importante na reposição de oxigénio e remoção de resíduos metabólicos.	Ross <i>et al.</i> (1993); Valavanis (2002); Beveridge (2004); Li <i>et al.</i> (2005); Hunter <i>et al.</i> (2006).
<i>Upwelling</i>	Fenómeno caracterizado pelo afloramento de águas frias ricas em nutrientes. Situação de vento do quadrante Norte com fenómenos de migração sazonal do anticiclone dos Açores. Aumento da abundância de picos de produção fitoplanctónica (blooms).	Diminuição de 1,5°C numa extensão de 150-250 km ao longo da costa e 20-50km para dentro do mar, quando ocorre. Há sobre saturação de oxigénio que inibe o crescimento dos animais; há diminuição do teor em fosfatos absorvidos e incorporados na matéria orgânica.	Instituto Hidrográfico (1989); Lemos e Pires (2001); Ré, (2001); Sousa (1992); Haynes, (1993); Loureiro (2006).
Produtividade Primária	Associada ao efeito de upwelling; há acumulação de depósitos orgânicos, causando grandes mudanças nas comunidades bentónicas.	Há depleção de oxigénio, com consequências na saúde dos peixes explorados e na rentabilidade dos mesmos.	GESAMP (1996); Gillibrand <i>et al.</i> (1996); Coleman <i>et al.</i> (2001); Saraiva (2001); Pinho <i>et al.</i> (2003); Beveridge (2004).
Marés Vermelhas	Regiões sujeitas à influência de upwelling, propícias ao desenvolvimento de marés vermelhas. Proliferação maciça de organismos planctónicos	Toxicidade para qualquer animal que se encontra numa cultura.	Ré (2001); Kapetsky e Aguilar – Manjarrez (2007).
Ocorrência de tempestades	Situações de temporal ocorrem quando HMO > 4.5m na costa Oeste e HMO > 3.5m na costa Sul.	Afecta toda a estrutura da jaula, podendo levar à destruição total desta.	Costa <i>et al.</i> (2001); Dias (1994).
<i>Biofouling</i>	Comunidades biológicas que se desenvolvem sobre as redes das jaulas, bloqueando-as. As comunidades incrustantes aumentam no período do Verão em regiões temperadas causando eutrofização localizada.	Efeitos no hidrodinâmismo (redução do volume da jaula); diminuição do tamanho da malha da rede (menor circulação da água); stress existente nas amarrações (peso das jaulas aumenta); aparecimento de doenças; redução do nível de oxigénio local.	Braithwaite (2007); Katranitsas <i>et al.</i> (2003); Beveridge (2004).

(Continuação).

Crítérios	Interpretação do Critério	Como Afecta	Fonte
Oxigénio dissolvido	As maiores concentrações encontram-se nos primeiros 10 a 20m da coluna de água, onde a actividade fotossintética e a difusão atmosférica conduzem à sobre saturação. Ligado ao estado de poluição	O consumo de oxigénio aumenta com o aumento da temperatura e diminui com o aumento individual dos animais. Consequentemente, o teor em oxigénio dissolvido diminui sensivelmente com a profundidade. Com isto a oxigenação das águas influenciam o rápido crescimento dos peixes.	Gonçalves (1998);
Poluição	A boa qualidade da água passa essencialmente pelas propriedades que a afectam. No caso de Portugal é satisfatório para a generalidade das águas	As jaulas não devem ser colocadas em áreas contaminadas por indústrias, nem em zonas agrícolas poluentes, nem perto de locais com descargas de esgotos.	Pérez <i>et al.</i> (2005).
Sócio-económicos Desportos Náuticos	Qualquer desporto como mergulho, pesca submarina, vela, windsurf	As jaulas devem ser colocadas em zonas em que seja proibida a realização de qualquer tipo de desporto.	
Visibilidade	As jaulas não devem estar colocadas em zonas que sejam visíveis nem de praias nem de recursos turísticos.	Causa impacto na população alvo.	Pérez <i>et al.</i> (2003a); Pérez <i>et al.</i> (2005).

Anexo 4: Temperatura da água do mar à superfície.

Valores médios mensais e extremos mensais e anuais (°C)

(T – Temperatura média; TM – Temperatura máxima; Tm – Temperatura mínima)

Local	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Ano		
	T	TM	Tm	T	TM	Tm	T	TM	Tm	T	TM	Tm	T	TM	Tm
Faro	16.09	17.6	14.96	15.43	16.61	14.54	15.65	17.61	14.69	16.49	18.58	15.4	18.28	20.71	16.54
Sines	15.29	16.01	14.44	14.68	15.75	14.13	15.01	16.8	14.06	15.58	17.28	14.8	16.71	18.63	15.35
Leixoes	14	14.8	12.67	13.43	14.21	12.47	13.82	16	12.79	14.2	16.4	13.14	15.47	17.43	13.93

Local	Maio			Junho			Julho			Agosto			Ano		
	T	TM	Tm	T	TM	Tm	T	TM	Tm	T	TM	Tm	T	TM	Tm
Faro	17.65	21.39	15.51	20.07	23.8	17.58	20.32	24.25	17.74	21.47	24.29	19.38	18.28	20.71	16.54
Sines	16.28	19.58	15.05	17.71	19.75	15.75	17.53	20.3	15.58	18.21	20.62	16.28	16.71	18.63	15.35
Leixoes	15.48	17.6	14.18	16.72	19.73	14.14	16.09	19.27	13.91	16.91	19.9	14.79	15.47	17.43	13.93

Local	Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			Ano		
	T	TM	Tm	T	TM	Tm	T	TM	Tm	T	TM	Tm	T	TM	Tm
Faro	20.74	23.81	18.3	20.08	22.05	18.15	18.4	20.11	16.39	16.98	18.39	15.86	18.28	20.71	16.54
Sines	18.24	20.82	16.43	18.52	20.31	16.61	17.28	19.08	15.75	16.2	17.26	15.35	16.71	18.63	15.35
Leixoes	17.18	19.2	15.25	17.31	18.8	16.04	15.89	17.46	14.74	14.62	15.8	12.99	15.47	17.43	13.93

Nota: Os valores usados na análise multi-critério foram T ano.

Anexo 5: Clima de Agitação Marítima.

Valores médios mensais e extremos mensais e anuais da altura significativa

(HMO – Altura Significativa média; HM0M – Altura Significativa máxima;
HM0m – Altura Significativa mínima)

Local	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Ano		
	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m
Faro	0.98	2.8	0.33	0.97	2.86	0.31	1.1	3.59	0.27	0.87	3	0.25	0.86	2.71	0.27
Sines	1.91	5.04	0.59	1.92	5.62	0.57	1.93	5.18	0.63	1.57	4.58	0.41	1.57	4.21	0.51
Leixões	2.52	6.84	0.71	2.35	5.65	0.82	2.18	5.68	0.7	1.92	5.11	0.6	1.92	4.94	0.63

Local	Maio			Junho			Julho			Agosto			Ano		
	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m
Faro	0.69	2.13	0.21	0.72	2.23	0.26	0.58	1.5	0.22	0.68	1.56	0.35	0.86	2.71	0.27
Sines	1.44	3.64	0.43	1.17	2.55	0.47	1.17	2.56	0.48	1.04	2.33	0.48	1.57	4.21	0.51
Leixões	1.7	4.18	0.73	1.31	3.18	0.46	1.48	3.35	0.55	1.28	3.09	0.57	1.92	4.94	0.63

Local	Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			Ano		
	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m	HMO	HM0M	HM0m
Faro	0.66	2.2	0.22	0.97	3.26	0.25	0.89	3.33	0.22	1.17	4.05	0.34	0.86	2.71	0.27
Sines	1.15	3.12	0.42	1.75	5.25	0.48	1.8	5.14	0.46	1.96	5.49	0.64	1.57	4.21	0.51
Leixões	1.53	3.87	0.49	2.2	6.4	0.55	2.14	5.38	0.72	2.38	6.59	0.66	1.92	4.94	0.63

Nota: Os valores usados na análise multi-critério foram HMO ao ano para efeitos na operação.

Valores médios mensais e extremos mensais e anuais do período

(T02 – Período médio; T02M – Período máximo; T02m – Período mínimo)

Local	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Ano		
	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m
Faro	5.45	10.27	3.14	5.48	10.7	3.2	5.61	10.9	3.19	4.7	8.48	2.86	4.82	8.62	2.90
Sines	7.6	12.15	4.35	7.68	13.99	3.95	7.51	13.68	3.85	6.35	11.16	3.7	6.64	11.71	3.78
Leixões	8.16	14.3	3.91	8.06	13.27	4.49	7.65	13.81	4.07	6.54	11.59	3.8	7.01	11.23	3.99

Local	Maio			Junho			Julho			Agosto			Ano		
	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m
Faro	4.4	7.09	2.78	4.38	7.49	2.75	4.04	6.19	2.69	4.29	6.34	2.96	4.82	8.62	2.90
Sines	6.23	10.44	3.74	5.62	10	3.55	5.3	9.08	3.38	5.58	9.19	3.59	6.44	11.71	3.78
Leixões	6.79	10.76	4.02	6.04	10.14	3.46	5.89	10.37	3.71	6.14	10.08	4.03	7.01	11.23	3.99

Local	Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			Ano		
	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m	T02	T02M	T02m
Faro	4.51	9.06	2.63	5.03	8.74	2.79	4.87	9.41	2.71	5.13	8.74	3.09	4.82	8.62	2.90
Sines	6.37	11.58	3.81	7.23	12.51	3.89	7.1	13.76	3.64	7.14	12.93	3.93	6.44	11.71	3.78
Leixões	6.83	11.9	3.9	7.42	12.29	4.16	7.17	12.71	4.09	7.47	12.56	4.24	7.01	11.23	3.99

Nota: Os valores usados na análise multi-critério foram T02m ao ano.

Localização de cada uma das estações direccionais e número total de registos válidos durante cada um dos períodos em análise

Estações	Latitude (N)	Longitude (W)	Data Inicial	Data Final	Nº. Total de registos
Faro	36° 54' 22.44"	7° 53' 58.23"	Mar. 2000	Out. 2007	310799
Sines	37° 55' 21.84"	8° 55' 48.14"	Set. 1999	Out. 2007	335777
Leixões	41° 18' 55.58"	8° 59' 05.18"	Set. 1999	Out. 2007	280606

Anexo 6: Onda dos 20 anos.

Estação Direccional	Faro	Sines	Leixões
Onda dos 20 anos (m)	12.52	15.21	16.42

Nota: Valores usados na análise multi-critério para efeitos na estrutura.

Anexo 7: Escala Sedimentológica.

Wentworth (1992) after Udden		Tamanho do Grão (mm)
Rocha		>> 4
Cascalho		4
Muito Grosseira		2
Grosseira		1
Areia	Média	1/2
	Fina	1/4
	Muito Fina	1/8
	Grosso	1/16
Lodo	Médio	1/32
	Fino	1/64
	Muito Fino	1/128

Nota: As divisões usadas na análise multi-critério foram apenas estas.

Anexo 8: Conjunto dos principais portos de Portugal continental.

Portos Principais	WGS84 UTM Zone 29N	
	Latitude (N)	Longitude (W)
Caminha	41.867	-8.867
Viana do Castelo	41.675	-8.838
Esposende	41.533	-8.783
Póvoa de Varzim	41.367	-8.767
Vila do Conde	41.333	-8.750
Douro	41.150	-8.683
Leixões	41.183	-8.700
Aveiro	40.633	-8.767
Figueira da Foz	40.150	-8.867
Nazaré	39.583	-9.100
São Martinho do Porto	39.000	-9.133
Peniche	39.350	-9.375
Ericeira	38.958	-9.417
Cascais	38.700	-9.417
Lisboa	38.692	-9.208
Sesimbra	38.433	-9.100
Setúbal - Troia	38.467	-8.983
Sines	37.950	-8.867
Baleeira	37.083	-8.925
Lagos	37.100	-8.667
Portimão	37.133	-8.533
Marina Vilamoura	37.067	-8.117
Faro	37.00	-7.917
Fuzeta	37.050	-7.617
Tavira e Santa Luzia	37.117	-7.617
Vila Real de Santo António	37.183	-7.417

Nota: Considera-se a distância da jaula até à foz do rio de todos os portos, excepto no que toca aos portos de Faro e de Aveiro, relativamente aos quais, há que se considerar a distância até à foz do rio e desta até à doca mais próxima.

Anexo 9: Rede Rodoviária Principal

● Auto-estradas.

Auto-Estrada	Designação da Auto-Estrada	Trajecto	Comprimento
A1	Auto-Estrada do Norte	Sacavém - Porto	301 Km
A2	Auto-Estrada do Sul	Lisboa – Algarve	240 Km
A22	Via do Infante	Lagos – Castro Marim /Vila Real de Santo António	133 Km
A23	Auto-Estrada da Beira Interior	Guarda – Torres Novas	177 Km
A24	SCUT Interior Norte	Viseu – Vila Verde da Raia	155 Km
A25	Auto-Estrada das Beiras Litoral e Alta	Aveiro – Vilar Formoso	204 Km
A3	Auto-Estrada do Minho	Porto – Valença	112 Km
A4	Auto-Estrada de Trás-os-Montes e Alto Douro	Matosinhos (Porto) – Amarante	60 Km
A5	Auto-Estrada da Costa do Estoril	Lisboa – Cascais	25 Km
A6	Auto-Estrada do Alentejo	Marateca – Caia	158 Km
A7	Auto-Estrada Póvoa de Varzim /Vila Pouca de Aguiar	Vila do Conde – Vila Pouca de Aguiar	100 Km
A8	Auto-Estrada do Oeste	Lisboa – Leiria	132 Km
A9	CREL – Circular Regional Exterior de Lisboa	Estádio Nacional – Alverca	35 Km
A10	Auto-Estrada Bucelas/Carregado/IC3	Bucelas – Benavente	39 Km
A11	Auto-Estrada Apúlia/Castelões	Apúlia – Amarante	80 Km
A12	-	Montijo – Setúbal	24 Km
A13	Auto-Estrada Alm eirim /Marateca	Alm eirim – Marateca	91 Km
A14	Auto-Estrada Figueira da Foz/Coimbra (Norte)	Coimbra (Norte) – Figueira da Foz	40 Km
A15	Auto-Estrada Caldas da Rainha/Alm eirim	Óbidos - Santarém	38 Km

- Itinerários Principais.

Designação do Itinerário Principal	Trajecto	Comprimento
Ip1	Valença – Castro Marim	734 Km
Ip2	Portelo (Bragança) – Faro	564 Km
Ip3	Vila Verde da raia (Chaves) – Figueira da Foz	279 Km
Ip4	Porto – Quintanilha (Bragança)	237 Km
Ip5	Aveiro – Vilar Formoso	204 Km
Ip6	Peniche – Obidos	25.6 Km
Ip7	Lisboa – Caia (Élvás)	225 Km
Ip8	Sines – Vila Verde de Ficalho (Beja)	174 Km
Ip9	Viana do Castelo – Vila Real	161 Km

Anexo 10: Aeroportos.

Aeroportos	WGS84 UTM Zone 29N	
	Latitude (N)	Longitude (W)
Porto	41.2338	-8.676667
Lisboa	38.7728	-9.132778
Faro	37.0128	-7.964722

Anexo 11: Esforço de Pesca.

Capitanias	Área de jurisdição	Número de Embarcações	Esforço de Pesca
Sines	28103800.8	142	19791.40904
Lagos	27560047.1	96	28708.38237
Nazaré	26980355.0	102	26451.32841
Setúbal	21984678.9	255	8621.442706
Figueira da Foz	18149002.8	158	11486.71061
Portimão	15577074.8	150	10384.71652
Peniche	15322670.1	249	6153.682788
Aveiro	14536853.9	666	2182.710798
Cascais	12983220.1	39	33290.30783
Lisboa	10362987.4	34	30479.37469
Viano do Castelo	8495540.4	135	6292.992881
Douro	7883346.1	119	6624.660624
Faro	6538150.2	96	6810.573107
Tavira	4419315.9	93	4751.952543
Vila R.Sto António	3437211.7	124	2771.944945
Leixões	3410410.3	54	6315.574552
Olhão	3147917.3	135	2331.790577
Vila do Conde	2855474.4	53	5387.687528
Póvoa de Varzim	2501074.6	32	7815.858106
Caminha	1389664.1	33	4211.103344

Nota: O esforço de pesca é adquirido pela divisão da área de jurisdição marítima de cada capitania pelo número de embarcações. A área de jurisdição por capitania encontra-se ordenada da maior área para a menor área, a fim de serem de fácil visualização as capitancias com menor esforço de pesca.

Anexo 12: Maternidades de aquicultura.

Estabelecimento	Nome do Titular	Localidade	WGS84 UTM Zona 29H	
			Latitude (N)	Longitude (W)
Viveiro de Vila Nova	Viveiro de Vila Nova, S.A.	Vila Nova de Milfontes	37.727719	-8.785269
Ilhéus	Timar Culturas em Água, Lda.	Fuzeta	37.026081	-7.842542

Anexo 13: Rede de Áreas Marinhas Protegidas.

Áreas Marinhas Protegidas	Área	Legislação
Paisagem Protegida do Litoral de Esposende	4007720.16	Decreto-lei n.º 357/87 de 17 de Novembro
Reserva Natural das Berlengas	95604270.07	Decreto-lei n.º 264/81 de 3 de Setembro
Reserva Natural das Dunas de São Jacinto	6806690.44	Decreto-lei n.º 46/97 de 17 de Novembro
Parque Natural de Sintra Cascais	144508473.04	Decreto-lei n.º 292/81 de 15 de Outubro
Estuário do Tejo	141924378.20	Decreto-lei n.º 565/76 de 19 de Junho
Paisagem Protegida da Arriba Fóssil da Costa da Caparica	15942100.36	Decreto-lei n.º 168/84 de 22 de Maio
Estuário do Sado	239713358.23	Decreto-lei n.º 430/80 de 1 de Outubro
Parque Natural da Arrábida	56584884.26	Decreto-lei n.º 622/76 de 28 de Julho
Reserva Natural das Lagoas de Sto. André e Sancha	21429631.68	Decreto-lei n.º 10/2000 de 22 de Agosto
Parque Natural do SW Alentejano e Costa Vicentina	896168850.98	Decreto-lei n.º 241/88 de 7 de Junho
Parque Natural da Ria Formosa	143726293.40	Decreto-lei n.º 373/87 de 9 de Dezembro

Anexo 14

- Projectos apresentados à DGPA na zona Norte e Centro do país.

Area de Licença Mar da Costa Nova		
NO	- 8.86888	40.59834
NE	- 8.85234	40.59844
SE	- 8.85221	40.58584
SO	- 8.86874	40.58574
Rabaçudo		
NO	- 8.87333	41.59611
NE	- 8.86000	41.59611
SE	- 8.86000	41.56333
SO	- 8.87333	41.56333
<i>Mytilus Gallaeciae</i>		
NO	- 8.80483	41.50658
NE	- 8.79372	41.50667
SE	- 8.79364	41.49831
SO	- 8.80475	41.49825

- Projecto de assinalamento marítimo da área de produção aquícola de Cascais zona salgada, LDA, Cascais, solicitado ao Instituto Hidrográfico.

Vértices	X	Y
Area de Produção Aquícola		
NO	- 9.47639	38.6815
NE	- 9.43483	38.6783
SE	- 9.44823	38.6861
SO	- 9.47147	38.6896

Anexo 15: Energia das Ondas.

Vértices	X	Y
Projecto Piloto		
NO	- 9.20	39.95014
NE	- 9.00	39.95014
SE	- 9.00	39.78347
SO	- 9.20	39.78347
Projecto Pelamis		
NO	-8.85	41.46667
NE	- 8.83	41.46667
SE	- 8.83	41.45188
SO	- 8.85	41.45000

Nota: O projecto Piloto, é regulamentado pelo Decreto-Lei n.º 5/2008 de 8 de Janeiro.

O projecto de assinalamento marítimo do parque de aproveitamento de Energia das Ondas do tipo Pelamis, foi solicitado pela Companhia da Energia Oceânica, S.A. ao Instituto Hidrográfico. Teve como objectivo a definição do assinalamento marítimo a instalar num polígono no mar, onde se vão instalar três dispositivos Pelamis, com possibilidade de expansão a cinco.

Anexo 16: Áreas de Operações de Scooping.

Sistema de referência	WGS 84 Fuso 29II	
	X	Y
Tavira		
NO	-7.55301	37.11207
NE	-7.51534	37.12707
SE	-7.56134	37.12707
SO	-7.52468	37.14207
Sines		
NO	-8.82637	37.89873
NE	-8.82304	37.89873
SE	-8.82637	37.87373
SO	-8.82304	37.87373
Setúbal		
NO	-8.77471	38.46607
NE	-8.77355	38.45824
SE	-8.76105	38.47407
SO	-8.75988	38.47291
Portimão		
NO	-8.56802	37.08205
NE	-8.56802	37.07705
SE	-8.53635	37.07705
SO	-8.53636	37.08205
Pêra 1		
NO	-8.36802	37.06539
NE	-8.39802	37.06539
SE	-8.39802	37.06039
SO	-8.36802	37.06039
Pêra 2		
NO	-8.35135	37.06539
NE	-8.35135	37.04206
SE	-8.34635	37.04206
SO	-8.34635	37.06539
Peniche		
NO	-9.37996	39.33804
NE	-9.37891	39.33843
SE	-9.36507	39.31577
SO	-9.36612	39.31538

Sistema de referência	WGS 84 Fuso 29H	
Vértice	X	Y
Olhos 1		
NO	-8.18468	37.04873
NE	-8.21468	37.04873
SE	-8.21468	37.04373
SO	-8.18468	37.04373
Olhos 2		
NO	-8.16801	37.04873
NE	-8.17301	37.04873
SE	-8.17301	37.02540
SO	-8.16801	37.02540
Lisboa		
NO	-9.40635	38.65585
NE	-9.40643	38.65495
SE	-9.37638	38.65328
SO	-9.37643	38.65328
Leixões		
NO	-8.75477	41.24877
NE	-8.75144	41.24877
SE	-8.75477	41.22711
SO	-8.75144	41.22711
Lagos 1		
NO	-8.61802	37.08205
NE	-8.62302	37.08039
SE	-8.61469	37.05872
SO	-8.60969	37.06039
Lagos 2		
NO	-8.60136	37.08205
NE	-8.59636	37.08372
SE	-8.60469	37.10539
SO	-8.60969	37.10372
Lagos 3		
NO	-8.58469	37.08205
NE	-8.58969	37.08205
SE	-8.58969	37.05872
SO	-8.58469	37.05872

Sistema de referência	WGS 84 Fuso 29H	
Vértice	X	Y
Faro		
NO	-7.85301	36.97039
NE	-7.84801	36.96373
SE	-7.82468	36.98373
SO	-7.81968	36.97706
Cascais		
NO	-9.51863	38.74871
NE	-9.51748	38.74876
SE	-9.51697	38.72538
SO	-9.51582	38.72543
Aveiro		
NO	-8.72882	40.65628
NE	-8.72554	40.6577
SE	-8.72426	40.66827
SO	-8.72343	40.66827
Arrifana		
NO	-8.91803	37.26539
NE	-8.93031	37.28872
SE	-8.9247	37.28872
SO	-8.9247	37.26539
Amado		
NO	-8.96803	37.14872
NE	-8.96803	37.17205
SE	-8.9747	37.17205
SO	-8.9747	37.14872

Anexo 17: Ponderação dos parâmetros analisados de acordo com o método *Pairwise Comparison*.

Passo 1 Critério	Prof.	Ag.Maritim(HMOM)	Ag.Maritim(TPO)	Temperatura	Ag.Maritim(HMO)	Dist.portos	Sedim.	Esforç. Pesc.	R. rodoviária	Hatcheries	Aerop.
Prof.	1.00	1	3	3	2	3	6	6	7	8	8
Ag.Maritim(HMOM)	1.00	1.00	3	3	4	3	5	6	7	7	8
Ag.Maritim(TPO)	0.33	0.33	1.00	2.00	2.00	3	4	4	6	6	7
Temperatura	0.33	0.33	0.50	1.00	3.00	3	4	5	7	6	7
Ag.Maritim(HMO)	0.50	0.33	0.20	0.17	1.00	5	3	5	6	7	8
Dist.portos	0.33	0.33	0.33	0.33	0.20	1.00	1	2	3	4	5
Sedim.	0.17	0.20	0.25	0.25	0.33	1.00	1.00	2	4	4	5
Esforç. Pesc.	0.17	0.17	0.25	0.20	0.20	0.50	0.50	1.00	2	4	5
R. rodoviária	0.14	0.14	0.17	0.14	0.17	0.33	0.25	0.50	1.00	3	4
Hatcheries	0.13	0.14	0.17	0.17	0.14	0.25	0.25	0.25	0.33	1.00	2
Aerop.	0.13	0.13	0.14	0.14	0.13	0.20	0.20	0.20	0.25	0.50	1.00
Passo 2 (a) Σ=	4,23	4,11	9,01	10,40	13,17	20,28	25,20	31,95	43,58	50,50	60,00

Passo 2 (b) Critério

Prof.	0.237	0.243	0.333	0.288	0.152	0.148	0.238	0.188	0.161	0.158	0.133
Ag.Maritim(HMOM)	0.237	0.243	0.333	0.288	0.304	0.148	0.198	0.188	0.161	0.139	0.133
Ag.Maritim(TPO)	0.079	0.081	0.111	0.192	0.152	0.148	0.159	0.125	0.138	0.119	0.117
Temperatura	0.079	0.081	0.055	0.096	0.228	0.148	0.159	0.156	0.161	0.119	0.117
Ag.Maritim(HMO)	0.118	0.081	0.022	0.016	0.076	0.247	0.119	0.156	0.138	0.139	0.133
Dist.portos	0.079	0.081	0.037	0.032	0.015	0.049	0.040	0.063	0.069	0.079	0.083
Sedim.	0.039	0.049	0.028	0.024	0.025	0.049	0.040	0.063	0.092	0.079	0.083
Esforç. Pesc.	0.039	0.041	0.028	0.019	0.015	0.025	0.020	0.031	0.046	0.079	0.083
R. rodoviária	0.034	0.035	0.018	0.014	0.013	0.016	0.010	0.016	0.023	0.059	0.067
Hatcheries	0.030	0.035	0.018	0.016	0.011	0.012	0.010	0.008	0.008	0.020	0.033
Aerop.	0.030	0.030	0.016	0.014	0.009	0.010	0.008	0.006	0.006	0.010	0.017
Σ=	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Passo 2 (c) Critério

Prof.	0.207
Ag.Maritim(HMOM)	0.216
Ag.Maritim(TPO)	0.129
Temperatura	0.127
Ag.Maritim(HMO)	0.113
Dist.portos	0.057
Sedim.	0.052
Esforç. Pesc.	0.039
R. rodoviária	0.028
Hatcheries	0.018
Aerop.	0.014

Peso (%)
20.72
21.56
12.91
12.71
11.32
5.70
5.19
3.88
2.77
1.82
1.41

Passo 3 (a) Critério

Prof.	0.207	0.216	0.387	0.381	0.226	0.171	0.312	0.233	0.194	0.146	0.113
Ag.Maritim(HMOM)	0.216	0.216	0.387	0.381	0.453	0.171	0.260	0.233	0.194	0.128	0.113
Ag.Maritim(TPO)	0.043	0.072	0.129	0.254	0.226	0.171	0.208	0.155	0.166	0.109	0.099
Temperatura	0.042	0.072	0.065	0.127	0.340	0.171	0.208	0.194	0.194	0.109	0.099
Ag.Maritim(HMO)	0.057	0.072	0.026	0.021	0.113	0.285	0.156	0.194	0.166	0.128	0.113
Dist.portos	0.019	0.072	0.043	0.042	0.023	0.057	0.052	0.078	0.083	0.073	0.071
Sedim.	0.009	0.043	0.032	0.032	0.038	0.057	0.052	0.078	0.111	0.073	0.071
Esforç. Pesc.	0.006	0.036	0.032	0.025	0.023	0.029	0.026	0.039	0.055	0.073	0.071
R. rodoviária	0.004	0.031	0.022	0.018	0.019	0.019	0.013	0.019	0.028	0.055	0.057
Hatcheries	0.002	0.031	0.022	0.021	0.016	0.014	0.013	0.010	0.009	0.018	0.028
Aerop.	0.002	0.027	0.018	0.018	0.014	0.011	0.010	0.008	0.007	0.009	0.014

Passo 3 (b) Critério

Prof.	12,48
Ag.Maritim(HMOM)	12,76
Ag.Maritim(TPO)	12,65
Temperatura	12,74
Ag.Maritim(HMO)	11,75
Dist.portos	10,73
Sedim.	11,45
Esforç. Pesc.	10,70
R. rodoviária	10,24
Hatcheries	10,13
Aerop.	9,85

Operação Consistente?

$\lambda = 11.41$

Consistency Ratio

$CI = (\lambda - n) / (n - 1)$

CI= 0.04

Random Index

CR= CI/RI n=11, RI=1.51 CR= 0.03

Passo 3 (a)

2,586
2,750
1,833
1,620
1,330
0,612
0,594
0,415
0,284
0,185
0,139

Passo 1: Construção da tabela *pairwise* - comparação de cada parâmetro relativamente a todos os outros, numa escala de 1 a 9. Onde o valor de 1 corresponde a igual importância entre parâmetros; e 9 um parâmetro é extremamente forte relativamente ao parâmetro que está a ser comparado (tabela de intensidade de importância construída por Saaty (1980) in Malczewski (1999). Todos os valores que estão por baixo da linha de “valor 1” (a amarelo) são o simétrico de todos os valores que se encontram acima da linha de “valor 1”.

Passo 2 (a): Somatório de cada coluna da tabela.

Passo 2 (b): Divisão de cada elemento da tabela *pairwise*, pelo somatório do passo 2 (a).

Passo 2 (c): Média de cada parâmetro - somatório por linha de cada parâmetro do passo 2 (b) a dividir pelo número de parâmetros; chega-se ao peso multiplicando por 100%.

Passo 3 (a): Cada valor da tabela *pairwise* do passo 1, a multiplicar por cada valor da tabela *pairwise* do passo 2 (c). Faz-se o somatório de cada linha.

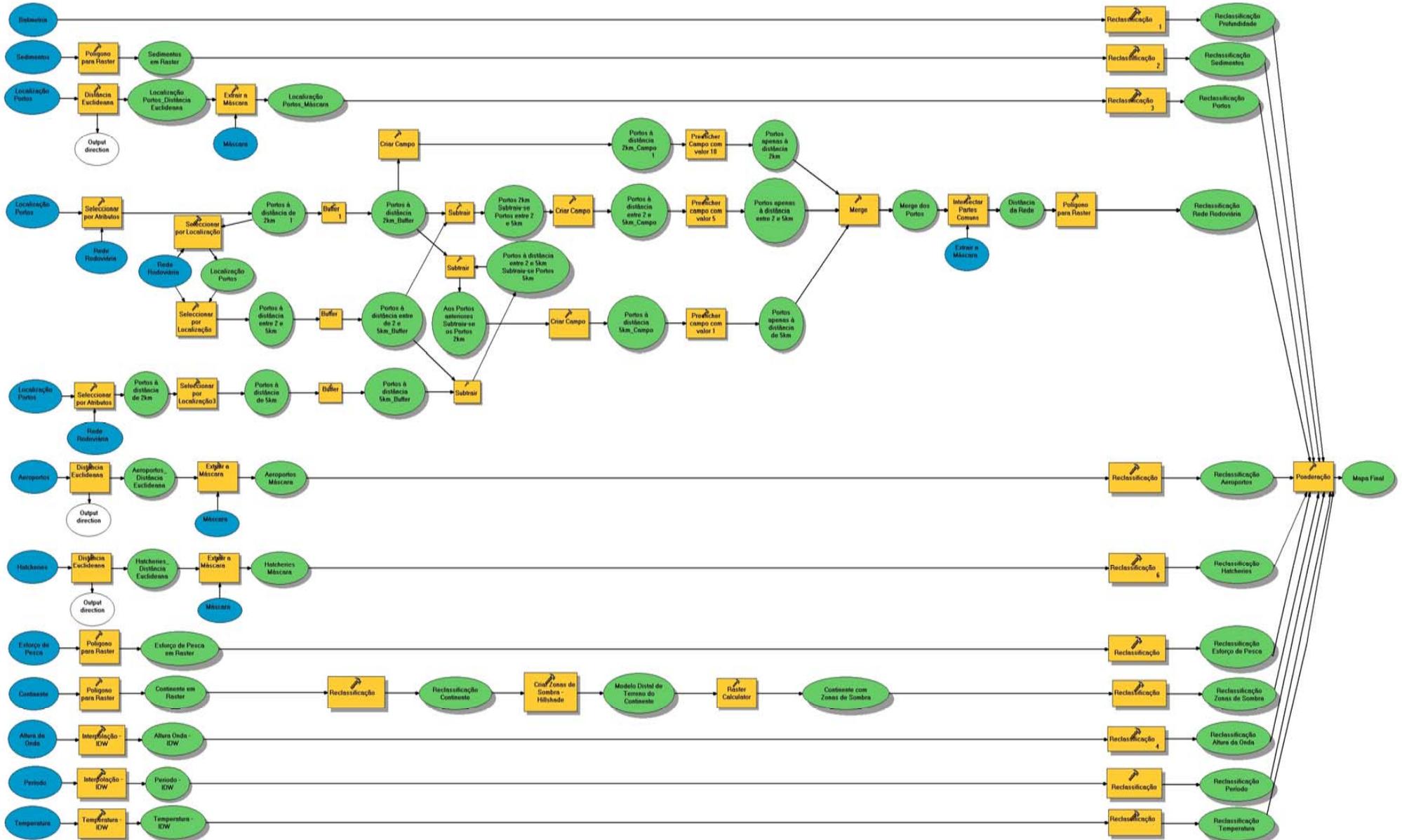
Passo 3 (b): Divisão de cada somatório do passo 3 (a) pelo respectivo valor da tabela *pairwise* do passo 2 (c).

Consistência da operação: $\lambda = \sum \text{parâmetros passo 3 (b)} / n$ (nº. parâmetros).

Consistência do Rácio: $CI = \lambda - n / n-1$

Índice aleatório: $CR = CI / RI$ (dependente do nº. de parâmetros com que se trabalha. Tabela em (1999).

Anexo 18: Modelo de Processamento.



Referências Bibliográficas

- Aguado-Giménez, F., Marín, A., Montoya, S., Marín-Guirao, L., Piedecausa, García-García, B.,** 2007. Comparison between some procedures for monitoring *offshore* cage culture in western Mediterranean Sea: Sampling methods and impact indicators in soft substrata. *Aquaculture* 271: 357–370.
- Beveridge, M.C.M,** 2004. Cage Aquaculture (3ª ed.). Blackwell Oxford. 368pp.
- Braithwaite, R. A., Carrascosa, M.C. C. e McEvoy, L. A.,** 2007. Biofouling of salmon cage netting and the efficacy of a typical copper-based antifoulant. *Aquaculture* 262: 219-226.
- Colbourne D. B.,** 2005. Another Perspective on Challenges in Open Ocean Aquaculture Development. *Journal of Oceanic Engineering* 1 (30): 4-11.
- Coleman, N., Longmore, A. e Cohen, B.** 2001. Baseline data for the Pinnacle Channel Aquaculture Site. Marine and Freshwater Resources Institute. *Natural Resources and Environment* 34. 35 pp.
- Costa, M., Silva, R. e Vitorino, J.,** 2001. Contribuição para o estudo do clima de agitação marítima na costa portuguesa. 2as jornadas portuguesas de Engenharia costeira e portuária. Instituto Hidrográfico.
- DGPA,** 2002. Guia da Aquicultura Marinha em Portugal, pp. 9-93.
- Dias, J.A.,** 1994. Estudo sintético de diagnostico da geomorfologia e da dinâmica sedimentar dos troços costeiros entre espinho e Nazaré. In Evolução do conceito de sedimento relíquia. Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade do Algarve. pp. 132-142.
- GESAMP, 1996,** (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP) Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Monitoring the ecological effects of coastal aquaculture wastes. Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. GESAMP reports and studies no. 57, Rome, 1996.
- Gillibrand P. A., Turrell, W. R., Moore D. C. e Adams, R. D.,** 1996. Bottom Water Stagnation and Oxygen Depletion in a Scottish Sea Loch. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 43: 217–235.

- Gonçalves, J.F.M.**, 1998. Salmão Atlântico (*Salmo salar*) In Manual de Aquacultura (1ª ed.), editado por M.A. Henriques (Universidade do Porto), pp. 115-137.
- Haynes, R., Barton, E.D. e Pilling, I.**, 1993. Development, Persistence, and Variability of Upwelling Filaments off the Atlantic Coast of the Iberian Peninsula. *Journal of Geophysical Research*, C (98) 12:22, 681-22,692. Published by American Geophysical Union.
- Hunter, D.C., Telfer, T.C e Ross, L.G.**, 2006. Development of a GIS-based tool to assist planning of aquaculture developments. A report to the Scottish Aquaculture Research Forum. Institute of Aquaculture. University of Stirling, April 2006. 60pp.
- Instituto Hidrográfico**, 2005a. Roteiro da Costa de Portugal, Portugal continental do Rio Minho ao Cabo Carvoeiro. Ministério da Defesa Nacional, Marinha. Lisboa, Portugal. 464pp.
- Instituto Hidrográfico**, 1989. Cruzeiro CERES II – Parâmetros Físico-Químicos e Biológicos. Divisão de Química e Poluição, Agosto 1984.
- Kapetsky, J.M. e Aguilar-Manjarrez, J.**, 2007. Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture. *Fisheries and Aquaculture Department*, No. 458. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. 125pp.
- Katranitsas, A., Castritsi-Catharios, J. e Persoone G.**, 2003. The effects of a copper-based antifouling paint on mortality and enzymatic activity of a non-target marine organism. *Marine Pollution Bulletin* 46: 1491-1494.
- Lemos, R.T. e Pires, H.O.**, 2001. Tendências de longo prazo no regime de afloramento da costa ocidental portuguesa. SIAM. 6pp.
- Li, Q., Gowing, J. W. e Mayilswami, C.**, 2005. Multiple-Use management in a large irrigation system: an assessment of technical constraints to integrating aquaculture within irrigation canals. *Irrigation and Drainage* 54: 31–42.
- Loureiro, E.J.S.M**, 2006. Indicadores geomorfológicos e sedimentológicas na avaliação da tendência evolutiva da zona costeira (Aplicação ao concelho de Esposende). Tese de Doutoramento em Ciências. Universidade do Minho. 352pp.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C. e Ross, L.G.**, 2003a. Use of GIS-Based Models for Integrating and Developing Marine Fish Cages within the Tourism Industry in Tenerife (Canary Islands), *Coastal Management* 31:355–366.

- Pérez, O.M., Telfer, T.C. e Ross, L.G.** 2003b. On the calculation of wave climate for *offshore* cage culture site selection: a case study in Tenerife (Canary Islands). *Aquaculturaal Engineering* 29: 1-21.
- Pérez, O.M., Ross, L.G, Telfer, T.C., e del Campo Barquin, L.M.,** 2003c. Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands). *Aquaculture* 224: 51-68.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C. e Ross, L.G.,** 2005. Geographical information systems-based models for *offshore* floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. *Aquaculture Research* 36: 946-961.
- Pinho, J.L.S., Vieira, J. M. P. e Carmo, J.S. A.,** 2003. Modelação Matemática da Produção Primária em Zonas Costeiras. *Engenharia Civil*, 16: 25:41.
- Ré, P. M. A. B.,** 2001. Biologia Marinha. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 88pp.
- Ross, L.G., Mendoza, E.A. e Beveridge, M.C.M.,** 1993. The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: an example based on salmonid cage culture. *Aquaculture* 112: 165–178.
- Saraiva, A.F.C.,** 2001. Produção Primária de Biomassa no Estuário do Tejo. Estudo da variabilidade das descargas. Trabalho Final de Curso da Licenciatura em engenharia do Ambiente. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico.
- Sousa, F.M.,** 1992. Satellite-Derived Phytoplankton Pigment Structures in the Portuguese Upwelling Area. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 97. C7:11, 343-11,356. Published by American Geophysical Union.
- Valavanis, V.D.** 2002. *Geographic Information Systems in Oceanography and Fisheries* (1ª ed.) (London: Taylor and Francis). 181pp.