

Ria Formosa – POLIS LITORAL – Plano P6:
Plano de valorização e gestão sustentável das actividades ligadas
aos recursos da Ria

FORWARD

Framework for Ria Formosa water quality,
aquaculture, and resource development

Contrato nº 101/10/CN003

Segundo relatório de progresso

J. Gomes Ferreira, C. Saurel, L. Ramos, J.P. Nunes, J.D. Lencart e Silva, F. Vazquez



<http://www.polislitoralriaformosa.pt/plano.php?p=3>



<http://.imar.pt/>

Período: 15/07/2010 – 15/01/2011
Data de início do projecto: 15/01/2010

Índice

Sumário executivo	i
Trabalho em curso - projecto FORWARD	i
Análise estratégica do projecto FORWARD	ii
Licenciamento e práticas de cultura	iii
Efeitos ambientais.....	v
Estimativas de produção.....	vi
Áreas de investigação e acções potenciais.....	vi
Factores limitantes ao desenvolvimento	viii
1 Definição espacial do modelo ecológico	1
1.1.1 Objectivos.....	1
1.1.2 Critérios gerais e metodologia.....	1
1.1.3 Resultados.....	1
1.1.4 Resumo da proposta de caixas para o sistema da Ria Formosa.....	8
2 Processos à escala do sistema.....	9
2.1 Simulação das cargas da bacia hidrográfica.....	9
2.1.1 Recolha de informação de base.....	9
2.1.2 Estimativa preliminar das cargas da bacia	10
2.1.3 Selecção do domínio da modelação	11
2.1.4 Trabalho futuro	13
2.2 Hidrodinâmica: modelos de circulação	14
2.2.1 Introdução.....	14
2.2.2 Trabalho desenvolvido.....	14
Grelha de cálculo.....	14
Batimetria	15
2.2.3 Trabalho futuro	19
3 Espécies cultivadas	19
3.1 Práticas Óptimas de Cultivo (BMPs).....	19
3.1.1 Enquadramento	19
3.1.2 Justificação	19
3.1.3 Ponto de Situação na RIA Formosa:.....	20
3.1.4 Acções Futuras.....	20
3.1.5 Porquê a certificação?	20
3.1.6 Princípios base para a certificação:.....	21
3.2 Práticas de cultura actualizadas	21
3.3 Experiência – “pequena escala”: planeamento	23
4 Modelação da capacidade de sustentação	24
4.1 Modelo de crescimento individual de bivalves	24
4.1.1 Resultados.....	24
4.1.2 Trabalho em curso	24
4.1.3 Desenvolvimentos futuros.....	24
4.2 Modelo de piscicultura - POND.....	25
4.3 Modelação ecológica.....	29
4.3.1 Modelo ecológico à escala do sistema.....	29
4.3.2 APPA de Armona – CoExist.....	29
5 Reuniões	33
6 Equipa FORWARD	33
7 Referências-chave.....	33

Sumário executivo

Trabalho em curso - projecto FORWARD

Foram propostos diferentes critérios para a definição espacial do modelo ecológico, nomeadamente i) dados físicos, ii) legislação nacional e europeia e iii) zonas de aquacultura. Os resultados para cada critério foram compilados em diferentes imagens SIG, obtendo no final uma única imagem que mostra os limites das caixas para dentro e fora da Ria. Após a aprovação destas pelas diferentes entidades do projecto estas caixas serão implementadas no modelo ecológico.

No caso do trabalho efectuado para a simulação das cargas da bacia hidrográfica, no período a que se refere o presente relatório, consistiu em: i) recolha de informação de base necessária para a aplicação do modelo SWAT à área de estudo: a bacia hidrográfica da Ria Formosa; ii) estimativa preliminar das cargas de nutrientes provenientes da bacia hidrográfica usando métodos simplificados, de forma a estimar a sua importância relativamente a outras fontes de nutrientes.

Está ainda em curso a selecção do domínio espacial e temporal de aplicação do modelo SWAT, face às características biofísicas da área de estudo, necessidades do projecto, e disponibilidade da informação de base. Após a conclusão deste processo, poder-se-à dar início à montagem do modelo para a área de estudo.

Relativamente ao trabalho desenvolvido na componente de modelação hídrica, este centrou-se no desenho da geometria do modelo, decorrendo ao longo de dois eixos principais: i) determinação do domínio e elaboração da grelha de modelação; ii) selecção das sondagens relevantes e construção da batimetria. À data deste relatório foi atingido um desenho numericamente estável da geometria do modelo que possibilita a realização dos objectivos de operação nomeadamente: i) um domínio que engloba a zona de interesse de forma contínua; ii) detalhe suficiente para a modelação do transporte entre unidades ecológicas homogéneas; iii) rapidez de cálculo de forma a agilizar a calibração e simulação de cenários.

A criação e implementação de códigos de conduta e de boas práticas constitui um passo no sentido da gestão responsável. Quando os seus princípios e normas incluem aspectos ambientais, sociais e económicos, a sua aplicação pode constituir uma boa base para a sustentabilidade das explorações aquícolas. Permitem atingir objectivos ambientais para a manutenção da qualidade da água e dos ecossistemas, e representam um benefício mútuo entre a produção aquícola e a protecção dos recursos naturais. O desenvolvimento e implementação de um processo de certificação pode promover a confiança dos consumidores nos produtos da aquicultura e contribuir para melhorar as práticas de produção.

Em relação às práticas de cultura de amêijoas e de ostras estas foram actualizadas com os dados disponibilizados pela ARH e pelo IPIMAR. Existe ainda uma discrepância relativamente aos dados, entre os valores cedidos pela ARH das áreas dos viveiros e os valores reais (pode ser analisada mais detalhadamente no ponto da análise estratégica), que estão a ser corrigidos pelas diferentes entidades envolvidas, nomeadamente IPIMAR, Parque, ARH e DGPA.

As experiências para compreender os processos de produção da capacidade de carga à escala dos viveiros estão planeadas para Abril de 2011 em alguns viveiros da zona da Fortaleza. O trabalho será feito em conjunto com os viveiristas, a Cooperativa Formosa, IPIMAR e cientistas internacionais do Reino Unido e Dinamarca. Estas experiências vão ser feitas durante um ciclo de maré completo em

diferentes tipos de viveiros (semente natural, calhau rolado, e local de controlo – sem bivalves). Os resultados esperados são: i) quantificar e qualificar a fonte hidrodinâmica de alimento para os animais; ii) qualificar o tipo de alimentação; iii) utilizar os resultados para definir os marcadores de alimentação nos modelos de crescimento individual; iv) desenvolver um modelo empírico das interações entre as três componentes em relação ao habitat das amêijoas, para ajudar os viveiristas na gestão das densidades populacionais e nas modificações do habitat.

O trabalho desenvolvido na componente de modelo de crescimento individual das amêijoas e das ostras centrou-se principalmente na colheita de amostras de amêijoas para a parametrização do modelo e para a construção do modelo DEB (Dynamic Energy Budget) de crescimento individual de amêijoas. Para o modelo de crescimento individual da ostra serão recolhidos mais dados da componente fisiológica durante a experiência a pequena escala e da literatura. Estes modelos vão permitir a simulação do crescimento (peso e tamanho) individual das amêijoas e das ostras na Ria Formosa. Os resultados obtidos vão ser utilizados nos modelos FARM à escala local e EcoWin2000 à escala do sistema.

A simulação de tanques de aquacultura encontra-se em fase adiantada de desenvolvimento. O modelo, denominado POND (Pond Aquaculture Management and Development) simula o crescimento individual dos organismos cultivados. Presentemente está em fase de implementação um modelo individual de crescimento para a dourada, *Sparus aurata* (ver primeiro relatório de progresso). Já se encontram implementados os componentes relevantes de qualidade da água e sedimentos, decomposição de alimento, balanço de oxigénio e descarga de efluentes. Os aspectos económicos do ciclo de cultivo também são considerados. O modelo foi concebido para gestão de tanques de aquacultura, e tem cinco objectivos principais: (i) previsão da produção e requisitos alimentares (de ração); (ii) optimização de juvenis e período de cultura; (iii) optimização de métodos de cultivo, e.g. monocultura ou policultura integrada multitrófica e.g. com bivalves tais como ostras; (iv) análise de impactes sobre a qualidade da água, importantes para a certificação e desenvolvimento sustentável; e (v) determinação de lucro, incluindo a avaliação de externalidades. São apresentados alguns exemplos de aplicação prática deste modelo na gestão de aquaculturas em tanques.

A simulação da capacidade de carga do sistema da Ria Formosa com o modelo EcoWin2000 encontra-se numa fase inicial. Uma vez aprovada a definição espacial do modelo ecológico (apresentada na secção 2) pelas diferentes entidades do projecto, será introduzida no modelo. Entretanto, o trabalho de modelação ecológica centrou-se na parte costeira da Ria Formosa, nomeadamente na APPA de Armona. Os primeiros resultados de simulação de crescimento com mexilhões em alguns dos lotes foram obtidos e apresentados no relatório. O trabalho em curso é uma simulação da produção de bivalves na totalidade dos 60 lotes. A próxima etapa será introduzir os diferentes modelos de crescimento individual no modelo ecológico para as diferentes espécies de bivalves e de peixes. Finalmente, vão-se escolher diferentes cenários (e.g. diferentes densidades de sementes...) para fazer as simulações de produção e de impacte na qualidade da água. Estes resultados ecológicos e económicos das simulações do modelo fornecerão informações de apoio para uma produção sustentável.

Análise estratégica do projecto FORWARD

Após ter decorrido um ano sobre a data de assinatura do contrato FORWARD, e tendo em conta que o objectivo primordial do projecto é a valorização dos recursos

renováveis da Ria Formosa, em particular os provenientes da moliscultura e aquacultura, é feita nesta secção uma análise relativa ao trabalho em curso.

As componentes socio-económicas são altamente relevantes, sendo repetidamente identificadas na consulta aos vários actores. É fundamental compreender qual o eventual papel dos modelos em desenvolvimento no FORWARD neste contexto.

Licenciamento e práticas de cultura

As disposições do plano de ordenamento da Ria Formosa correntemente em vigor são as seguintes:

Artigo 37.º

Culturas marinhas

1 — Na área lagunar do Parque Natural da Ria Formosa não é permitida a instalação de novos estabelecimentos de culturas marinhas, excepto nas áreas já afectas a esta actividade ou resultantes de conversão de salinas em estabelecimentos de culturas marinhas.

2 — Qualquer alteração à estrutura ou morfologia dos estabelecimentos de culturas marinhas existentes carece de parecer do ICNB, I. P.

3 — Os viveiros de bivalves devem obedecer às seguintes condicionantes:

a) A mobilização de inertes do domínio público hídrico e a utilização do material mobilizado em culturas de moluscos bivalves só pode ser autorizada para acções de limpeza de viveiros ou como medida de conservação e reabilitação da zona costeira e lagunar nos termos previstos em legislação específica;

b) Não é permitida a utilização de entulhos ou terra;

c) Não é permitida a utilização de areia ou outros materiais inertes que não sejam provenientes da ria Formosa;

d) Não é permitida a utilização de equipamento motorizado sem a autorização do ICNB, I. P.;

e) As divisórias para delimitação dos viveiros devem utilizar materiais provenientes da ria Formosa;

f) É permitida a manutenção e limpeza do viveiro com remoção da camada degradada, devendo o substrato retirado ser transportado para fora do sistema lagunar ou enterrado dentro do viveiro, em local que não prejudique o terreno;

g) É permitida a deposição de areia desde que se mantenha cota inicial do viveiro;

h) Não é permitida a permanência de animais domésticos nos viveiros;

i) Não podem ser efectuadas quaisquer operações relativas ao viveiro fora dos seus limites;

j) Não é permitida a compactação do terreno.

4 — Nas salinas admite -se a instalação de estabelecimentos de culturas marinhas em regime extensivo ou semi -intensivo, sujeita aos seguintes critérios:

a) Os projectos aquícolas devem recorrer à policultura integrada com espécies indígenas da ria Formosa;

b) Admitem-se alterações às cotas de fundos dos reservatórios das salinas, bem como à sua configuração, com vista à instalação de estabelecimentos de culturas marinhas;

c) Toda a área dos cristalizadores das salinas ou uma área equivalente que para o efeito seja transformada para manter as condições ecológicas adequadas deve ser reservada para usos compatíveis com a manutenção do estado de conservação favorável das espécies de avifauna aquática durante todo o tempo de exploração aquícola;

d) Deve ser garantida a renovação da água, a limpeza das margens e muros e a manutenção das infra-estruturas associadas às salinas, designadamente comportas, e cômoros, por parte do proprietário, arrendatário da exploração aquícola ou em conjunto com os diversos intervenientes na exploração económica, salvaguardando o período de nidificação das aves que aí ocorrem;

e) É permitida a protecção dos tanques aquícolas com vedações não lesivas para a fauna selvagem e que possibilitem a sua circulação;

f) A circulação de veículos motorizados nos cômoros dos tanques das salinas está condicionada aos veículos necessários à exploração das mesmas e dos terrenos circundantes, e outros devidamente autorizados pelo ICNB, I. P., sendo condicionada à época da nidificação;

g) O recurso a alimento suplementar obedece aos seguintes requisitos:

i) Existência de tanques de tratamento de águas residuais;

ii) Funcionamento de tanques de produção como unidades independentes;

iii) Bombagem e circulação de água correctamente dimensionadas;

h) Sem prejuízo da legislação em vigor, é obrigatória a elaboração de um plano de monitorização interna e externa, que contemple pelo menos os seguintes constituintes: oxigénio dissolvido, pH, temperatura, sólidos suspensos totais, carência bioquímica de oxigénio, fósforo total, azoto amoniacal, azoto total, amoníaco não ionizado, nitratos, coliformes fecais e coliformes totais.

5 — A emissão de parecer favorável pelo ICNB, I. P., aos pedidos formulados pelos detentores de licenças de culturas de bivalves pode ser concedida, a título excepcional:

a) À obtenção de inertes a utilizar nas áreas de cultura de moluscos bivalves, nomeadamente de amêijoia -boa *Ruditapes decussatus*;

b) À captura de juvenis das espécies já cultivadas para efeitos de repovoamentos dos respectivos viveiros.

6 — A emissão de parecer favorável nos casos previstos na alínea a) do número anterior depende da observância das seguintes condições:

a) A extracção de inertes for feita com recurso a meios manuais;

b) Excepcionalmente pode ser utilizada uma pequena draga;

c) Quando a extracção e o transporte de inertes forem realizados por outra entidade, tal indicação deve constar do pedido de autorização efectuado pelos interessados.

7 — A emissão de parecer favorável nos casos previstos na alínea b) do n.º 4 depende da observância das seguintes condições:

a) A captura deve ser feita com recurso a faca de mariscar ou à mão;

b) A captura pode ser delegada noutra entidade, desde que essa indicação conste no pedido efectuado e na licença emitida.

8 — Da autorização concedida deve constar o destino do material extraído e a entidade responsável pela extracção e pelo transporte de inertes.

9 — Com vista a evitar a degradação da qualidade da água na ria Formosa, o recurso a alimento suplementar obedece aos seguintes requisitos:

a) Existência de tanque de tratamento de efluentes;

b) Funcionamento dos tanques de produção como unidades independentes;

c) Bombagem e circulação de água correctamente dimensionadas;

d) Aplicação de um plano de monitorização interna dos seguintes constituintes: oxigénio dissolvido, pH, temperatura, sólidos em suspensão (SST), carência bioquímica de oxigénio (CBO), fósforo total, azoto amoniacal e amoníaco não ionizado, nitritos e azoto total.

10 — Independentemente dos requisitos referidos no número anterior, cada unidade de produção deve assegurar que as águas residuais resultantes da exploração observem os limites impostos na legislação para a qualidade das águas em função dos usos do meio.

11 — A aplicação de substâncias químicas com fins terapêuticos em áreas que drenem para o espaço lagunar da ria Formosa deve ser objecto de comunicação imediata ao ICNB, I. P., com indicação dos produtos, quantidades e motivos pelos quais se torna necessária a sua utilização.

12 — Sem prejuízo do disposto no número anterior, a utilização de antibióticos só é autorizada por prescrição veterinária e com acompanhamento por parte dos serviços competentes.

13 — O controlo de predadores está sujeito a autorização do ICNB, I. P., a qual depende da observação das seguintes condições:

a) Adopção de métodos selectivos de captura;

b) A captura não incida sobre espécies protegidas.

14 — Qualquer acidente com espécies protegidas deve ser comunicado ao ICNB, I. P., num prazo máximo de 48 horas.

15 — A limpeza, reparação e manutenção de cômoros e tanques deve ser feita fora da época de reprodução das aves aquáticas, excepto quando tal for imprescindível para o normal funcionamento da salicultura.

Um dos potenciais problemas de gestão da moluscicultura, particularmente da cultura de amêijoas e ostras, está relacionado com os critérios de licenciamento. A existência de muitos viveiristas, e de lotes muito pequenos, dificulta a gestão dos bancos concessionados.

Na Figura 1 encontram-se representados muitos viveiros de pequenas dimensões, com áreas que variam entre os 1500 e 5000 m².

Uma parte das práticas de cultura consideradas indesejáveis do ponto de vista dos valores naturais está relacionada com a percepção pelos aquicultores de que cada concessão corresponde a uma área que deve ser preservada (especialmente), cuja produção deve ser maximizada, e cujo valor negocial de trespasse se encontra directamente relacionado com esses dois factores.

Em consequência, essas áreas são claramente demarcadas através da colocação de separadores tais como tijolos, ferros, ou outros objectos. Esses marcos servem o duplo papel de identificar claramente as concessões e evitar a erosão dos bancos intertidais. Adicionalmente, quaisquer zonas de poças dentro das concessões são consideradas indesejáveis pelos concessionários. Essas poças formam-se naturalmente devido à distribuição irregular dos bancos de areia, mas dado que os aquicultores pretendem maximizar a área de cultivo, e como a água nas poças formadas na baixa-mar pode facilmente tornar-se hipóxica ou anóxica, resultando em

mortalidades elevadas de animais, é prática comum aterrar essas zonas provocando um nivelamento do terreno e canalizando a água para canais de drenagem, à semelhança do que é usual em agricultura.



Figura 1. Viveiros da Fortaleza, perto de Olhão. Sobreposição aproximada do cadastro em SIG (áreas a amarelo) e de um levantamento topográfico efectuado pela Cooperativa Formosa em 2009 (áreas contornadas a negro .

É ainda prática corrente aplicar calhau rolado de cerca 0.5 cm de diâmetro, que é depois revolvido com a areia das concessões, com o objectivo de estabilizar o sedimento e reduzir a erosão. O calhau é removido no verão, dado que é aparentemente responsável por um sobreaquecimento do sedimento nos meses quentes e forma um núcleo de colonização de epífitos, já bem visível no Inverno. É de esperar que a conjugação do aquecimento da água intersticial dos sedimentos quando a baixa-mar é durante o dia, aliada a um excesso de respiração de algas quando a baixa-mar têm lugar durante a noite, sejam fortes motivos para a elevada mortalidade de amêijoas devido a hipóxia em determinadas épocas do ano.

A prática de cultura observada no terreno contrasta claramente com as disposições do plano de ordenamento. Contudo, as opções dos aquicultores são compreensíveis à luz das suas preocupações. O desafio é a concertação das disposições do plano de ordenamento com as expectativas de desenvolvimento e valorização da aquacultura.

Efeitos ambientais

A percepção dos aquicultores em relação aos problemas ambientais pode ser dividida em duas componentes: poluição e erosão.

Do ponto de vista de poluição, as preocupações dos actores são a contaminação fecal e as cargas orgânicas. Existe a percepção de que a falta de tratamento de esgotos, e o funcionamento deficiente de ETARs, são as principais razões dos problemas de poluição. Contudo, cerca de 50% da carga de azoto que chega à Ria através da bacia hidrográfica tem origem em poluição difusa, ou seja a diminuição dessa carga não poderá ser conseguida através de ETARs. O mesmo se aplica

(qualitativamente) à entrada de microrganismos entéricos, cujas fontes são animais e humanas, incluindo suiniculturas, fossas sépticas, etc.

A erosão de sedimentos e redistribuição em outras partes da Ria Formosa, que é um fenómeno natural num sistema de ilhas barreira desta natureza, é uma preocupação para os aquicultores por um lado pelas razões acima descritas, e por outro pela percepção que a deficiente circulação da água é responsável pela reduzida oxigenação, e conseqüentemente pelo aumento de mortalidade. Contudo, um maior hidrodinamismo tende a contribuir para uma maior redistribuição de sedimento, pelo que os dois processos serão sempre em boa parte antagónicos: maior erosão e melhor oxigenação, ou mais consolidação dos bancos e menos oxigénio dissolvido.

Estimativas de produção

Um das questões-chave é a compreensão dos valores reais de produção de bivalves na Ria. Sem uma percepção correcta da situação real é impossível desenvolver um plano de gestão. O “ajuste” aproximado (Figura 1) de áreas cadastradas por topografia e áreas licenciadas (SIG) ilustra o problema. Sem uma análise correcta das áreas cultivadas (mesmo que ilegais) não é possível simular a produção, ou os efeitos ambientais da mesma.

Presentemente, estima-se uma produção de 5000 t ano⁻¹ (IPIMAR).

Tabela 1. Produção de amêijoa a partir de dados de cultivo

Tipo de análise	Pessimista	Standard	Optimista
Áreas de viveiro (ha)	395	395	395
Densidade (ind m ⁻²)	100	125	150
Periodo de cultivo (anos)	2	2	2
Peso individual adulto (g)	6	7	8
Massa por hectare (t ha ⁻¹)	6	8.75	12
Produção anual (t ano⁻¹)	1185	1728	2370

Com base nos dados da Tabela 1 não é possível atingir as 5000 t ano⁻¹. Considerando que os outros parâmetros são inelásticos, se a produção anual for efectivamente de cinco mil toneladas a área presentemente ocupada será de cerca de 830 ha, para uma densidade de 150 ind m⁻² e um peso individual adulto de 8g.

Áreas de investigação e acções potenciais

Foram identificadas as seguintes questões e acções potenciais:

1. Em relação à amêijoa e à ostra, qual é a estrutura da parte terrestre da industria? Onde é efectuada a depuração, quais são as quantidades depuradas, existe algum processamento para além da embalagem (ensacamento)?
2. Qual é a estrutura financeira de um viveirista típico, i.e. em termos de custos e receitas.
3. Qual é o volume de calhau vendido para a Ria Formosa e aplicado nos viveiros?
4. Qual o efeito da APPA de Armona sobre o alimento natural que chega à Ria Formosa?
5. Valor acrescentado – estruturas em terra, por exemplo para desenvolver congelamento instantâneo com azoto líquido para o mercado de exportação.
6. Planeamento de maternidades. A semente é recolhida em bancos naturais, poderiam ser utilizadas outro tipo de soluções, tais como Floating Upwellers (FLUPSY).
7. Taxas de crescimento da ostra portuguesa, *Crassostrea angulata*: esta ostra tem um valor comercial superior à ostra japonesa (*C. gigas*), mas cresce mais lentamente. É necessário realizar experiências sobre a sua fisiologia, para desenvolvimento de modelos matemáticos.

8. Valor acrescentado dos produtos amêijoa boa e ostra portuguesa. É necessário um trabalho substancial de certificação e “branding”.
9. A amêijoa boa, *Ruditapes decussatus*, é um produto de elevado valor comercial. É presentemente adquirido a 10 euros por kg ao viveirista, e vendido a 16 euros ao consumidor final. Estima-se que 80% do mercado é de exportação. Uma parte importante da exportação é efectuada para Espanha, onde os preços são substancialmente mais elevados. Em termos de valorização, seria útil compreender qual o mercado final do produto, ou seja se o consumo é essencialmente em Espanha ou se uma parte importante é revendida a preços mais elevados.
10. O período de crescimento de ostra do Pacífico é de 18 meses (80g TFW), metade do tempo necessário no Norte da Europa ou em sistemas como Puget Sound nos EUA. Isto significa que a produção por metro quadrado é o dobro para densidades idênticas, o que é sem dúvida uma vantagem competitiva de grande importância no plano internacional.

Nesta análise identificou-se um conjunto de questões relevantes para a valorização dos recursos renováveis da Ria Formosa, algumas das quais poderão ser analisadas através do uso dos modelos matemáticos em desenvolvimento do FORWARD, outras não.

Tabela 2. Questões relevantes para a valorização dos recursos renováveis da Ria Formosa

Tema	Motivação	Abordagens recomendadas
Reconhecimento internacional de produto	Acréscimo de valor	Certificação
		Branding (região demarcada de origem)
		Nomes comuns apelativos (grooved carpet shell)
Área de produção de bivalves	Gestão do território	Aplicação de calhau rolado (cálculo indirecto a partir de vendas) Medições em SIG
Produção total de bivalves	Para uma boa gestão é necessário saber a produção	Declarativa (desembarques)
		Modelação matemática (Ecowin2000)
		Produção nominal baseada em áreas cadastradas
Produção de bivalves nos viveiros	Optimização de densidades, lucro, e efeitos ambientais	Modelo FARM pode ser aplicado à escala de um conjunto de viveiros (e.g. a zona da Error! Reference source not found.), ou à escala de lotes de 1000-5000 m ² .
Gestão da APPA de Armona	Licenciamento (utilização e densidade de cultivo, peixes e bivalves)	Modelação matemática (Ecowin2000)
Interações com a APPA de Armona	Gestão do alimento disponível	Modelação matemática (Ecowin2000)
Produção de peixes em piscicultura em terra	Determinação de VMA de descarga e VMR de captação, perspectivas de gestão, IMTA	Modelo POND
Saúde animal	Redução da mortalidade	Boas práticas, apoio de modelos de rede
Saúde pública	Melhoramento da qualidade e certificação	Modelo SWAT e D3D – testar cenário de redução, possibilidade de implementar um emissário submarino
Eutrofização, densidades elevadas	Redução da mortalidade de bivalves	Ensaios com e sem uso de calhau
Redução de eutrofização por bivalves	Créditos de nutrientes	FARM

Factores limitantes ao desenvolvimento

1. A prática de cultivo é muito pouco sofisticada. Não existe qualquer mecanização (excluindo a lavra do terreno com motocultivador), redes para predadores, etc. Essas limitações decorrem em parte do plano de ordenamento.
2. Os lotes poderiam ser consolidados, tornando mais fácil a sua gestão.
3. Sistema de incentivos a que as poças e canais não sejam aterrados.
4. Limitação das densidades para evitar mortalidades, desenvolvimento de ensaios com e sem calhau rolado.
5. Acidificação oceanica – Este problema, indicado pela redução de pH, tem como consequência a redução da sobrevivência de larvas em zonas de aquacultura de outras partes do mundo.
6. Ausência de uma maternidade para uso local.
7. Elevada biomassa de macroalgas, com efeitos sobre a produção de bivalves (mortalidade, limitações na circulação reduzindo o alimento disponível e a renovação de água (eliminação de amónia, etc). Em alguns sistemas de cultura, as algas são removidas mecanicamente, sendo produzido um *mulch* de uma sucessão de espécies tais como *Ulva* e *Enteromorpha*.

1 Definição espacial do modelo ecológico

1.1.1 Objectivos

Nesta secção propõem-se alguns critérios para a definição espacial do modelo ecológico para a Ria Formosa no âmbito do projecto FORWARD. Esta proposta é baseada na aplicação de critérios anteriormente sugeridos para a definição do modelo de caixas no Projecto SMILE (SMILE www.ecowin.org/smile/).

1.1.2 Critérios gerais e metodologia

Para a Ria Formosa, irá ter-se em consideração os seguintes critérios: (i) dados físicos e de qualidade da água; (ii) legislação; e (iii) zonas de aquacultura.

Dados físicos: As diferentes áreas (ou caixas) do modelo devem ser definidas de acordo com os aspectos físicos e da qualidade da água, de forma a privilegiar a homogeneidade de cada caixa. Esta definição é baseada na morfologia, padrões de correntes e parâmetros de qualidade da água. Morfologia esta, que será analisada com os dados da batimetria. A avaliação da estratificação vertical é realizada através da análise dos perfis verticais de densidade. Estes são calculados, utilizando os dados da salinidade e da temperatura disponíveis na base de dados do sistema da Ria Formosa

Legislação: Directiva - Quadro da Água (DQA), Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro), legislação referente aos planos de ordenamento de áreas protegidas e aos planos de ordenamento da orla costeira (POOC).

Devido às medidas impostas pela DQA relativamente as massas de água, é fortemente recomendado que os limites destas devam ser tomadas em consideração. Foram utilizados os mapas cedidos pelo INAG (<http://dqa.inag.pt/>) para os diferentes tipos de massas de água enunciados na DQA (águas de transição e costeiras) e as cartas de ordenamento das áreas protegidas (Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa) cedidos pela ARH- Algarve.

(i) Directivas comunitárias

Massas de água definidas no âmbito da 2000/60/EC, Directiva Quadro da Água (DQA), e 2008/56/EC, Directiva Quadro “Estratégia Marinha” 2008/56/CE.

Dados necessários: Cartas com a definição das massas de água (informação disponível).

(ii) Áreas protegidas e zonas de protecção especial

Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa (aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 78/2009, de 2 de Setembro).

Dados necessários: Cartas SIG existentes

Zonas de aquacultura: Viveiros/explorações de aquacultura, não deverão ser, se possível, subdivididos em várias caixas. A definição das áreas e a conversão dos dados em SIG está em curso. As diferentes espécies cultivadas necessitam de ser identificadas para analisar a sua possível agregação espacial.

1.1.3 Resultados

O projecto ECASA utilizou o esquema ilustrado na figura 1. Mas para o presente estudo proceder-se-á a uma desagregação espacial mais detalhada, prevendo-se uma divisão em dezenas de caixas.

As decisões sobre o esquema final da divisão da Ria Formosa para efeitos de simulação, serão efectuadas consensualmente pela equipa de projecto em estreita

concertação com a comissão consultiva (“core committee”) e com os restantes actores, destacando-se o Parque Natural da Ria Formosa e as associações de viveiristas.

Os resultados preliminares do projecto ECASA (www.ecasa.org.uk) estão apresentados na Figura 2. De acordo com o mencionado anteriormente realizou-se uma nova análise para se ajustar as caixas de acordo com os novos dados enunciados.

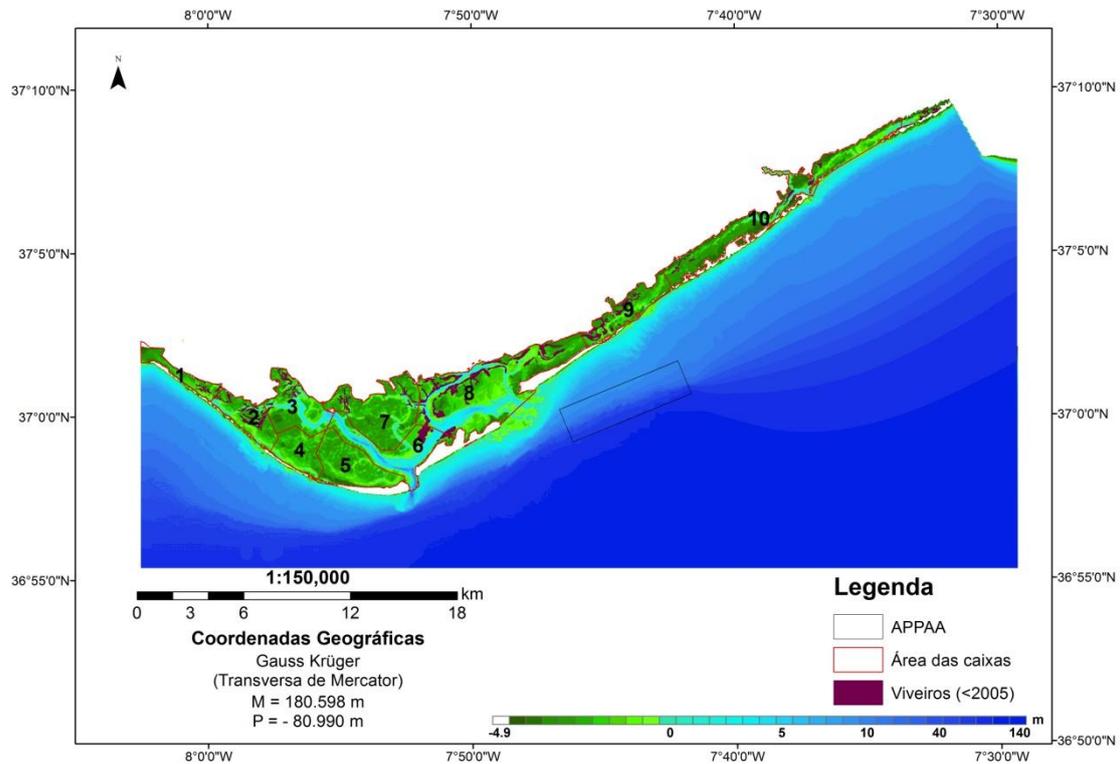
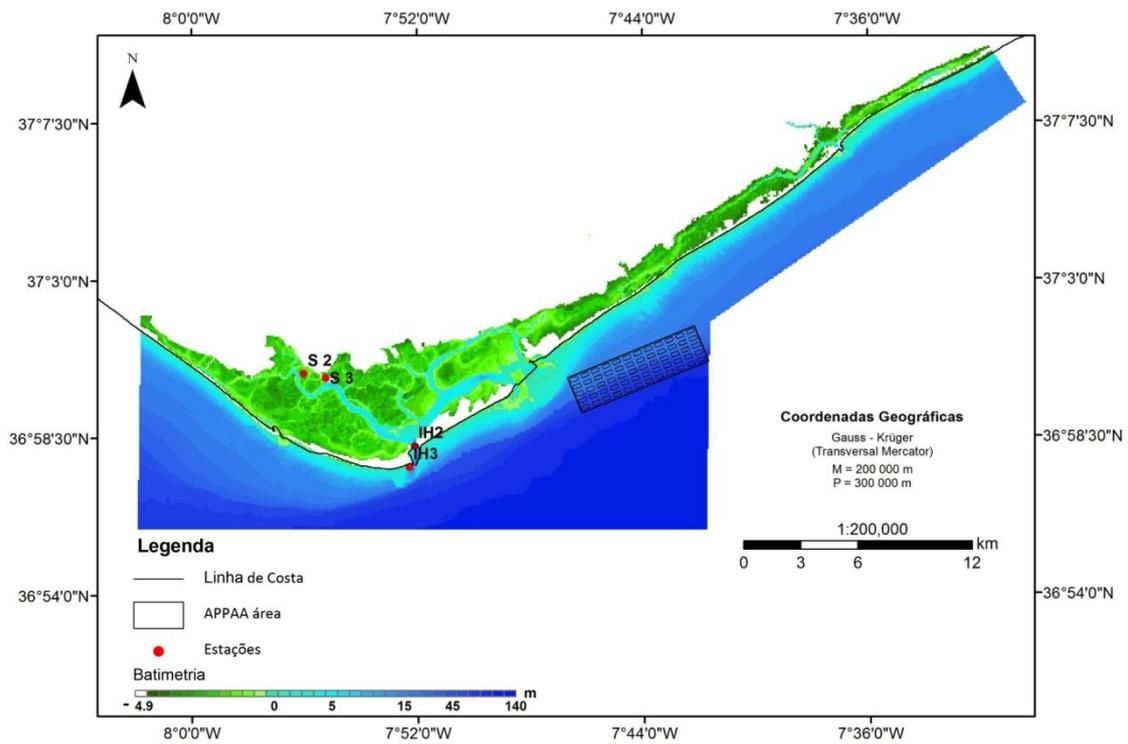


Figura 2. Limites das caixas no projecto ECASA (Fonte: ECASA project 2006)

Dados físicos: A morfologia da Ria Formosa foi analisada através da batimetria e da linha de costa



), juntamente com alguns resultados obtidos da modelação do impacte da migração da barra do Ancão. (Figura 4, de Dias *et al.* 2009) e perfis de salinidade (Figura 5). Baseado nos dados da batimetria e nos padrões de fluxo de corrente, propõe-se a divisão que se pode observar na Figura 6, onde estão representadas 20 caixas na Ria Formosa.

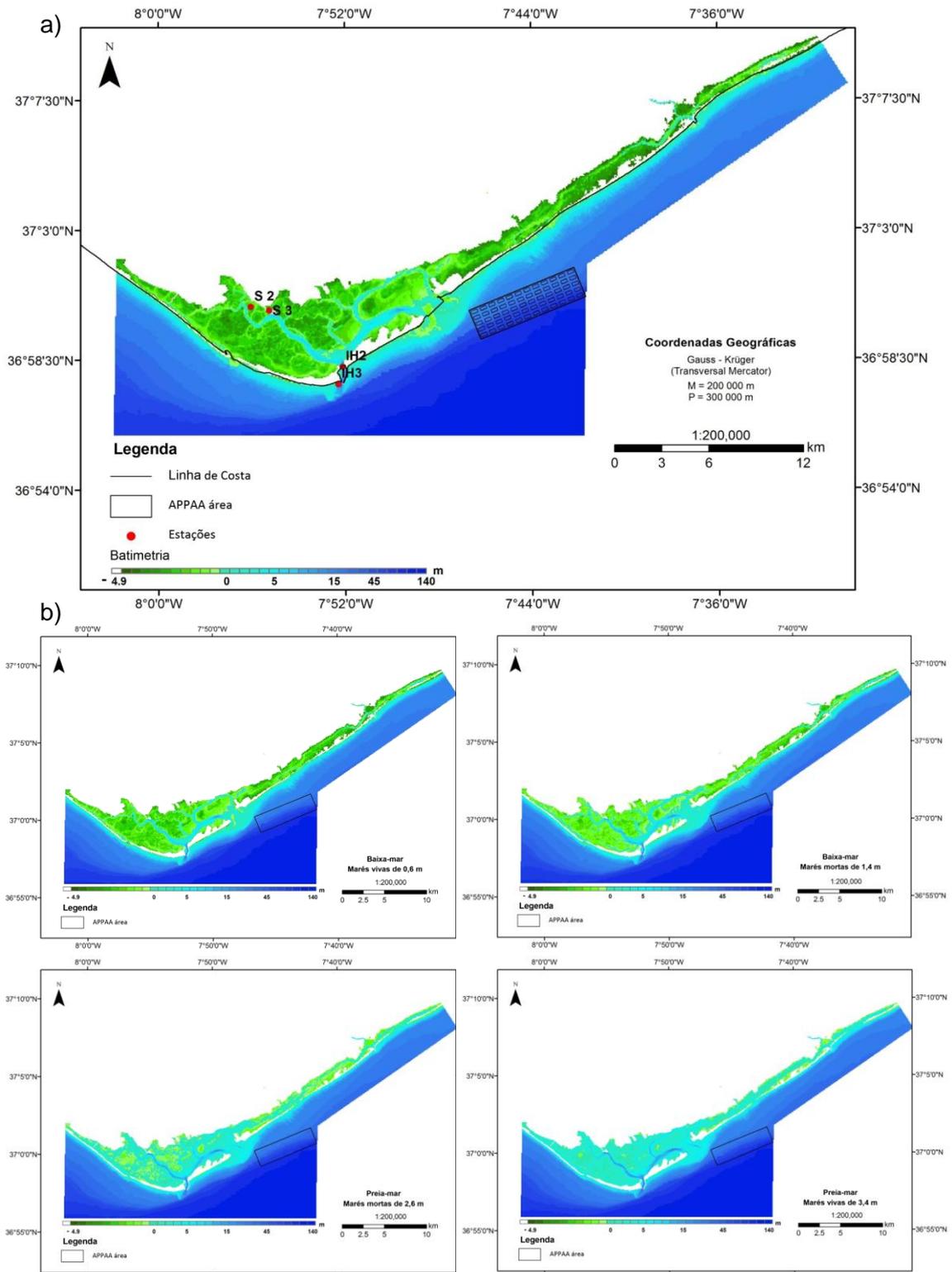


Figura 3. a) Batimetria da Ria Formosa com as estações utilizadas para a análise da estratificação (Fonte Batimetria: IST, 2010); b) a maré viva (preia e baixa mar, 3,4 e 0,6 metros respectivamente) e de maré morta (preia e baixa mar: 2,6 e 1,4 metros, respectivamente).

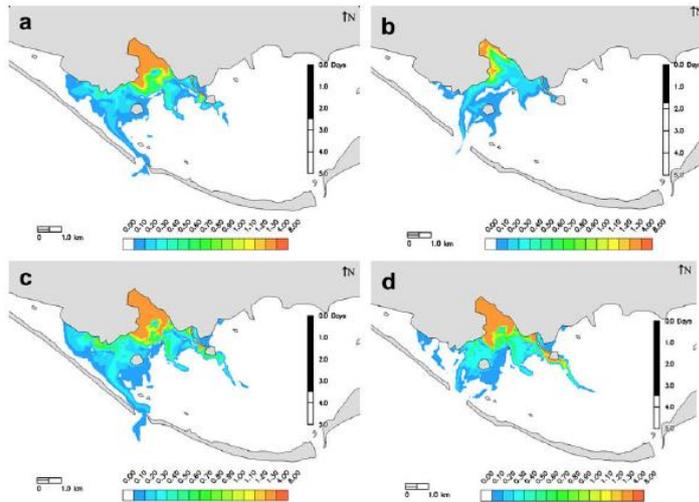


Figura 4. Dispersão dos marcadores (traçadores) quando a pluma começa a deixar a lagoa (a) Conformação da península do Ancão antes de 1997, (b) Conformação da península do Ancão depois de 1997, no máximo da vazante, (c) Conformação da península antes de 1997, (d) Conformação da península depois de 1997. A barra a cores identifica a concentração dos (traçadores) marcadores (kg m^{-3}) (o branco representa a concentração atmosférica antes da descarga). A barra vertical é o tempo em dias, fonte: Dias *et al.* (2009) *Environmental Modelling & Software*, 24: 711– 725.

Através da análise do perfil da densidade verifica-se que a estratificação vertical na coluna de água é insignificante, pois a salinidade varia entre 36-37 psu como se pode observar nas estações situadas à entrada da Ria Formosa (IH2 e IH3) e no seu interior (Estações 2 e 3). A Figura 3a mostra a localização das estações referidas. Assim sendo, a divisão das caixas em camadas verticais provavelmente não será necessária.

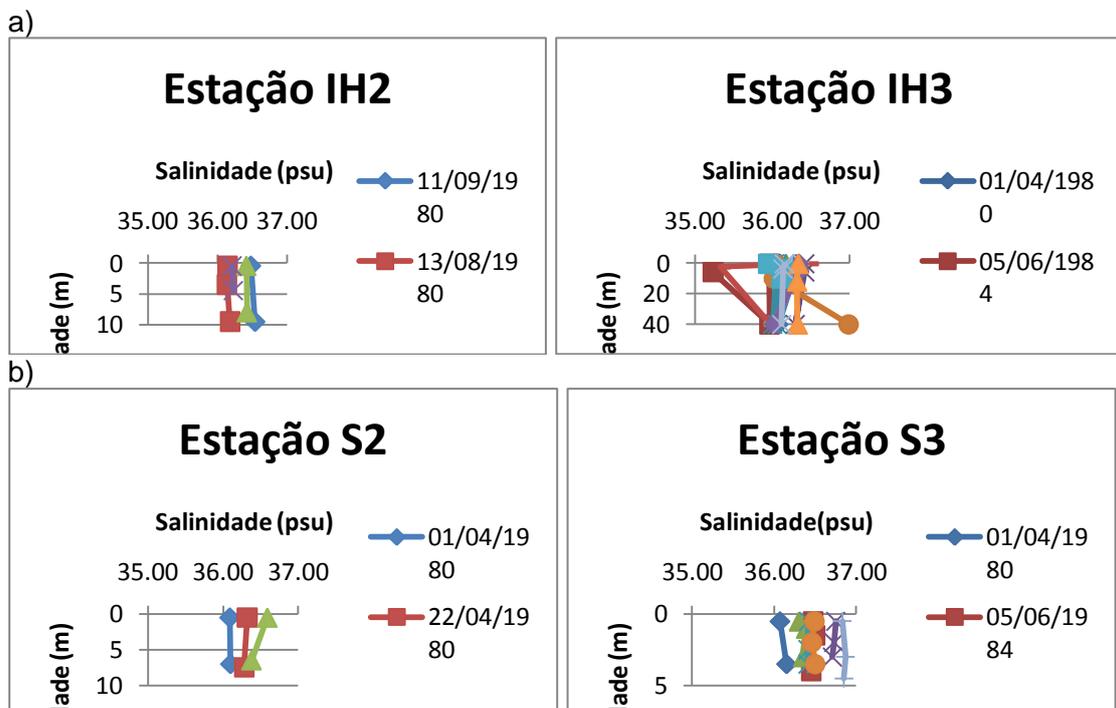


Figura 5. Perfis de profundidade e salinidade a) nas estações da zona costeira; b) nas estações dentro da Ria Formosa (Fonte: base de dados Ria Formosa)

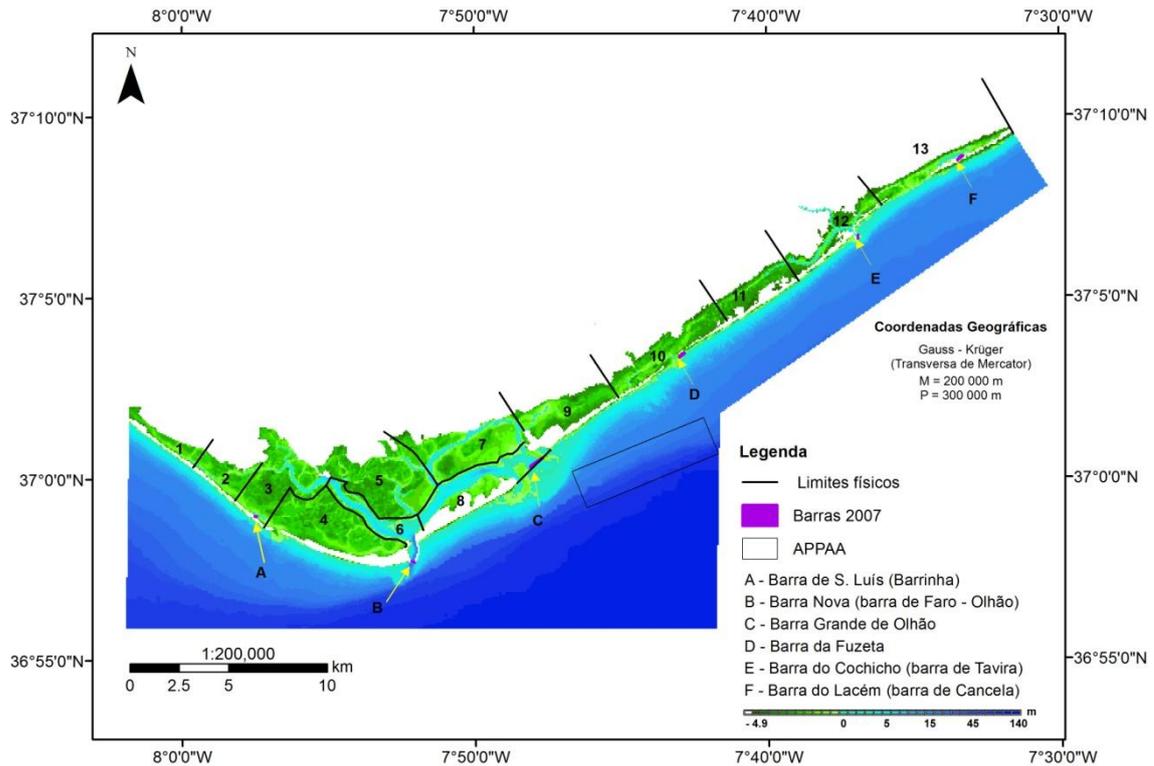


Figura 6. Proposta de caixas: 1-20 em função dos dados físicos e da batimetria da Ria Formosa. (Fontes: Batimetria: IST, 2010, APPA de Armonia: IPIMAR, 2010; Barras: Google Earth, 2007)

Legislação: Directiva Quadro da Água (DQA), Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro), legislação referente aos planos de ordenamento de áreas protegidas e aos planos de ordenamento da orla costeira (POOC).

As massas de água definidas para a Ria Formosa e as restrições nacionais podem ser observadas na Figura 7, Figura 8 e na Figura 9. A Ria Formosa e arredores são classificados como águas costeiras (linha vermelha na Figura 7). A legislação nacional, tal como os limites da reserva podem também, ser usados para delimitar três novas caixas na parte offshore na Figura 8. A Figura 10 apresenta a junção entre a delimitação das caixas das condições físicas e a legislação existente, num total de 20 caixas delimitadas na Ria Formosa e 32 na zona costeira (16 x 2 = 32, duas camadas de caixas na zona costeira).

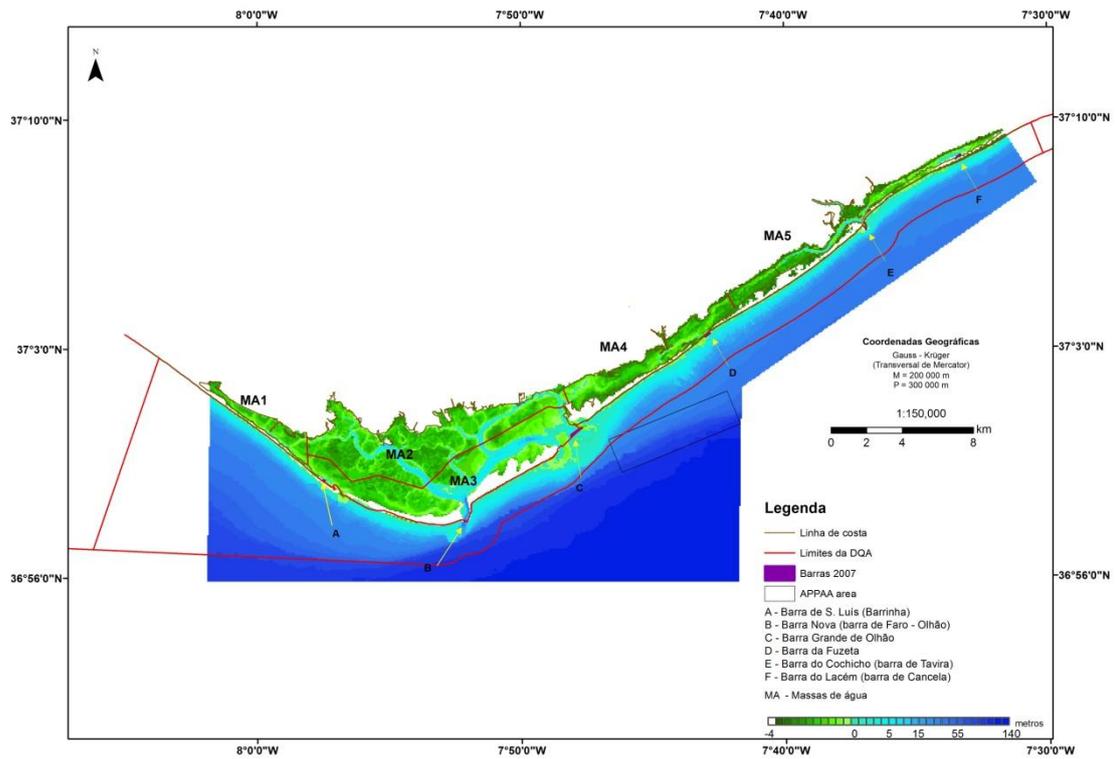


Figura 7. Directiva Quadro da Água e limites da Ria Formosa (Fontes: limites DQA: INAG, 2010; Batimetria: IST, 2010, APPA de Armona: IPIMAR, 2010; Barras: Google earth, 2007).

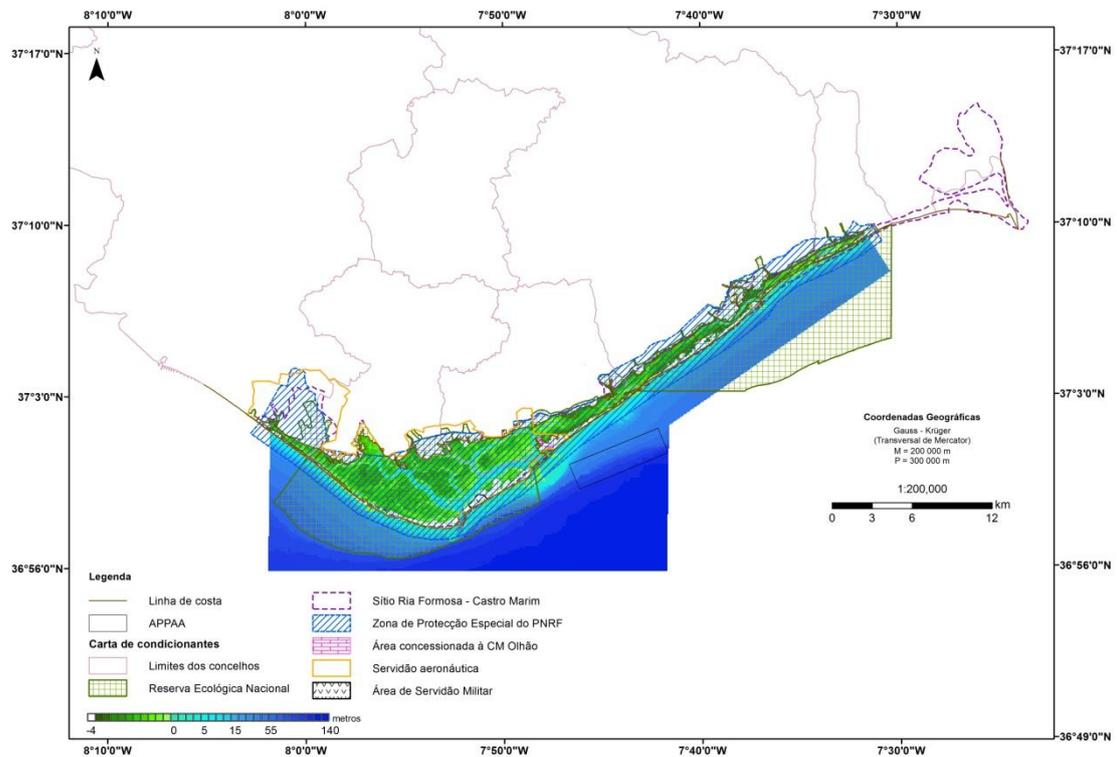


Figura 8. Carta de condicionantes do PNRF e os seus limites, (fontes: Carta de condicionantes: ARH- Algarve, 2010; Batimetria: IST, 2010; APPA de Armona: IPIMAR, 2010).

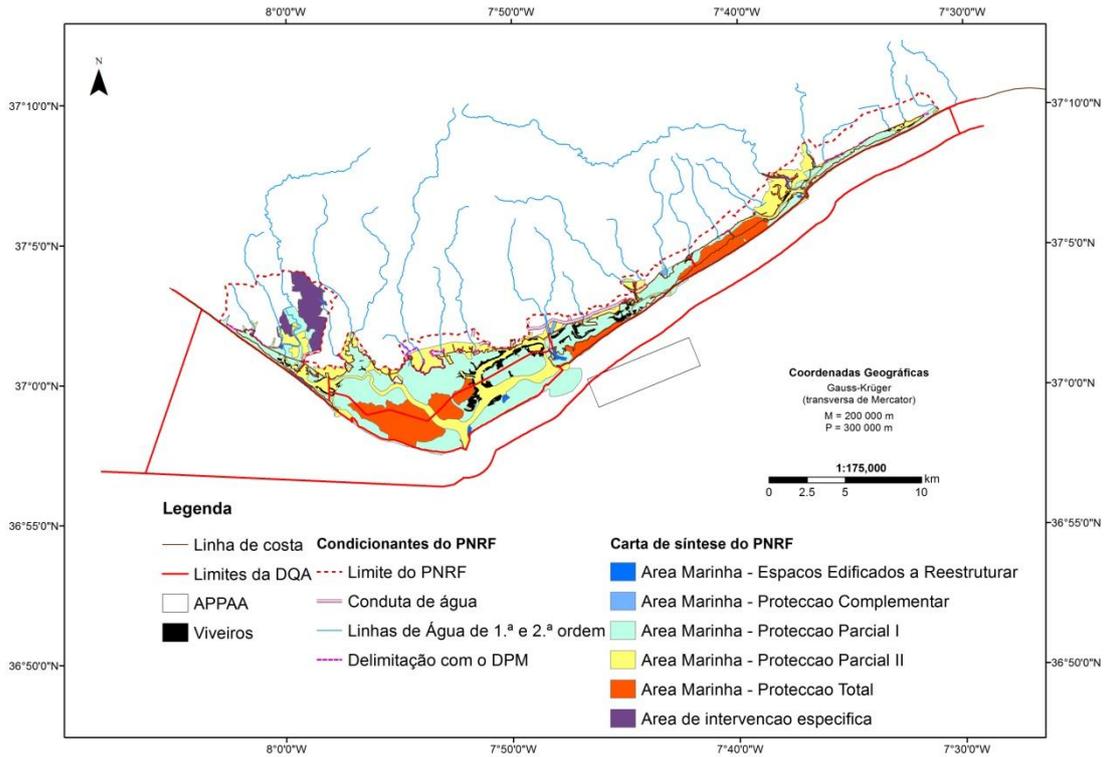


Figura 9. Carta de Síntese da área marinha do Parque Natural da Ria Formosa e APPA de Armona (Fontes: Carta de Síntese e Viveiros: ARH-Algarve, 2010; APPAA: IPIMAR, 2010)

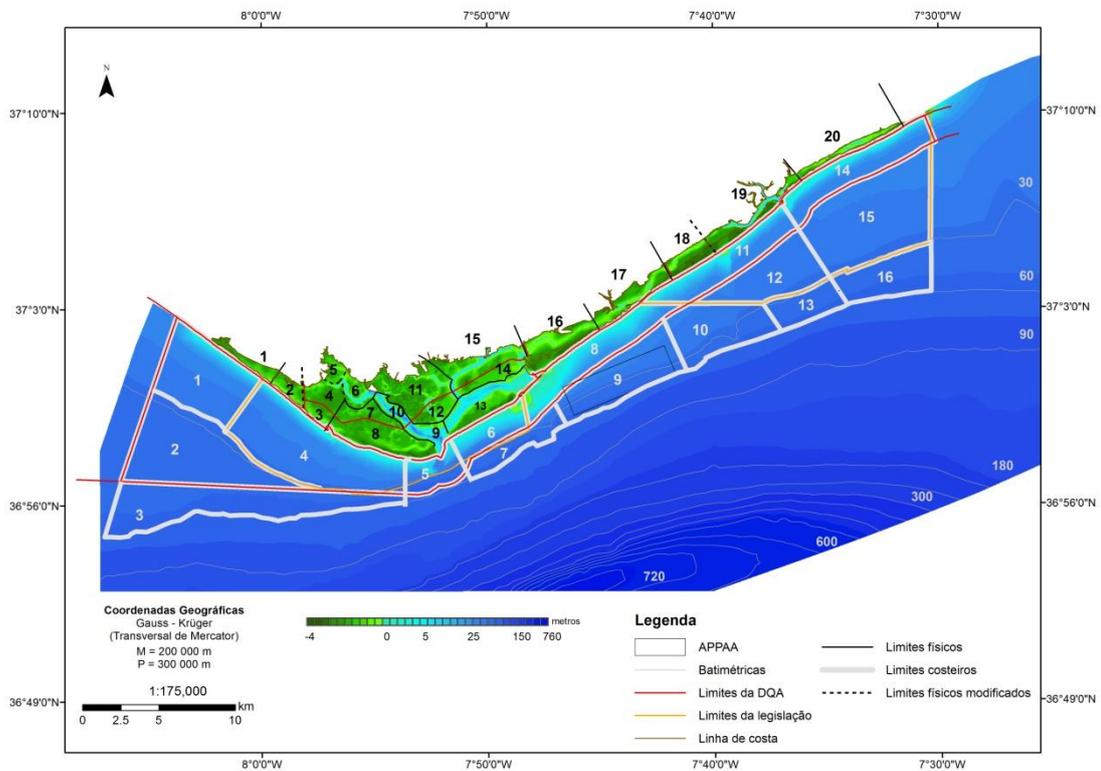


Figura 10. Sobreposição das propostas feitas das caixas das condições físicas e legislativas da Ria Formosa (Fontes: Batimetria: IST, 2010; APPA de Armona: IPIMAR, 2010).

Zonas de aquacultura: Na Figura 11 estão identificadas as áreas de aquacultura, a aquacultura offshore APPA de Armona assim como as modificações propostas para as caixas (linhas vermelhas). Estas modificações foram feitas para evitar cortar os viveiros pelas diferentes caixas. A figura mostra ainda as caixas anteriormente propostas (linhas pretas).

Note-se que existe um conflito entre as caixas 8 (legislação) e 9 (APPA de Armona) que se sobrepõem na zona costeira.

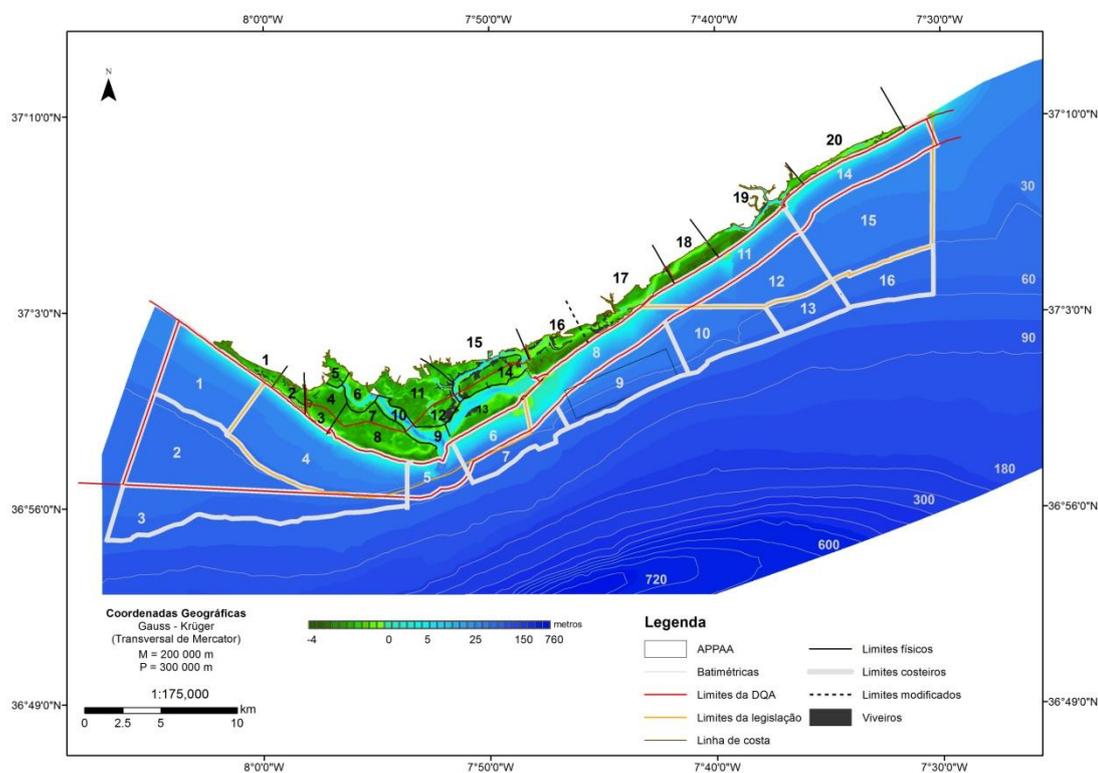


Figura 11. Localização das aquaculturas na Ria Formosa e na zona costeira. Proposta de caixas em função das condições físicas e legislativas (Fontes: Batimetria: IST, 2010; APPA de Armona: IPIMAR, 2010; Viveiros: ARH-Algarve, 2010).

1.1.4 Resumo da proposta de caixas para o sistema da Ria Formosa

Em resumo, os seguintes pontos devem ser tomados em consideração:

- Para definir as caixas todos os critérios devem ser enunciados e, talvez, outros que possam ser sugeridos pela equipe do FORWARD e as restantes partes interessadas;
- Os limites das massas de água e a estratificação vertical não influenciam os limites das caixas;
- As restrições espaciais devem ser levadas em consideração para as limitações das caixas.
- Na medida do possível, as áreas de aquacultura devem ser agrupadas por caixa para evitar que estas áreas sejam cortadas.

A Figura 12 mostra a proposta final para a Ria Formosa, com os limites das caixas para dentro e para fora da Ria.

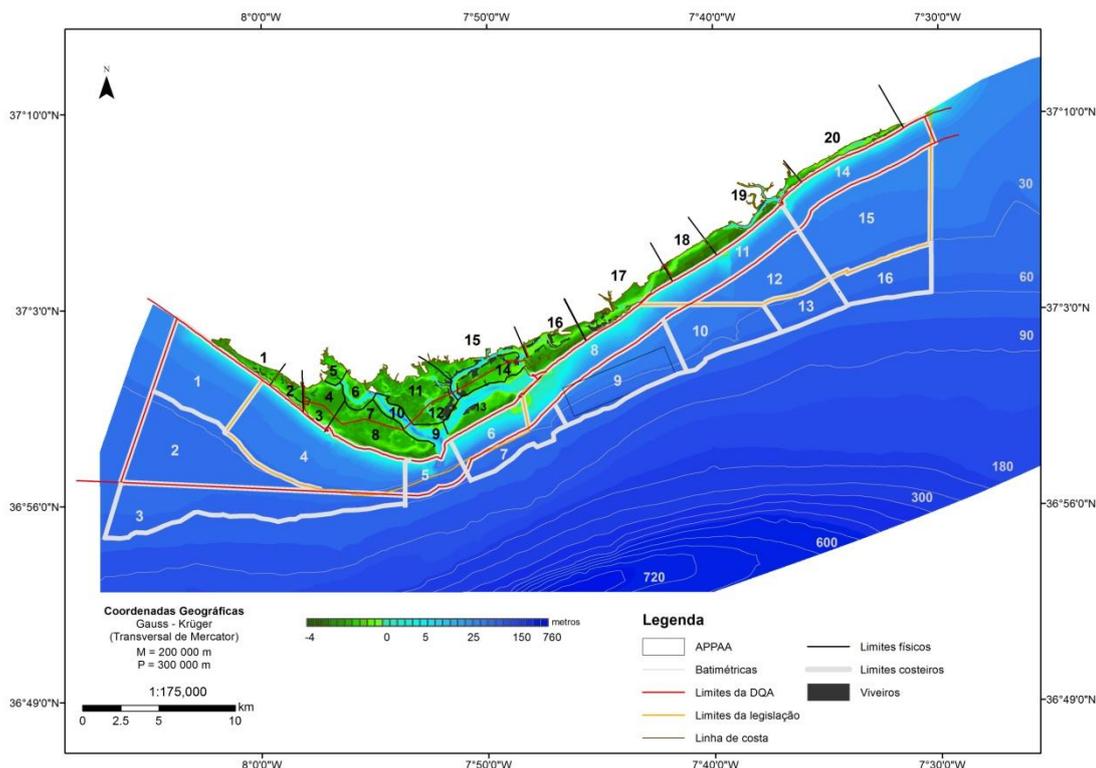


Figura 12. Proposta final das caixas, na Ria Formosa e na zona costeira atendendo aos critérios físicos, legislativos e das aquaculturas (Fontes: Batimetria: IST, 2010; APPA de Armona: IPIMAR, 2010; Viveiros: ARH-Algarve, 2010).

2 Processos à escala do sistema

2.1 Simulação das cargas da bacia hidrográfica

2.1.1 Recolha de informação de base

A recolha de informação para o modelo incidiu sobre os seguintes pontos:

Caracterização da rede hidrológica: Modelo Digital do Terreno do IGeoE a 10x10m. Foi ainda recolhida informação auxiliar sobre a rede hidrográfica, incluindo massas de água da DQA e sub-bacias associadas, produzida pelo INAG.

Localização de descargas pontuais: cartografia da localização das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs) na área de estudo (ARH Algarve). Foi ainda recolhida e processada informação sobre os caudais mensais descarregados, e concentração de sólidos suspensos, azoto e fósforo nas descargas. A informação foi completada com a cartografia das áreas servidas por cada ETAR, pontos de descarga industrial, e pontos de descarga no solo (ARH Algarve).

Tipos de solo: carta de solos 1 : 25 000. O trabalho foi completado com a recolha de parâmetros texturais e hidrológicos para os tipos de solos da área de estudo (base de dados do ISRIC). Foi ainda recolhida informação auxiliar para localização dos principais aquíferos (Atlas da Água) e tipos de litologia (Atlas do Ambiente).

Usos de solo: carta CORINE Land-Cover 2006. Foi ainda recolhida informação auxiliar para distinção de manchas de florestas de eucalipto e sobreiro/azinheira (Inventário Florestal Nacional de 2001), e localização das zonas de agricultura irrigada (perímetro de rega do Sotavento Algarvio, e mapeamento de áreas irrigadas

proveniente da ARH Algarve) e principais fontes de água associadas. Este trabalho foi completado com a compilação de parâmetros referentes aos tipos de vegetação existentes na área de estudo (com especial incidência sobre a laranjeira), e informação sobre práticas agrícolas e calendários de fertilização (manuais de boas práticas de fertilização do INRB).

Meteorologia: dados diários de estações udométricas e climatológicas na área de estudo (INAG e Instituto de Meteorologia). Foi recolhida informação diária entre os anos hidrológicos 1997/98 e 2007/08. Para 10 estações localizadas na bacia hidrográfica ou imediações, foram recolhidos dados de precipitação e velocidade do vento; destas, 3 estações possuem ainda dados de temperatura máxima e mínima, radiação solar e humidade relativa. Foi necessário um trabalho importante de harmonização dos dados e preenchimento de parâmetros em falta, nomeadamente para o período entre 1997/98 e 2000/2001; este trabalho incluiu a estimativa da radiação solar a partir da data, temperatura máxima e mínima e humidade relativa. Foram ainda calculadas as estatísticas mensais dos vários parâmetros, durante o período 1980-2009, para as estações climatológicas. Finalmente, foram calculados parâmetros auxiliares: Evapotranspiração Potencial, gradiente topográfico térmico, e gradiente topográfico de pluviosidade.

Hidrologia e qualidade da água: dados de caudal e qualidade da água, para estações na área de estudo (INAG). Foram recolhidos dados diários de caudal para 11 estações hidrométricas, com dados compreendidos entre os anos hidrológicos 2001/2002 e 2007/2008, embora a maior parte das estações apenas apresente dados entre 2004/2005 e 2005/2006. Foram também recolhidos dados mensais de qualidade da água (incluindo sólidos suspensos e os principais nutrientes, entre outros) em duas estações. Para os sensores automáticos de qualidade da água, foram compilados dados diários de turbidez (que se espera serem usados para determinação contínua dos sólidos suspensos totais) e de condutividade eléctrica (que se espera serem usados para auxiliar na separação dos hidrogramas nos componentes superficial e subsuperficial). Finalmente, estes dados foram complementados com dados recolhidos mensalmente no meio receptor de cinco ETARs (geralmente a montante e jusante do ponto de descarga), se bem que os períodos de recolha são inferiores à área total e existem menos parâmetros amostrados.

2.1.2 *Estimativa preliminar das cargas da bacia*

Com base nos dados recolhidos, procedeu-se a uma primeira estimativa das cargas provenientes da bacia hidrográfica através de metodologias expeditas. O objectivo foi permitir uma primeira comparação com outras fontes de nutrientes, como o próprio sistema ou o oceano. Foram consideradas duas fontes de nutrientes:

1. Fontes pontuais: descargas de N e P a partir de ETARs medidas durante o ano hidrológico de 2007/2008.
2. Fontes difusas: estimativa a partir dos usos de solo da carta CORINE Land-Cover 2006, utilizando coeficientes de exportação de N e P para cada use de solo (Xiao *et al.*, 2007).

Os resultados encontram-se na Tabela 3. Estima-se que as entradas de N a partir de ambas as fontes são da mesma ordem de grandeza, enquanto que as entradas de P a partir de fontes difusas são cerca de metade das provenientes de fontes pontuais. Em relação às fontes difusas, e conforme seria de esperar, pode-se afirmar que as áreas agrícolas são a origem da maior parte dos nutrientes. A Figura 13 mostra a distribuição espacial de fontes difusas e a localização das principais ETARs, sendo possível identificar como possíveis pontos críticos a zona de Tavira, com a

concentração de descargas de duas ETARs e duas grandes bacias hidrográficas (rio Gilão e rib.^a Almargem); e a zona de Faro-Olhão, que possui descargas de cinco ETARs e cinco bacias hidrográficas de pequena e média dimensão, embora estas se encontram mais espaçadas.

Tabela 3. Estimativa de cargas de nutrientes da bacia hidrográfica da Ria Formosa.

	N (ton/ano)	P (ton/ano)
Fontes pontuais	590	85
Fontes difusas	562	179
Total	1152	264

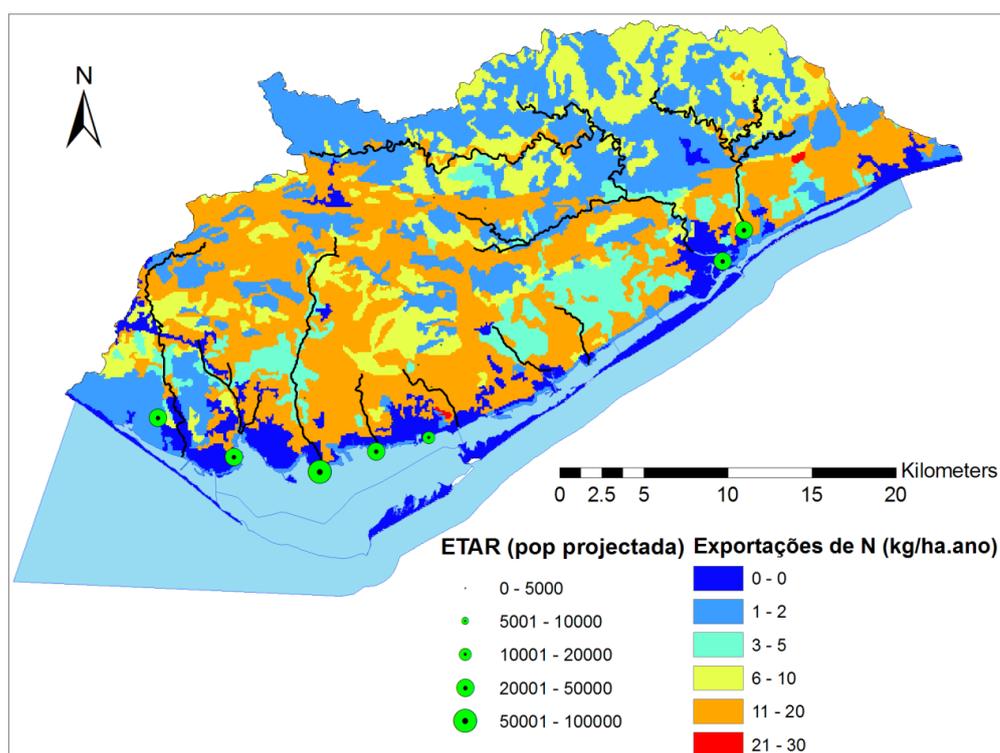


Figura 13. Exportações de N a partir de fontes difusas e pontos de descarga de ETARs activas em 2007/2008.

Finalmente, deve-se notar que as descargas de nutrientes de origem difusa não atingem necessariamente o sistema costeiro, devido à grande permeabilidade da litologia; é de esperar que uma parte importante atinga os aquíferos localizados nesta região.

2.1.3 Selecção do domínio da modelação

O domínio da modelação com o modelo SWAT inclui:

- O período temporal de aplicação do modelo, assumindo que os quatro primeiros anos hidrológicos se referem a um período de estabilização, não produzindo resultados fiáveis; e que o passo de tempo será o diário;
- O domínio espacial, incluindo a área de estudo a simular e a sua discretização espacial em bacias hidrográficas, assumindo que estas serão subdivididas em unidades de resposta hidrológica de acordo com usos e tipos de solo e inclinação das encostas.

A Figura 14 mostra os períodos em que existem os principais dados temporais necessários para a aplicação do modelo. A meteorologia encontra-se disponível entre os anos hidrológicos 1997/1998 e 2007/2008, sendo necessários os quatro primeiros anos para a estabilização do modelo. Uma vez que os dados de autocontrolo das ETARs se iniciam em 2000/2001, o modelo poderá ser aplicado a partir deste ano e até 2007/2008. Existem dados de calibração para este período, com maior informação (rede hidrométrica do Algarve) entre os anos 2004/2005 e 2006/2007. Finalmente, o sistema de ETARs de Olhão foi reconfigurado no princípio de 2006/2007, enquanto que os sistemas de Faro e Tavira foram reconfigurados no ano hidrológico seguinte. Desta forma, o ano de 2007/2008 aparenta ser o mais adequado para servir de ano-padrão de simulação do ponto de vista da bacia hidrográfica, em especial porque (e conforme se observa na figura) as precipitações registadas se aproximam das verificadas em média durante o período de estudo.

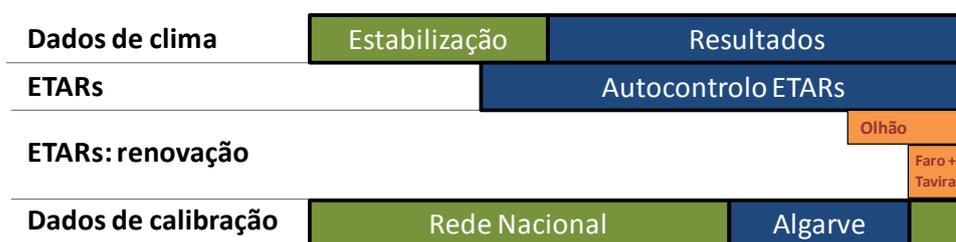
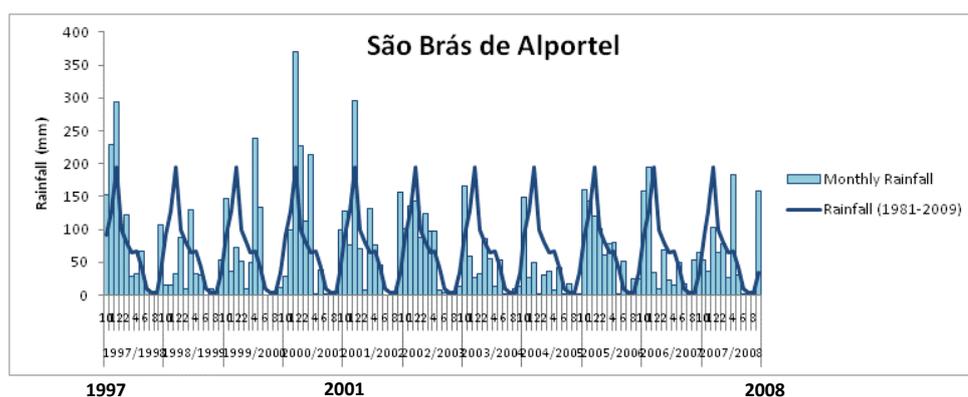


Figura 14. Relação entre a precipitação mensal na estação meteorológica de São Brás de Alportel; dados existentes de clima, descarga de ETARs e calibração (hidrologia e qualidade da água); e período de renovação de ETARs.

Para definir o domínio espacial foi necessário encontrar um equilíbrio na quantidade de bacias hidrográficas a simular. Quanto maior o número de bacias hidrográficas, maior será a carga de processamento necessária para correr o modelo, impondo limites ao trabalho posterior de calibração, validação e análise de resultados. Deve ainda ter-se em conta que o modelo poderá ser incapaz de simular bacias costeiras muito pequenas devido à influência da maré no caudal das linhas de água. Por outro lado, um pequeno número de bacias hidrográficas limitará a proporção da área de estudo simulada pelo modelo, bem como o número de pontos de saída (pontos de contacto entre a rede hídrica e o sistema costeiro). Neste caso, definiu-se como critério de selecção de sub-bacia esta possuir uma área de drenagem acima de um valor mínimo, e foram testados valores mínimos entre 10 ha (considerado o mínimo para a simulação apropriada) e 1000 ha (limiar entre micro-bacias e bacias de mesoescala). A Figura 15 mostra os resultados do teste; foi seleccionado como limiar o valor de 400 ha, por incluir a maior parte dos pontos de saída das linhas de água mais longas e por incluir todas as estações hidrométricas e de qualidade da água. A área simulada corresponderá a 87% do total, e o conjunto final terá 18 pontos de saída, valores que se consideraram razoáveis para os objectivos do projecto, em

especial quando é tido em conta que uma parte importante da área não simulada corresponde a usos do solo costeiros (e.g. salinas, sapais, zonas urbanas).

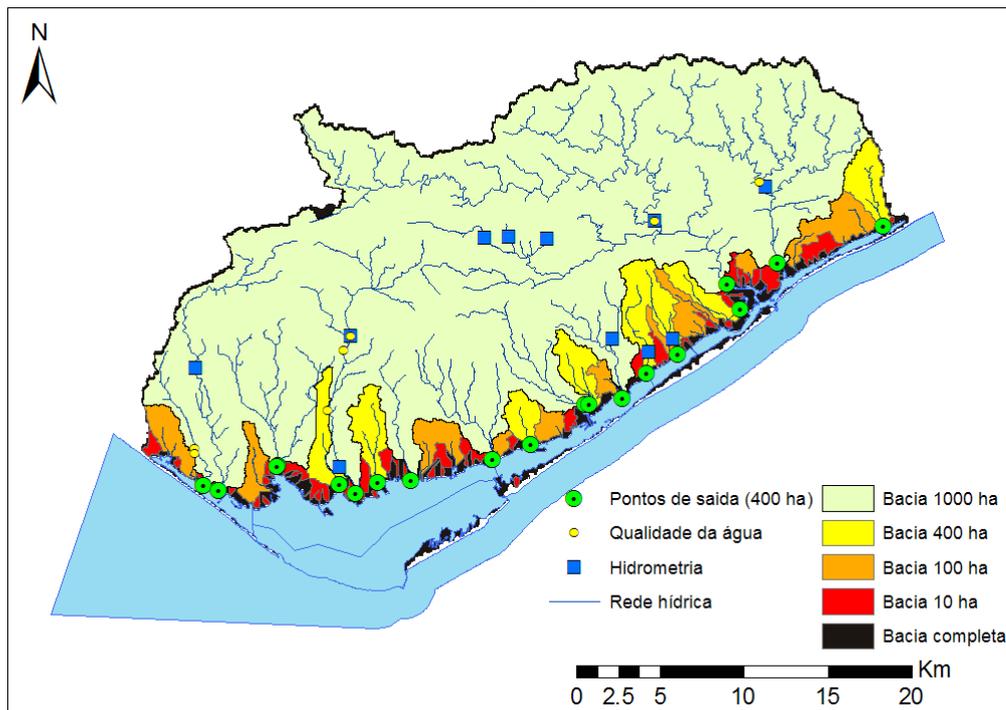


Figura 15. Bacia hidrográfica da Ria Formosa de acordo com a área mínima de sub-bacias hidrográficas consideradas, entre 10 e 1000 ha (os pontos de saída representam as bacias com área mínima de 400 ha).

Deve-se notar que esta escolha deixa de fora do domínio de simulação as principais zonas urbanas costeiras; no entanto, seria difícil de incluí-las no modelo uma vez que este ainda não comporta a inclusão de redes de drenagem de águas pluviais. Pretende-se simular as zonas urbanas em separado. O trabalho de definição do domínio espacial prosseguirá com a exclusão de áreas costeiras cuja simulação não é possível de efectuar com o SWAT, nomeadamente sapais e salinas; e com a definição de pontos interiores dentro da bacia da Ria Formosa que subdividam a área de simulação tendo em conta factores como as massas de água definidas na Directiva-Quadro da Água, a hidrogeologia, os pontos de descarga de ETARs e a presença de pontos de calibração.

2.1.4 Trabalho futuro

Definido o domínio do modelo, poderá proceder-se à implementação do modelo SWAT à área de estudo. O trabalho prosseguirá com a localização e parameterização das unidades de resposta hidrológica, em termos de coberto vegetal e propriedades hidrológicas dos solos; caracterização das práticas agrícolas e definição de calendários de irrigação e fertilização; caracterização dos sistemas de irrigação e de recolha e descarga de águas residuais; estimativa das características hidrogeológicas dos aquíferos e consequências para a infiltração de água nas encostas e ao longo das linhas de água; e outros detalhes de parameterização. Uma vez concluído este trabalho, será possível uma corrida preliminar do modelo para fornecer a informação necessária para a sua calibração e validação.

2.2 Hidrodinâmica: modelos de circulação

2.2.1 Introdução

O trabalho desenvolvido centrou-se no desenho da geometria do modelo hidrodinâmico, decorrendo ao longo de dois eixos principais: i) determinação do domínio e elaboração da grelha de modelação; ii) selecção das sondagens relevantes e construção da batimetria.

Como ponto de partida, ficou assente na reunião interna (#IPIMAR Verão) que a grelha deveria permitir ao modelo: i) resolver a circulação entre unidades ecológicas dentro da laguna, aporte necessário à modelação ecológica; ii) representar a situação oceanográfica na plataforma por esta poder condicionar a reincorporação de água lagunar na Ria e o transporte entre esta e a APPA de Armona.

À data deste relatório foi atingido um desenho numericamente estável da geometria do modelo que possibilita a realização dos objectivos de operação, nomeadamente: i) um domínio que engloba a zona de interesse de forma contínua; ii) detalhe suficiente para a modelação do transporte entre unidades ecológicas homogéneas; iii) rapidez de cálculo de forma a agilizar a calibração e simulação de cenários.

2.2.2 Trabalho desenvolvido

Grelha de cálculo

O software utilizado para a modelação hidrodinâmica suporta uma discretização espacial a diferenças finitas, podendo a grelha ser curvilínea e irregular. Esta capacidade permite refinar a grelha onde existem variações bruscas no fundo e diminuir a resolução onde a batimetria é mais suave ou fora da zona de interesse do modelo, aumentando desta forma a eficiência computacional da grelha.

Tendo em consideração os objectivos de operação, as especificações de construção da grelha foram:

- Representação adequada das unidades funcionais a modelar na ecologia.
- Representação adequada dos canais, das zonas intertidais, das barras e da capacidade de armazenamento da laguna.
- Domínio suficientemente extenso para representar correctamente a dinâmica da plataforma até ~80 m de profundidade.

O desenho da grelha partiu de uma configuração tubular que expõe as linhas de costa de todas as ilhas barreira e penínsulas ao longo da mesma dimensão espacial (Figura 16). Esta opção permitiu manipular a grelha por forma a seguir as linhas batimétricas, evitando assim correntes artificiais resultantes de ajustes do modelo à topografia.

A linha de costa foi elaborada a partir de duas fontes:

- Linha continental cedida pela ARH-Algarve resultante da conversão a linha máxima de preia-mar de águas vivas equinociais de formato raster para vectorial;
- Batimetria do Instituto Hidrográfico de 1980 em que a cota de 3.5 m acima do zero hidrográfico foi tomada como o limite superior do intertidal, possibilitando assim delinear a linha de costa das ilhas barreira e penínsulas.

A grelha apresenta resoluções de ~ 30 m nas zonas de maior variação da batimetria (e.g. Barra do Farol, Figura 17), uma resolução ~ 100 m dentro da laguna e de ~ 500 m ao largo com um máximo de 900 x 1300 m na fronteira. Contém 308 x 187 nós sendo a solução calculada num total de 33004 pontos. O domínio estende-se ~ 80 km ao longo da costa e ~20 km nas extremidades e ~12 km em frente à ponta de S. Maria.

Batimetria

Foram construídas 2 batimetrias com recurso aos dados fornecidos pela ARH-Algarve via HIDROMOD referentes a várias campanhas topo-hidrográficas apresentadas na Figura 18 e Tabela 4:

- Base – utilizando exclusivamente os dados do levantamento 1979 – 1980.
- 2001 – utilizando os dados dos levantamentos 2001 para todas as zonas disponíveis em conjunto com os de 1979 – 1980 para o resto do domínio.

Estas batimetrias serão usadas em diferentes fases da calibração e produção.

Para a sua construção, as sondagens foram interpoladas seguindo 3 algoritmos diferentes consoante a densidade dos pontos:

- Triangulação – método utilizado predominantemente na plataforma onde a densidade de amostragem é menor.
- Média por célula – método utilizado predominantemente no interior da laguna onde a densidade de amostragem apresenta uma amostra significativa por cada célula da grelha.
- Difusão interna - método tipo Montecarlo utilizado para preencher pontos onde os métodos anteriores não fornecem soluções (e.g. células fronteiras).

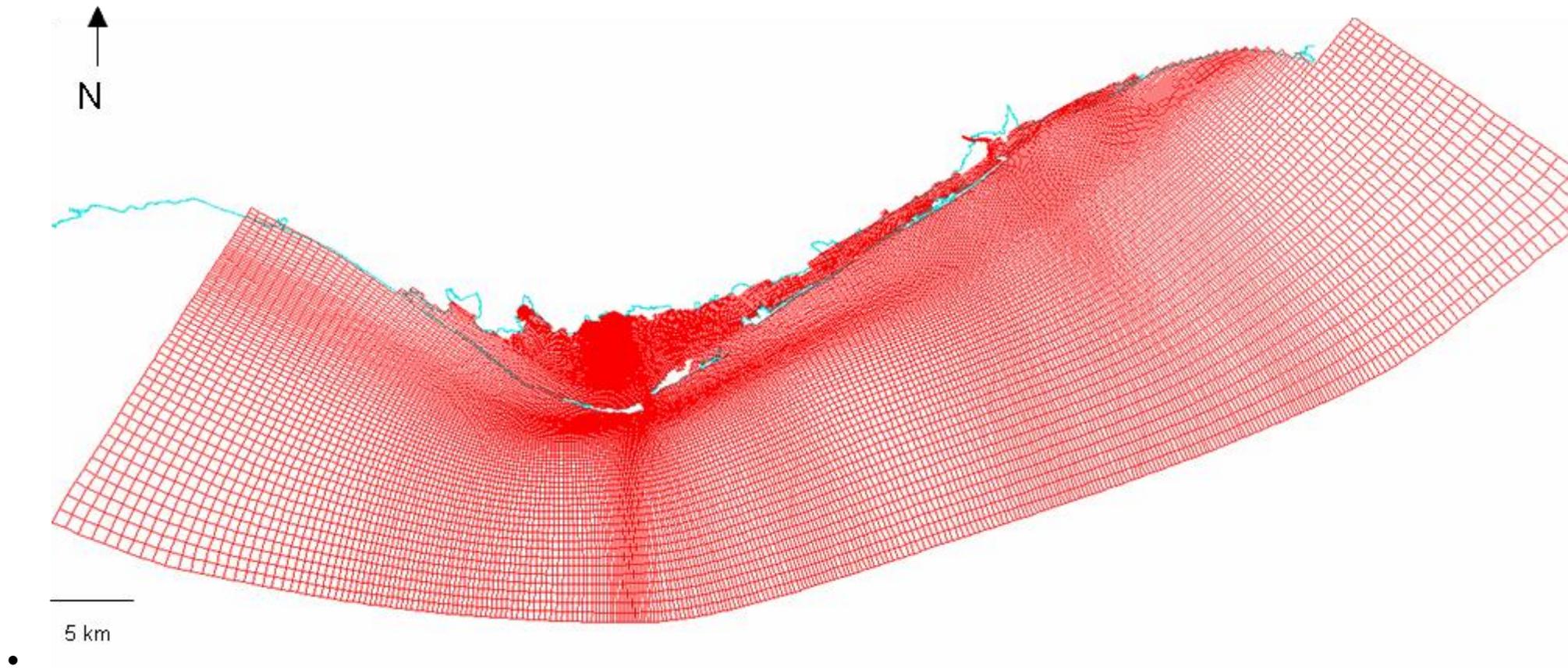


Figura 16. Grelha de cálculo versão 1.0.

Após ter sido encontrado um valor de profundidade para cada um dos pontos da grelha, a batimetria foi inspeccionada suavizando-se e corrigindo-se declives anormalmente elevados resultantes da junção de campanhas batimétricas diferentes e do método de interpolação.

Seguidamente, foram criadas zonas tampão onde o declive do fundo foi suavizado artificialmente. Esta operação permite que a troca de informação nas fronteiras laterais se processe com suavidade, impedindo instabilidade numérica.

Esta geometria foi testada para as duas batimetrias com uma onda semi-diurna de maré com amplitude equivalente à amplitude da maré equinocial, tendo o modelo demonstrado um comportamento numericamente estável nas zonas mais sensíveis (e.g. Barra do Farol).

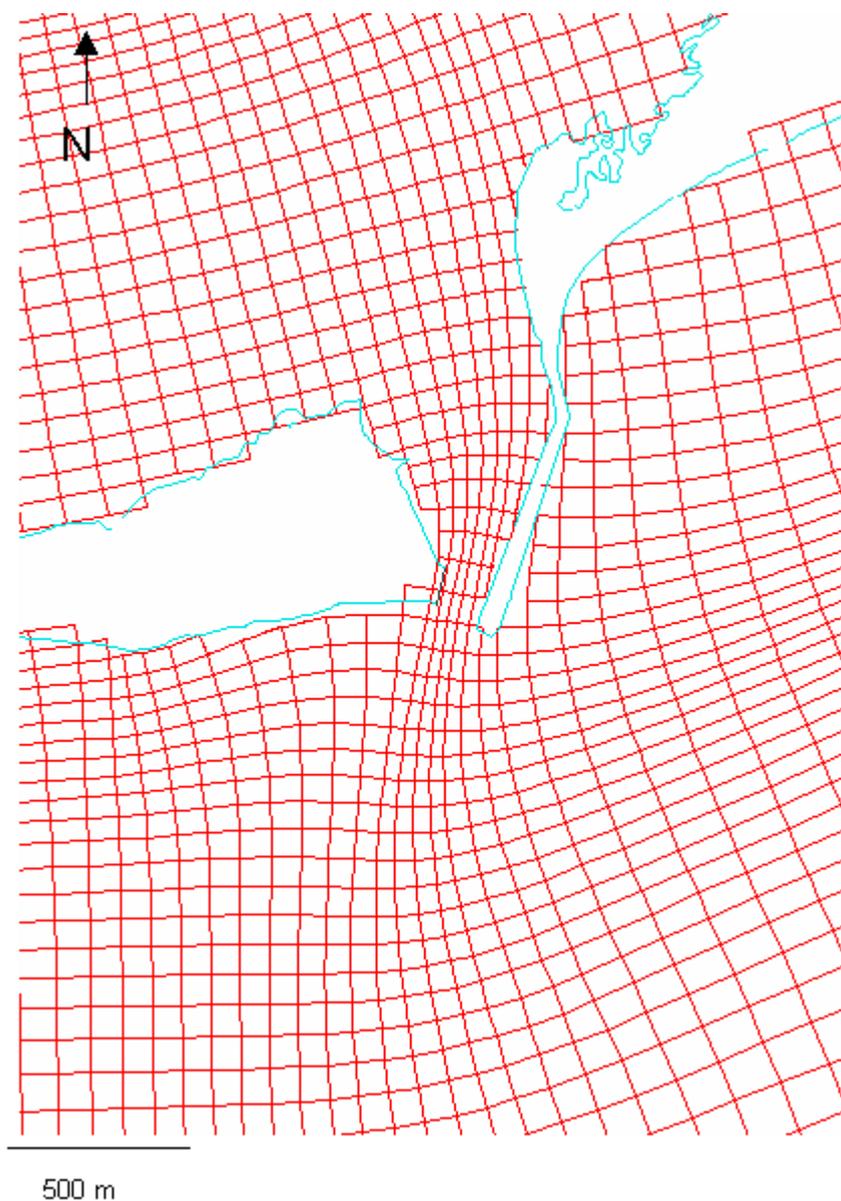


Figura 17. Grelha de cálculo versão 1.0 pormenor da Barra do Farol.

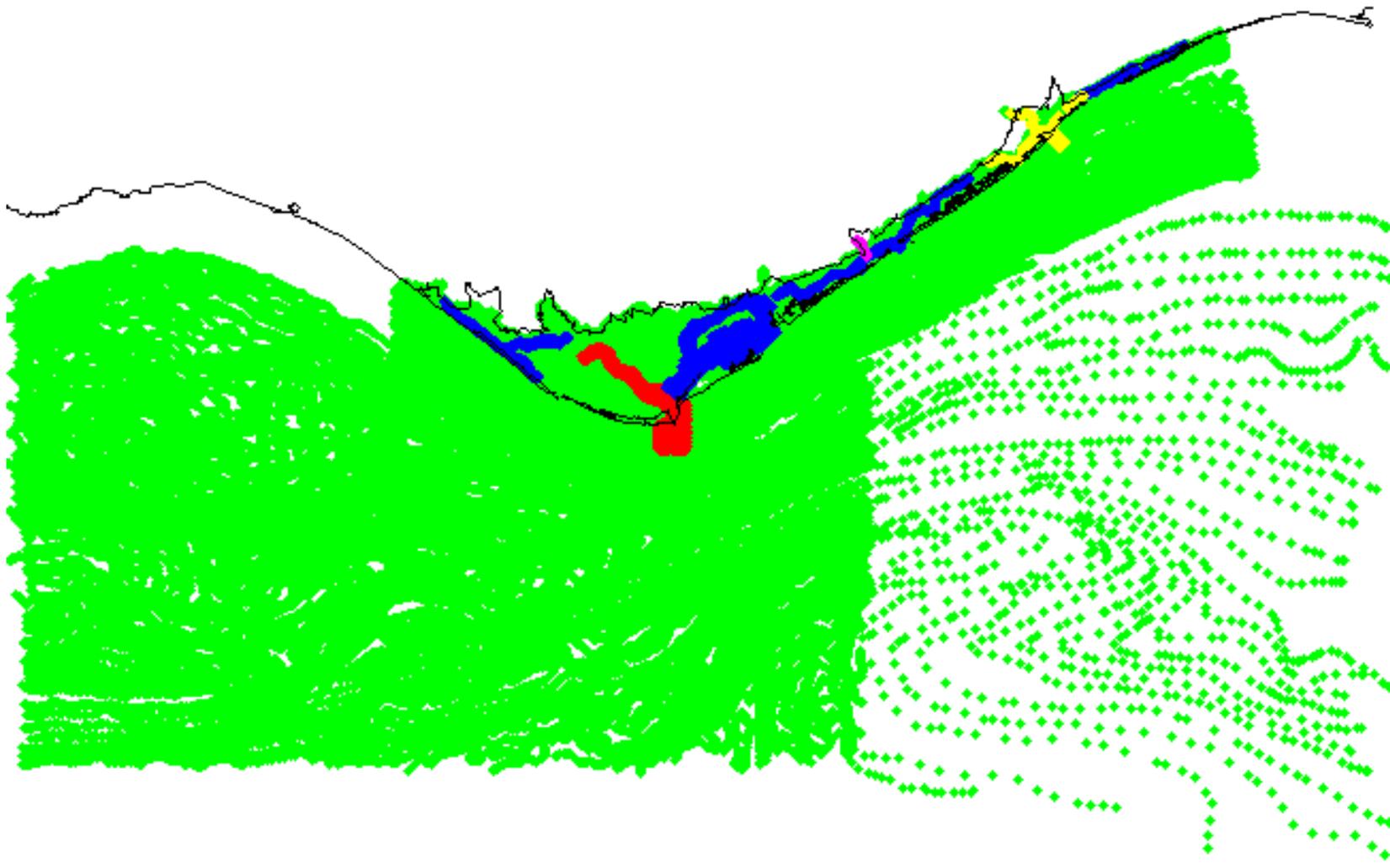


Figura 18. Localização das campanhas topo-hidrográficas disponíveis para a elaboração das batimetrias.

Tabela 4. Datas das campanhas topo-hidrográficas disponíveis para a elaboração das batimetrias.

Zona	Ano
Todo o domínio	1979 -1980
Canal Faro	2000
Canais secundários	2001
Barra Tavira	2001
Barra Fuzeta	2002

2.2.3 Trabalho futuro

Tendo sido atingida uma geometria estável do modelo, na fase seguinte será realizada a calibração dos parâmetros físicos e numéricos do modelo. Esta passará pela calibração do atrito de fundo e viscosidade em relação ao forçamento da maré, adequando estes parâmetros às fases e alturas dos principais componentes harmónicos conhecidos em vários pontos do domínio. Seguidamente será realizada uma calibração do modelo de fluxo de calor e do vento de forma a reproduzir o comportamento esperado dos campos de temperatura e salinidade na zona de interesse.

Após a calibração do modelo, serão simulados os cenários de produção e calculado o transporte entre unidades ecológicas homogéneas (*upscaling*).

3 Espécies cultivadas

3.1 Práticas Óptimas de Cultivo (BMPs)

3.1.1 Enquadramento

Os códigos de boas práticas de gestão em aquicultura, podem constituir-se como instrumentos de grande utilidade, que permitem assegurar que as explorações ou viveiros não produzem impactes negativos graves sobre o ambiente em que se desenvolvem.

A “Estratégia de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura Europeia” (COM (2002) 511 final), desenvolvida pela União Europeia, abordou esta temática. Nas acções propostas pela Estratégia incluem-se a elaboração de códigos de conduta transnacionais, por iniciativa das associações de Aquicultores, devendo tomar como base o Código de Conduta da Pesca Responsável da FAO (1995), e a elaboração de códigos de boas práticas baseados nos códigos de conduta.

Objectivo: Garantir aos consumidores que os produtos adquiridos a produtores e comerciantes que aderem a estes códigos cumprem normas de segurança e de respeito pelo ambiente.

3.1.2 Justificação

A criação e implementação de códigos de conduta e de boas práticas constitui um passo no sentido da gestão responsável. Quando os seus princípios e normas

incluem aspectos ambientais, sociais e económicos, a sua aplicação pode constituir uma boa base para a sustentabilidade das explorações aquícolas. Permitem atingir objectivos ambientais para a manutenção da qualidade da água e dos ecossistemas, e representam um benefício mútuo entre a produção aquícola e a protecção dos recursos naturais.

3.1.3 Ponto de Situação na RIA Formosa:

Em 2006 foi publicado um “Guia de Boas Práticas em Moluscicultura”, resultado de uma parceria, integrada no Projecto “Animação Local para o Desenvolvimento e Criação de Emprego na Ria Formosa” e que teve financiamento através do Fundo Social Europeu (iniciativa Comunitária EQUAL), entre os seguintes organismos:

- Município de Olhão;
- ICN/ Parque Natural da Ria Formosa
- Necton – Companhia Portuguesa de Culturas Marinhas
- Formosa – Cooperativa de viveiristas da Ria Formosa
- Fundação da Juventude e Associação Nossa Senhora dos Navegantes da Ilha da Culatra

Este Guia, aparentemente, não chegou a ser aplicado de forma consequente. Poderá ser útil o apuramento dos motivos que justificam essa situação, de forma a poder contorná-los no futuro.

3.1.4 Acções Futuras

- No âmbito do projecto “Forward” desenvolver as bases de trabalho para a revisão do “Guia de Boas Práticas em Moluscicultura”;
- Articulação com o Observatório para a Aquicultura, sediado em Olhão (criado pelo Despacho n.º 6774/2010, de 16 de Abril), que parece ter a intenção de rever o Guia;
- Envolvimento das entidades licenciadoras (ARH Algarve, ICNB e DGPA), de modo a considerar a hipótese de vir a associar ao acto de licenciamento um compromisso dos aquicultores relativamente ao cumprimento das normas que venham a constar de uma versão revista e actualizada do Guia;
- Promover o envolvimento dos aquicultores, através das Associações que os representam, de forma a obter um compromisso para a aplicação das normas a adoptar;
- Considerar a constituição de um sistema de controlo/fiscalização de modo a avaliar o nível de cumprimento;
- Considerar formas de valorizar o produto das explorações aderentes e cumpridoras, relativamente a outras que não o sejam, eventualmente através de um processo de certificação do produto da actividade aquícola;

3.1.5 Porquê a certificação?

Os consumidores demonstram cada vez mais preocupações com a produção dos alimentos que consomem, nomeadamente com aspectos relativos à sua qualidade e segurança, mas também com os impactes ambientais, a responsabilidade social e o

bem-estar animal.

O desenvolvimento e implementação de um processo de certificação pode promover a confiança dos consumidores nos produtos da aquicultura e contribuir para melhorar as práticas de produção.

3.1.6 Princípios base para a certificação:

A certificação deve ser transparente, proporcionando o acesso à informação e à participação de todas as partes interessadas;

O processo de certificação deve também beneficiar os produtores, proporcionando algum tipo de benefício económico, como recompensa para os seus esforços;

A certificação deve ser voluntária e aberta a todos os produtores;

A certificação deve ser multi-sectorial e apoiar-se em 3 pilares fundamentais:

- Aceitação ambiental
- Equidade social
- Viabilidade económica

Tendo em conta que cerca de 80% das amêijoas actualmente produzidas serão exportadas e que parece existir potencial para o seu crescimento (bem como de outras espécies, nomeadamente da ostra), poderá ser interessante aderir a processos de certificação a nível internacional, que potenciem a procura externa;

Existem Associações (organizações não governamentais), como a “The Global Aquaculture Alliance” e “Aquaculture Certification Council”, que poderão estar nessa linha e com as quais se poderão desenvolver contactos, de forma a avaliar essa possibilidade.

3.2 Práticas de cultura actualizadas

A Tabela 5 é uma actualização da tabela das práticas de cultura do primeiro relatório. As licenças quando são atribuídas são para a prática de moluscos e bivalves e por isso não é possível fazer a distinção entre quem cultiva amêijoa-boa e quem cultiva ostras.

Neste momento tanto a ARH-Algarve como a DGPA e o ICNB estão a proceder ao levantamento e actualização da área de cultura na Ria e a passá-lo para formato digital (SIG). A área relatada e apresentada nos mapas deste relatório abrange apenas 395 ha, área que fica aquém da verificada no terreno.

Tabela 5. Práticas de cultura na Ria Formosa de ostras e amêijoia-boia – número de licenças: 1264 (fonte, Formosa Coop. - DGPA)

Espécies cultivadas	Ostra (<i>Crassostrea angulata/gigas</i>)		Amêijoia-boia (<i>Ruditapes decussatus</i>)	
	Semente	Colheita	Semente	Colheita
Área de cultura		*		395 ha* fonte: SIG de ARH Algarve (incompleto)
Habitat	Zona intertidal natural baixa	Zona intertidal natural baixa	Banco de recrutamento natural da lagoa	Sedimentos intertidais areias finas e médias, 10-12cm buraco.
Habitat modificado		Sacos a 20 cm do fundo (tabuleiros)		Adição de areia ou calhau
Origem de semente	Maternidade e recrutamento natural (França)		Recrutamento natural (Ria Formosa)	
Densidade (ind. m ⁻²)	1000-1200	400	200-300	100-150 **
Tamanho (mm)	20	60-80	10-20	30-35
Peso húmido total (g)	0,8-1,1	35-50	1,5-2,5	6-8
Peso seco carne (g)	0,01-0,03	0,7-1,1	0,003-0,09	0,3-0,4
Mortalidade (% ind.)	5 - 10	30-40	30-50	
Ciclo de cultura (ano)		1		2
Período colecta		Todo o ano (+ Verão e Natal)		Todo o ano (+ Verão e Natal)
Colecta (mês)		12-15		18-24
Reprodução (mês)		Fev-Out (1º ano de vida)		Maio-Out (1º ano de vida)
Desova – criação (mês)	April-Out		Abril-Out	
Produção (t/ano)		2000		2000
Produção (t/ano) suposta				5000
Venda €/kg	0,013 - 0,02 unidades	3	8	10-13
Volume de negócio		7,00E+06		25 000 000
População envolvida na cultura		100		10 000

Tipo de aquacultura: extensiva, alimentação: filtradores; * Em actualização; ** Com taxa de mortalidade de 50%;

3.3 Experiência – “pequena escala”: planeamento

Experiência a pequena escala: A capacidade de carga de produção de bivalves pode ser dividida em três componentes que interagem entre si: os bivalves, o alimento e as condições hidrodinâmicas do sistema (ver o primeiro relatório e a Figura 19) (Dame and Prins, 1998; Saurel, 2008).

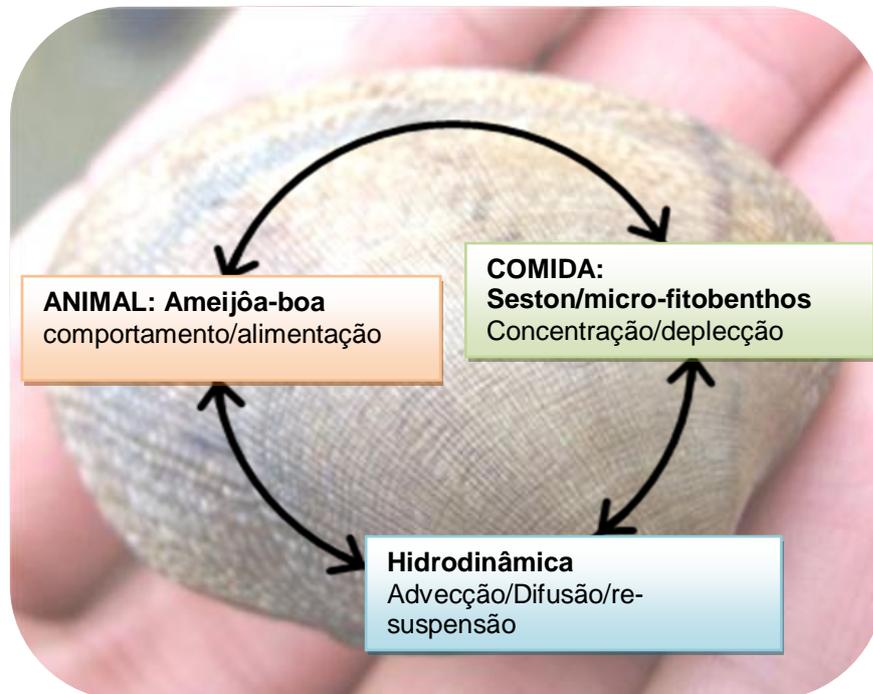


Figura 19. Os três componentes da Produção da Capacidade de Carga

Como descrito no primeiro relatório, as medições dos diferentes processos (hidrodinâmica, alimentos, filtração dos bivalves) que ocorrem em simultâneo serão medidos em conjunto durante os diversos ciclos de marés. Estas medições serão realizadas, na coluna de água, com instrumentos não invasivos (para não perturbar os processos), por cima dos viveiros.

Os resultados esperados são: quantificar a fonte de alimento para os animais e qualificar o tipo de alimentação (microfitobentos/fitoplankton/POM) ingerida por estes; desenvolver um modelo empírico das interações entre as três componentes em relação ao habitat das amêijoas, para ajudar os viveiristas na gestão das densidades populacionais e nas modificações do habitat. Além disso, estes resultados serão utilizados para definir os marcadores de alimentação nos modelos de crescimento individual.

As experiências “a pequena escala” estão planeadas para os dias 4 a 10 de Abril 2011, em conjunto com as experiências do IPIMAR no quadro do projecto QUASUS-FORWARD. Os três sítios escolhidos pelo IPIMAR e viveiristas têm condições hidrodinâmicas diferentes (de baixa até alta hidrodinâmica). No desenvolver das campanhas, caso surjam outros locais de interesse relevante, proceder-se-á às mesmas experiências mencionadas anteriormente.

4 Modelação da capacidade de sustentação

4.1 Modelo de crescimento individual de bivalves

4.1.1 Resultados

Nos dias 22 e 23 de Outubro 2010 foi realizada uma colheita, com uma boa amplitude de tamanhos de amêijoa-boia. Estas amostras vão ser utilizadas para a parametrização e a calibração do modelo de crescimento individual da amêijoa-boia. Foram recolhidos um total de 224 indivíduos dos quais a grande maioria foram de viveiros em frente a Olhão. As sete amêijoas maiores da amostra foram recolhidas numa depuradora de Olhão. Os resultados são apresentados na Figura 20.

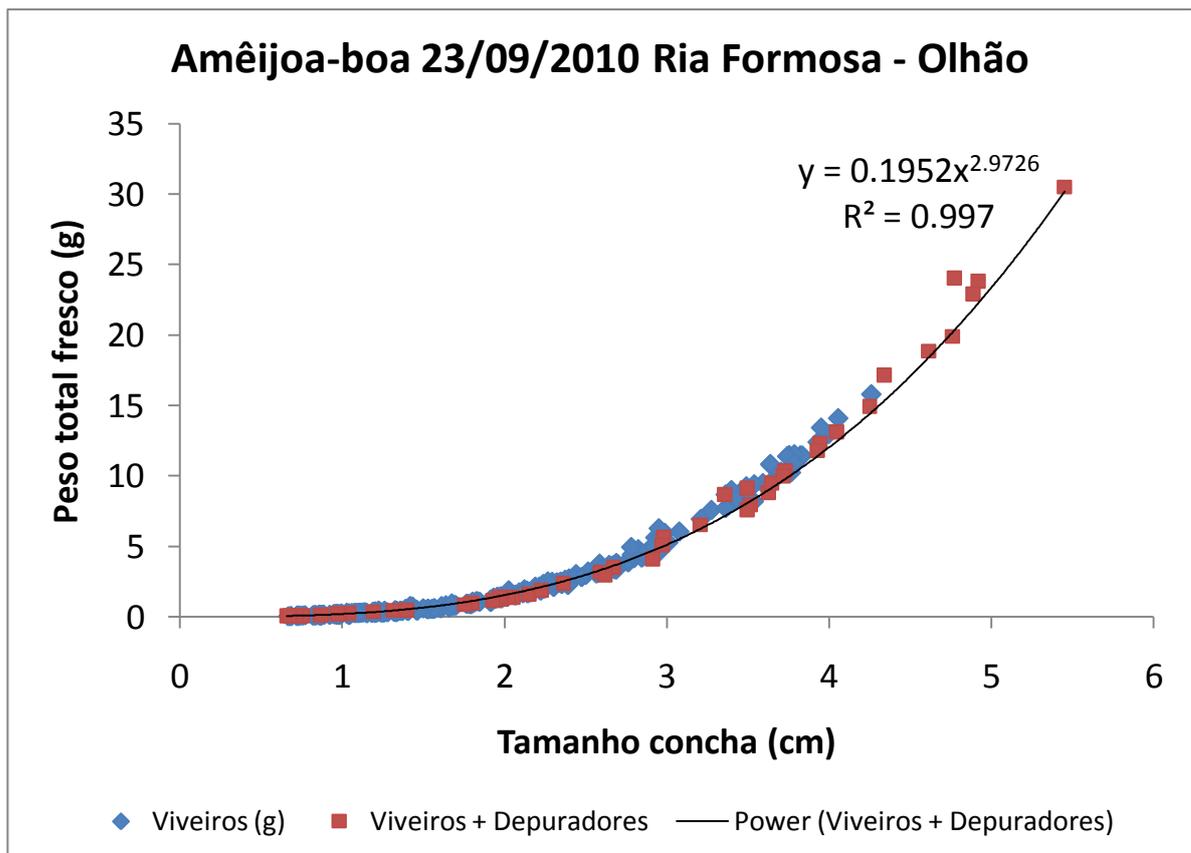


Figura 20. Peso total fresco em função do tamanho da concha de amêijoa-boia recolhidas 23.09.2010 nos viveiros de Olhão (Ria Formosa).

4.1.2 Trabalho em curso

No âmbito do projecto QUASUS-FORWARD, estão a ser recolhidos dados ambientais que juntamente com os dados previamente existentes na base de dados vão servir para calibrar e validar os modelos.

Está em curso a recolha de novos dados fisiológicos para os bivalves em estudo. Estes servirão de base para adaptar os modelos às novas características de crescimento dos bivalves na Ria Formosa.

4.1.3 Desenvolvimentos futuros

Os modelos (de Dynamic Energy Budget DEB and Scope for Growth) de crescimento individual de bivalves estão a ser desenvolvidos (calibrados e validados) com base nas novas séries de dados ambientais recolhidos.

Os resultados obtidos vão ser utilizados nos modelos FARM à escala local e EcoWin2000 à escala do sistema (ver secções seguintes).

4.2 Modelo de piscicultura - POND

Desenvolveu-se um modelo geral para determinação do balanço de massa de animais aquáticos cultivados em tanques. O modelo, denominado POND (Pond Aquaculture Management and Development) simula o crescimento individual dos organismos cultivados. Presentemente, está em fase de implementação o modelo individual de crescimento para a dourada, *Sparus aurata* (ver primeiro relatório de progresso), em colaboração com o Prof. Roberto Pastres da Universidade Ca Foscari, Veneza.

Já se encontram implementados os componentes relevantes de qualidade da água e sedimentos (e.g. Di Toro, 2001; Burford & Lorenzen, 2004; Simas & Ferreira, 2007; Vinatea et al., 2010), decomposição de alimento e balanço de oxigénio (e.g. Boyd, 1998; McGraw et al., 2001; Zhang et al., 2006), e descarga de efluentes. Os aspectos económicos do ciclo de cultura (e.g. Kam et al., 2008) também são considerados. O modelo foi concebido para gestão de tanques de aquacultura, e tem cinco objectivos principais: (i) previsão da produção e requisitos alimentares (de ração); (ii) optimização de juvenis e periodo de cultura; (iii) optimização de métodos de cultivo, e.g. monocultura ou policultura integrada multitrófica (PIM) com bivalves tais como ostras; (iv) análise de impactes sobre a qualidade da água, importantes para a certificação e desenvolvimento sustentável (Boyd, 2009); e (v) determinação de lucro, incluindo a avaliação de externalidades.

Dado que a componente de peixes se encontra presentemente a ser implementada, apresentam-se alguns resultados com recurso a um modelo de penaeideos (Franco et al., 2006) aplicado a *Litopenaeus vannamei*, e PIM de camarão com a ostra do Pacífico, *Crassostrea gigas*.

A **Figura 21** ilustra um balanço de massa para o cultivo de camarão, simulado pelo modelo POND (Ferreira et al., 2010) que estima uma descarga ambiental superior a 60 kg de azoto (principalmente dissolvido, mas também como fitoplâncton), cerca de 20 habitantes-equivalente por ano para um ciclo de cultivo de 110 dias. Esta descarga corresponde a um custo de tratamento de cerca de 600 € (Lindahl et al., 2005). Usualmente estes custos não são internalizados, mas têm que ser determinados para uma gestão ecossistémica de aquacultura, e são necessários para efeitos de certificação.

O percentil 10 (P_{10}) de oxigénio dissolvido neste caso de estudo é de 6.2 mg L⁻¹ na entrada de água e 3.5 mg L⁻¹ no tanque e na descarga de água. Se “desligarmos” a produção primária no modelo o P_{10} no tanque desce para 2.7 mg L⁻¹ (40% saturação) e o rendimento total é reduzido em 57% para 2700 kg. Isto pode ser contrariado aumentando o arejamento artificial (também simulado pelo modelo POND), mas com um aumento correspondente dos custos de produção: mais do que 600 € se os arejadores estiverem sempre a funcionar, cerca de 80 € se só forem ligados ao pôr-do-sol sempre que o oxigénio dissolvido se encontre abaixo dos 50% de saturação.

O percentil 90 (P_{90}) da amónia aumenta de 9.6 µmol L⁻¹ na entrada de água para 88.2 µmol L⁻¹ no tanque, e os valores correspondente de P_{90} para clorofila são de 8.3 e 40 µg L⁻¹ respectivamente. Sem renovação de água a produção primária líquida aumenta para 64 kg N e o P_{90} de clorofila no tanque é de 64.4 µg L⁻¹ o que corresponde a uma classificação ASSETS (Bricker et al., 2003) de hipereutrófico.

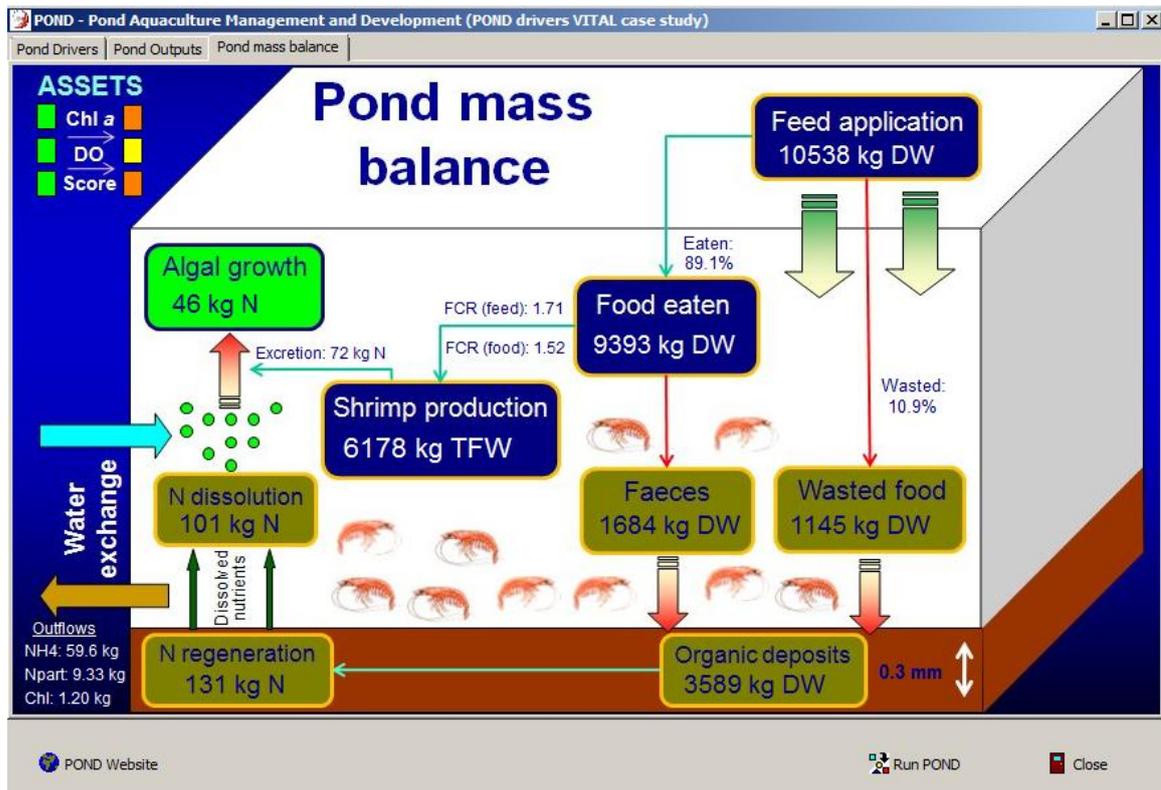


Figura 21. Resultados de balanço de massa do modelo POND para um tanque de 1 ha, incluindo a taxa de conversão de ração (FCR), diagenese, produção primária, descarga de efluente, e índice de eutrofização ASSETS (Ferreira et al., 2010)

Um dos principais desafios para a produção e sustentabilidade ambiental de aquacultura em tanques é a otimização, ou seja, uma abordagem ecossistémica a aquacultura (EAA) significa neste contexto obter o melhor rendimento possível sem transferir os custos de externalidades negativas para o meio ambiente. Os modelos podem fornecer informação valiosa sobre o leque de opções, tal como ilustrado na Tabela 6 para monocultura do camarão branco *Litopenaeus vannamei* quando comparada com co-cultivo com a ostra do Pacífico.

As duas simulações ilustram o valor acrescentado de adicionar bivalves filtradores aos tanques. Neste exemplo, para uma exploração de dimensão apreciável, o co-cultivo de ostras adiciona 25% à receita, e duplica os lucros devido ao baixo custo de produção de bivalves. Os filtradores também permitem reduzir em 60% a concentração de clorofila no efluente descarregado, embora a excreção das ostras aumente a descarga de amónia.

Tabela 6. Aplicação do modelo POND para simular a produção e efeitos ambientais de camarão em monocultura e PIM com ostras. Dados de cultura: 10⁶ m², 90 dias de cultivo, renovação de água de 15 X 10³ m³ d⁻¹ (3% do volume do tanque) em contínuo durante o ciclo de cultura.

Variável	Monocultura de camarão	PIM de Camarão e ostras	
<u>Dados de entrada</u>			
Densidade de semente (kg TFW ¹)	35,000	35,000	14,000
Peso de semente (g)	0.7	0.7	10
Peso de colheita (g)	16	16	30
Mortalidade natural (% ciclo de cultura ⁻¹)	30	30	5
<u>Resultados do modelo</u>			
<u>Produção</u>			
Produto Físico Total (TPP) (kg TFW)	619,226	619,226	83,320
Produto Físico Médio (APP)	17.7	17.7	5.95
Aplicação de ração (kg DW)	788,200	788,200	-
Taxa de conversão de alimento (FCR)	1.27	1.27	-
<u>Impacte ambiental nos tanques</u>			
Fezes (kg DW)	129,400	129,400	1298
Excreção (kg N)	5,400	5,400	258
Depósitos orgânicos (kg DW)	250,400	220,200	
Regeneração de N no sedimento (kg N)	8,500	11,500	
Dissolução de N do sedimento (kg N)	6,200	8,300	
Produção primária líquida (kg N)	2,400	1,200	
<u>Remoção de azoto (kg N y⁻¹)</u>			
Fitoplâncton (kg N y ⁻¹)	-	-1349	
Detritos (kg N y ⁻¹)	-	-7	
Fezes (kg N y ⁻¹)	6710	273	
Mortalidade (kg N y ⁻¹)	2560	7	
Balanço de massa	-	-818	
Habitantes-equivalente (PEQ y⁻¹)	-	248	
ASSETS clorofila	in  →  out	in  →  out	
ASSETS oxigénio dissolvido	in  →  out	in  →  out	
ASSETS classificação geral	in  →  out	in  →  out	
<u>Externalidades ambientais</u>			
Descarga de NH ₄ ⁺ (kg N)	4,410	6,840	
Descarga de azoto particulado (kg N)	510	230	
Descarga de clorofila (kg chl)	70	30	
<u>Custos e proveitos</u>			
Produtos de aquacultura (\$)	3,096,132	3,096,132	833,196
Proveitos (\$)	3,096,132	3,096,132	833,196
Ração (\$)	788,164	788,164	
Semente (\$)	1,000,000	1,000,000	7,000
Energia (\$)	69,363	69,804	
Custos (\$)	1,857,527	2,257,968	7,000
Proveitos-Custos (\$)	1,238,605	1,238,164	826,196
Lucro da exploração (\$)	1,238,605	2,064,360	

Em aquacultura com alimentação artificial a lei dos rendimentos decrescentes não é directamente aplicável ao fornecimento de ração, pelo menos à escala local, dado que não existe uma depleição dos recursos alimentares naturais, como acontece por exemplo na aquacultura de bivalves.

¹ TFW: peso fresco total (com concha)

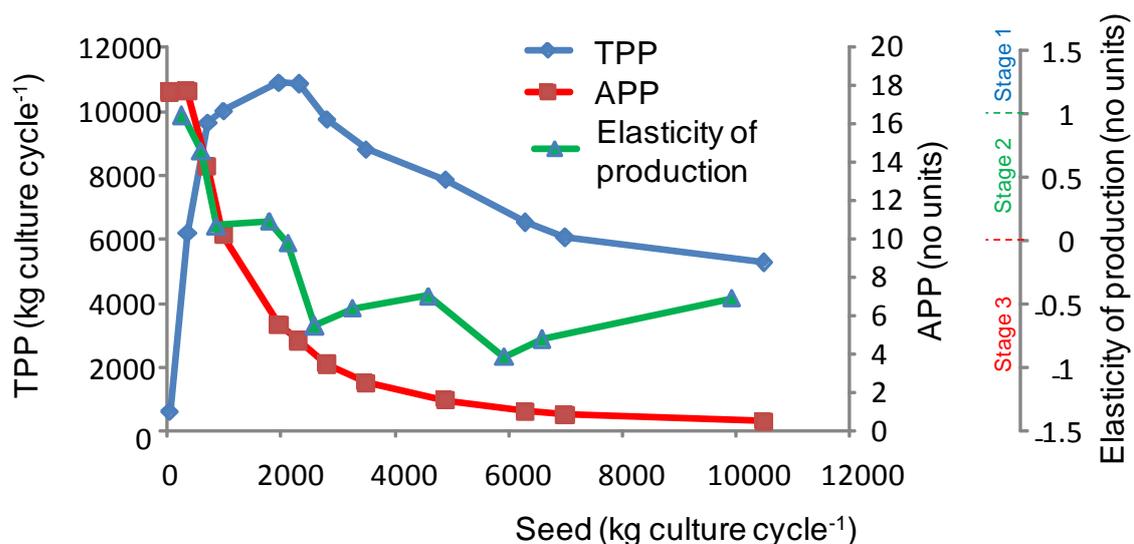


Figura 22. Função de produção com limitação de oxigénio dissolvido para aquacultura intensiva de penaeídeos, simulada através do modelo POND (Ferreira *et al.*, *In prep.*)

Contudo, o aumento da densidade de cultura tem outras consequências, como por exemplo o aumento da competição por espaço e por outros factores tais como o oxigénio dissolvido. As curvas de TPP e APP (Figura 22) são obtidas aumentando progressivamente a densidade de cultivo de *Litopenaeus vannamei* nos tanques, usando o modelo POND. A densidades mais elevadas o crescimento é limitado pela redução de oxigénio dissolvido, devido à maior respiração e diagenese de fezes e ração desperdiçada. A primeira derivada da curva de produção é o produto físico marginal, i.e.:

$$MPP = \frac{d(TPP)}{dS} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

S = Densidade de juvenis

E a elasticidade de produção E_p é definida (Eq. 3) como a taxa percentual de mudança de saída de produto (Y) em relação à taxa percentual de mudança de entrada de matéria-prima (X):

$$E_p = \frac{\frac{\Delta Y}{Y}}{\frac{\Delta X}{X}} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} * \frac{X}{Y} = \frac{MPP}{APP} \quad (\text{Eq. 3})$$

OS resultados do modelo podem ser utilizados para calcular a elasticidade de produção para um caso específico de cultura (Figura 22), e mostram que a produção se torna progressivamente mais inelástica com o aumento da densidade de juvenis (aumento de “stock”), ou seja, mudanças relativas de entrada de juvenis têm efeitos cada vez menores sobre a produção, até resultarem num decréscimo efectivo de produto.

Os exemplos acima ilustram a aplicação do modelo POND a casos reais de gestão de aquaculturas em tanques situados em terra. Apesar da espécie utilizada para ilustrar os vários aspectos não ser ainda uma das espécies de peixe cultivadas na Ria Formosa, todos estes princípios são de aplicação geral. A utilização deste modelo pelos decisores permitirá estabelecer se novas instalações vão ao encontro das restrições de licenciamento no que

diz respeito a valores máximos admissíveis de rejeição de efluentes, bem como valores máximos recomendados para as águas de captação. Permite ainda aos aquicultores otimizar os lucros da sua produção, e assegurar que não existe violação de normas legais de descarga.

4.3 Modelação ecológica

4.3.1 Modelo ecológico à escala do sistema

A Ria Formosa e a zona costeira serão divididas de acordo com a proposta de caixas (Parágrafo 1 - Definição espacial do modelo ecológico) tendo em consideração os diferentes critérios (físicos, legislativos, aquacultura, qualidade de água) e em camadas verticais se necessário (e.g. na zona costeira). O modelo ecológico EcoWin2000 (Ferreira 1995) será utilizado para estas caixas. Diferentes cenários (e.g. diferentes densidades de sementes...) serão escolhidos para fazer as simulações de crescimento de bivalves e de peixe, de produção e de impacte na qualidade de água. Os resultados ecológicos e económicos das simulações do modelo fornecerão informações de apoio para uma produção sustentável.

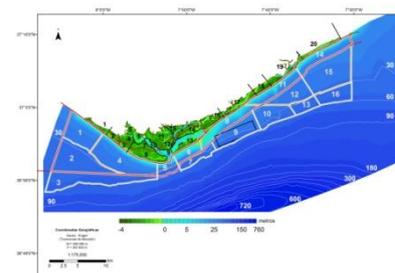
Um estudo preliminar da APPA de Armona (Área Piloto de Produção Aquícola de Armona) foi realizado usando EcoWin2000 para simular o crescimento de bivalves em alguns lotes (Figura 23).

4.3.2 APPA de Armona – CoExist

No âmbito do projecto europeu CoExist (www.coexistproject.eu/), o modelo ecológico à escala do sistema foi usado para a APPA de Armona (Área Piloto de Produção Aquícola de Armona) que fica em frente da barra Grande de Olhão. A APPA de Armona terá uma combinação de peixe e de bivalves que serão simulados no projecto CoExist. Dois cenários são apresentados nesta secção com uma análise de produção e uma análise económica.

1- Cenário 1: Produção de mexilhões em oito lotes com três densidades diferentes.

Foram escolhidos oito lotes arbitrariamente (Figura 23 e Figura 24) e correu-se o modelo para três anos de simulação de crescimento de mexilhões. No futuro, as espécies escolhidas para cada lote, serão representativas das espécies licenciadas pela DGPA.



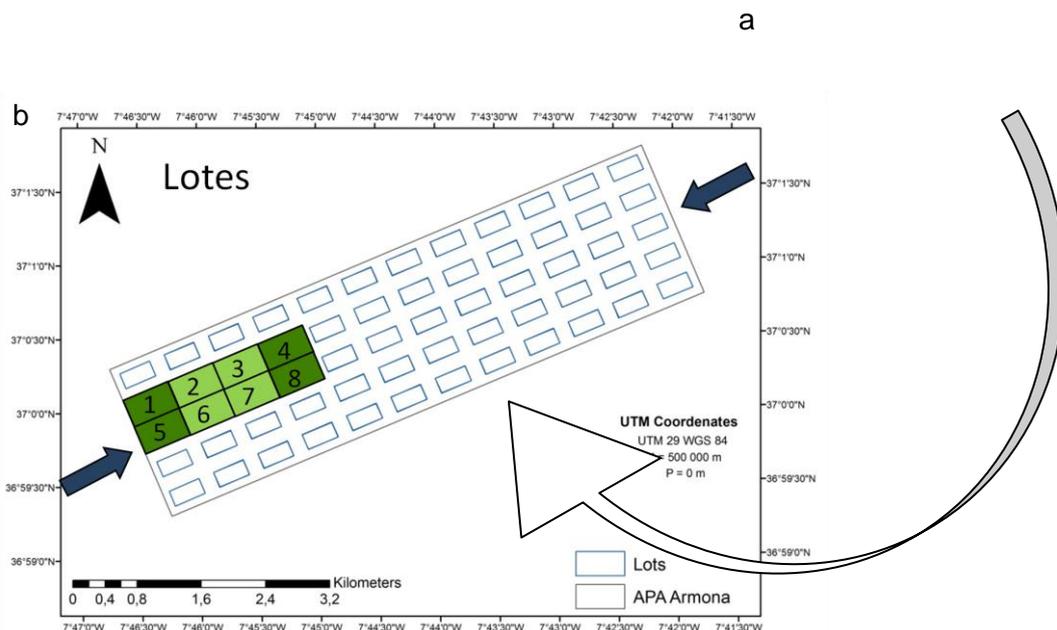


Figura 23. a) Proposta da divisão do sistema (Ria Formosa – Zona costeira); b) Oito lotes arbitrariamente escolhidos da APPA de Armonia (Área Piloto de Produção Aquícola de Armonia) para o modelo ecológico.

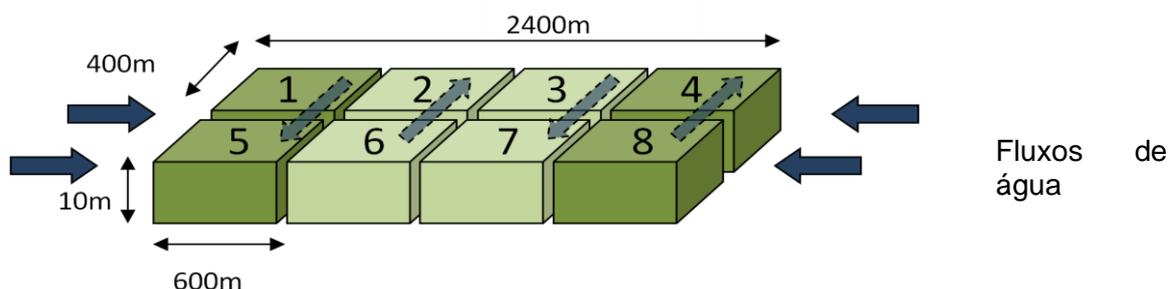


Figura 24. Diagrama dos oito lotes em três dimensões com as respectivas dimensões (largura x altura x profundidade).

As condições ambientais usadas para correr o modelo são representativas do meio e fazem parte da base de dados da Ria Formosa ou da base de dados do IPIMAR (e.g. Tabela 7).

Tabela 7. Estimativa dos parâmetros utilizados para a qualidade da água na zona costeira da APPA de Armonia.

Parâmetros	valor	Unidade	Parâmetros	valor	Unidade
Amónia (oceano)	1	$\mu\text{mol L}^{-1}$	POM (oceano)	5	mg L^{-1}
Nitrito (oceano)	1	$\mu\text{mol L}^{-1}$	Clorofila a	~1	$\mu\text{mol L}^{-1}$
Nitrato (oceano)	4	$\mu\text{mol L}^{-1}$	Peso de semente	1	g TFW ind^{-1}
Fosfato (oceano)	2	$\mu\text{mol L}^{-1}$	Área licenciada	8×10^4	m^{-2}
Sílica (oceano)	2	$\mu\text{mol L}^{-1}$	Densidade	10	ton TFW ha^{-1}
SPM (oceano)	10	mg L^{-1}			

Os resultados da produção em função da densidade de sementes em cada lote são apresentados na Figura 25. A produção de mexilhões é menor nos lotes interiores (2, 3, 6 e 7) e maior nos lotes exteriores (1, 4, 5, e 8). Este contraste é mais visível quando há uma

elevada concentração inicial de sementes nos lotes (100 toneladas por hectares) do que quando se verifica concentrações mais baixas (2 e 10 toneladas por hectares). Este efeito deve-se às correntes, fonte da alimentação para os filtradores, que passam primeiro pelos lotes exteriores e só depois pelos lotes interiores. Logo, a competição pela comida resulta num menor crescimento nos lotes interiores (Figura 25).

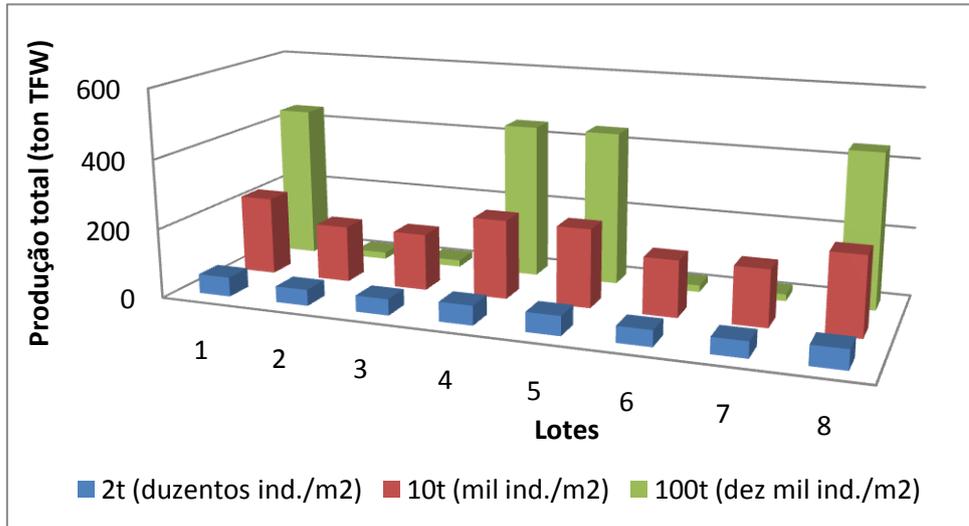


Figura 25. Produção (ton) por lote da APPA de Armona, com diferentes densidades de sementes na simulação com EcoWin2000.

Não obstante, o peso total dos bivalves (g por indivíduo), é muito mas baixo com uma densidade elevada (100 toneladas por hectare) que com as densidades mais baixas (Figura 26). Este é devido ao facto que por limitação de alimento, os mexilhões em grande densidade não tem comida suficiente e ficam pequenos, a baixa de um tamanho comercializável.

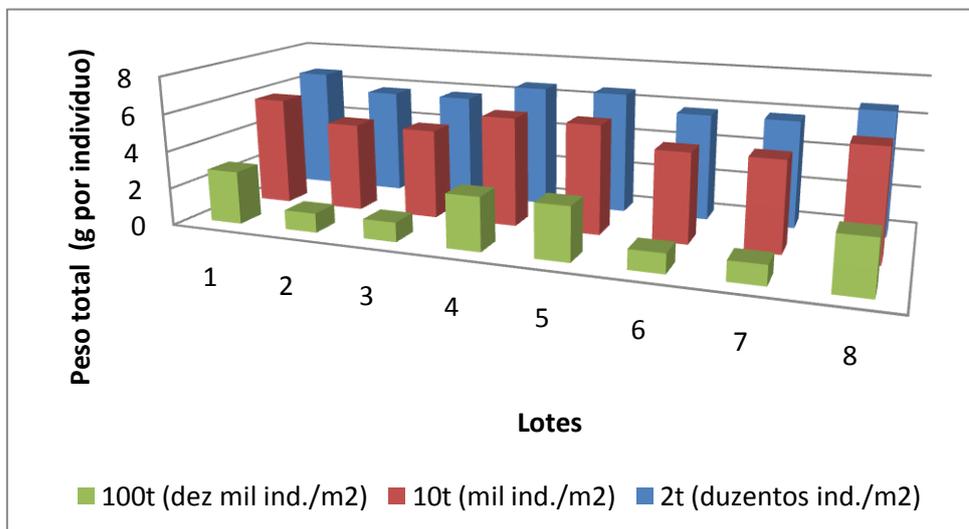


Figura 26. Peso total do indivíduo (g) por lote da APPA de Armona, com diferentes densidades de sementes na simulação com EcoWin2000.

Este resultado pode ser visto de uma maneira mais evidente na Figura 27 onde as classes de menor tamanho (1-4) representam entre 70 a 100% das classes nos lotes com uma densidade inicial 100 ton de sementes. Enquanto que representam menos de 70% para menores densidades de sementes (2 e 10 por hectare) (Figura 27).

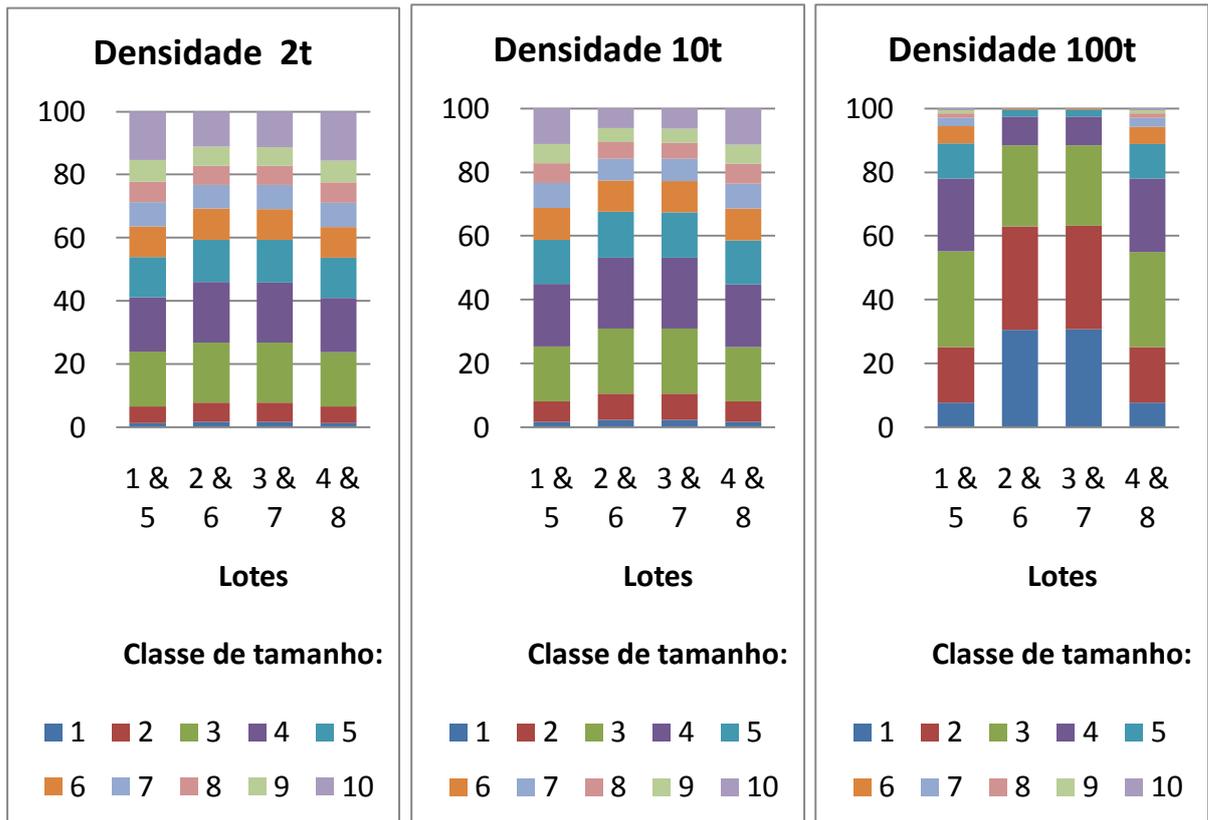


Figura 27. Percentagem das classes de acordo com o tamanho para cada lote em função da densidade inicial de semente de mexilhão

2- Cenário 2: Análise económica da produção de mexilhões em quatro lotes com densidades diferentes.

Para a análise económica, foram seleccionados arbitrariamente quatro lotes nos quais se simulou por um período de três anos o crescimento de mexilhões.

Os resultados obtidos da análise económica do modelo ecológico para os lotes 1 e 2 (lote 3 é igual ao lote 2 e o lote 4 é igual ao lote 1) podem ser observados na Figura 28.

Os lotes 1 e 2 apresentam diferentes resultados devido à competição pela comida, como pode ser visto no cenário 1 com os oito lotes.

A produção de mexilhão com diferentes densidades de semente e em função das condições hidrodinâmicas (correntes) e da qualidade de água (e.g. temperaturas, salinidades, alimentos: clorofila a, POM...) está apresentada na Figura 28, junto às análises económicas: APP e MPP.

APP: Average Physical Product (Produto Físico Médio) é o rendimento da produção: toneladas de mexilhão produzidas por toneladas de semente introduzidas. O MPP: Marginal Physical Product (Produto Físico Marginal) é a primeira derivada da produção total. Este indicador dá informação sobre o lucro da produção. Por exemplo, no lote 1, com uma introdução de 40 toneladas por hectare, a produção total é perto de 5 toneladas por hectare, isso dá um APP de aproximadamente 0.1 indicando que o rendimento é baixo. O valor do MPP é 0.075. Quando o valor de MPP for superior a 1, no lote, só se obtém lucro quando o APP for elevado.

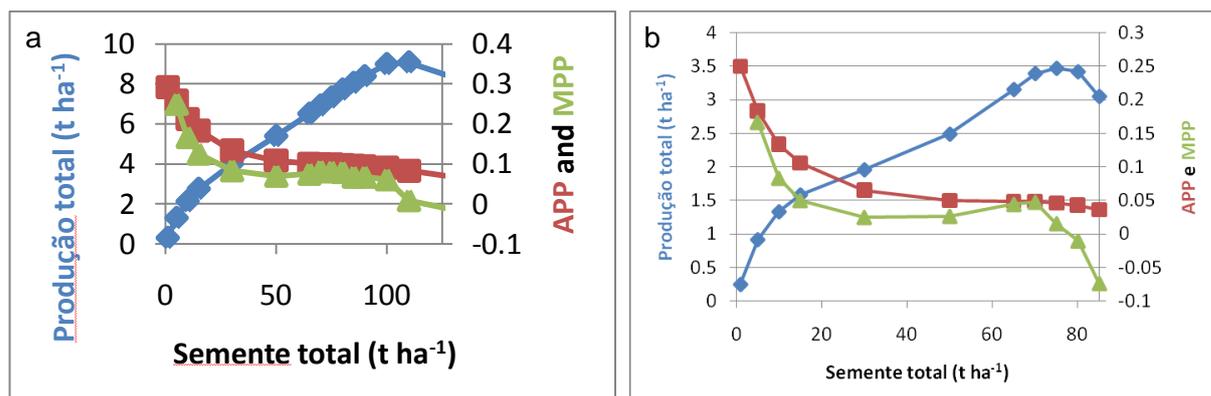


Figura 28. Resultados da análise económica para os lotes 1 (a) e 2 (b). APP: Average Physical Product (Produto Físico Médio) e MPP: Marginal Physical Product (Produto Físico Marginal).

5 Reuniões

Descrição	Entidades	Data
Apresentação EXPOMAR	IMAR/IPIMAR	29/04/2010
Reunião interna	IMAR/IPIMAR/ARH/RF Cooperativa	19/05/2010
Reunião interna	IMAR/IPIMAR/ARH	15/12/2010
Visita aos viveiros	IMAR/IPIMAR/Cooperativa RF	22/09/2010
Reunião plenária	Todos	20/01/2011
Visita aos viveiros	IMAR/IPIMAR/Cooperativa RF	21/01/2011

6 Equipa FORWARD

Nome	Funções	Email	Instituição
João Gomes Ferreira	Coordenação, modelação ecológica	joao@hoomi.com	IMAR
Carlos Vale	Coordenação, qualidade da água e sedimentos	cvale@ipimar.pt	IPIMAR
Laudemira Ramos	Consultora	miriam@ecowin.org	IMAR
Camille Saurel	Gestão, fisiologia, modelação	camillesaurel@hotmail.com	IMAR
Filipa Vazquez	SIG	filipa.vazquez@gmail.com	IMAR
João Pedro Nunes	Modelação hidrológica	jpcn@ua.pt	CESAM
João Lencart e Silva	Modelação hidrodinâmica	j.lencart@gmail.com	CESAM
Miguel Caetano	Contaminação química	mcaetano@ipimar.pt	IPIMAR
Florbela Soares	Contaminação fecal	fsoares@cripsul.ipimar.pt	IPIMAR
Domitília Matias	Crescimento e condição de bivalves	dmatias@ipimar.pt	IPIMAR
Maria João Botelho	Biotoxinas em bivalves	mjoao@ipimar.pt	IPIMAR
Alexandre Furtado	Ponto focal ARH Algarve	afurtado@arhalgarve.pt	ARH do Algarve
Marta Rocha	Cooperativa de viveiristas da Ria Formosa	martabarcelosrocha@gmail.com	Cooperativa FORMOSA

7 Referências-chave

- Boyd, C.E., 1998. Pond water aeration systems *Aquacultural Engineering* 18 (1), 9-40.
 Boyd, C.E., 2009. Advances in technologies and practice for land-based aquaculture systems: ponds for finfish production. Chapter 32 in: Burnell, G & Allan, G (Eds) *New technologies in aquaculture: Improving production efficiency, quality and environmental management*. CRC/Woodhead Publishing, Oxford. P. 984-1009.

- Bricker, S.B., J.G. Ferreira, T. Simas, 2003. An Integrated Methodology for Assessment of Estuarine Trophic Status. *Ecological Modelling*, 169(1), 39-60.
- Burford, M.A., Lorenzen, K., 2004. Modeling nitrogen dynamics in intensive shrimp ponds: The role of sediment remineralization. *Aquaculture* 229 (1-4), 129-145.
- Chopin, T., Troell, M., Reid, G., Knowler, D., Robinson, S., Neori, A., Buschmann, A., Pang, S., Fang, J.G. Integrated-Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) - a responsible practice providing diversified seafood products while rendering biomitigative services through its extractive components. *Aquaculture Europe 2010*, Porto, October 2010.
- Dame RF, Prins TC (1998) Bivalve carrying capacity in coastal ecosystems. *Aquat. Ecol.* 31: 409-421.
- Dias J.M., Sousa M.C., Bertin X., Fortunato A.B. and A. Oliveira (2009) Numerical modeling of the impact of the Ancão Inlet relocation (Ria Formosa, Portugal). *Environmental Modelling & Software* 24: 711–725.
- Di Toro, D., 2001. *Sediment flux modelling*. Wiley Interscience. 624pp.
- FAO, 2010. *Aquaculture topics and activities (2006-2010)*. *Aquaculture*. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]*. Rome. Updated 18 October 2010. <http://www.fao.org/fishery/aquaculture/en>
- Ferreira J.G. (1995). ECOWIN - an object-oriented ecological model for aquatic ecosystems. *Ecological Modelling*. 79: 21-34.
- Ferreira, J.G., J. Aguilar-Manjarrez, C. Bacher, K. Black, S.L. Dong, J. Grant, E. Hofmann, J. Kapetsky, P.S. Leung, R. Pastres, Ø. Strand, C.B. Zhu, 2010. Expert Panel Presentation V.3. Progressing aquaculture through virtual technology and decision-making tools for novel management, pp. 91-93. *Book of Abstracts, Global Conference on Aquaculture 2010*, 22-25 September 2010. FAO/NACA/Thailand Department of Fisheries, Bangkok, Thailand.
- Jolly, C.M., Clonts, H.A., 1993. *Economics of Aquaculture*. Food Products Press. 319 pp.
- Kam, L.E., Yu, R., and Leung, P., 2008. *Shrimp Partial Harvesting Model: Decision Support System User Manual*. Center for Tropical and Subtropical Aquaculture, U. Hawaii. CTSA Publication No. 153, 23pp.
- Lindahl, O., Hart, R., Hernroth, B., Kollberg, S., Loo, L., Olrog, L., Rehnstam-Holm, A., 2005. Improving marine water quality by mussel farming: a profitable solution for Swedish Society. *Ambio* 34 (2), 131–138.
- McGraw, W., Teichert-Coddington, D.R., Rouse, D.B., Boyd, C.E., 2001. Higher minimum dissolved oxygen concentrations increase penaeid shrimp yields in earthen ponds. *Aquaculture* 199 (3-4), 311-321.
- Saurel C (2008) *Mussel Production Carrying Capacity: The need for an in situ and multidisciplinary approach*. PhD thesis, Bangor University 200 pp
- Simas, T.C., Ferreira, J.G., 2007. Nutrient enrichment and the role of salt marshes in the Tagus estuary (Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 75, 393-407.
- Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J. & Hishamunda, N. (eds). 2008. *Building an ecosystem approach to aquaculture*. FAO/Universitat de les Illes Balears Expert Workshop. 7–11 May 2007, Palma de Mallorca, Spain. *FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings*. No. 14. Rome, FAO. 2008. 221p.
- Vinatea, L., Gálvez, A.O., Browdy, C.L., Stokes, A., Venero, J., Haveman, J., Lewis, B.L., Lawson, A., Shuler, A., Leffler, J.W., 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. *Aquacultural Engineering* 42 (1), 17-24.
- Xiao Y., Ferreira J.G., Bricker S.B., Nunes J.P., Zhu M., Zhang X. (2007) Trophic Assessment in Chinese Coastal Systems - Review of methodologies and application to the Changjiang (Yangtze) Estuary and Jiaozhou Bay. *Estuaries and Coasts* 30 (6): 901-918.
- Zhang, P., Zhang, X., Li, J., Huang, G., 2006. The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture* 256 (1-4), 579-587

