

Relatório Final

No âmbito do protocolo “Fundo EDP para a Biodiversidade” estabelecido entre a empresa Energias de Portugal, S.A. e Universidade do Algarve

Dezembro 2012





FINDKELP

Assis, J., Serrão, E., Alberto, F. (2012). Projeto Findkelp “as florestas do fundo do mar”. Relatório Final no âmbito do protocolo “Fundo EDP para a Biodiversidade” estabelecido entre a empresa Energias de Portugal, S.A. e a Universidade do Algarve.

Coordenação editorial: Centro de Ciências do Mar

Coordenação científica: Ester A. Serrão (Centro de Ciências do Mar e Universidade do Algarve)



Índice

1. Resumo	5
2. Nota introdutória	7
3. As ações do projeto Findkelp	8
4. Métodos do projeto	10
5. Resultados e discussão do projeto	20
6. Considerações finais	35



1. Resumo

Com o objetivo de promover o estudo sobre as espécies de kelp e das que delas dependem, bem como fornecer diretrizes de gestão eficaz, o Centro de Ciências do Mar desenvolveu o projeto Findkelp. Um projeto multidisciplinar que recorre a instrumentos de participação pública, dinâmica e genética de populações, ecologia e comunicação científica. Com diversas colaborações da sociedade civil e científica, o projeto é uma plataforma de estudo que pretende (1) conhecer a distribuição das florestas de Kelp de Portugal e a diversidade genética da espécie mais conspícua (*Saccorhiza polyschides*), (2) conhecer os fatores ambientais e antropogénicos que controlam as florestas de Kelp de Portugal e como esses influenciam a diversidade genética de *Saccorhiza polyschides*, (3) elaborar um manual para os intervenientes no processo de gestão costeira, bem como um plano de metodologias de repovoamento de florestas de Kelp, (4), divulgar cientificamente e promover o conhecimento das florestas de kelp e dos habitats marinhos, no binómio conhecer para preservar.

O presente relatório final (Dezembro de 2012) documenta os principais objetivos, métodos aplicados e resultados obtidos nas diferentes ações do projeto Findkelp. Este surge no âmbito do protocolo estabelecido entre a empresa Energias de Portugal, S.A. e a Universidade do Algarve, executado pelo Centro de Ciências do Mar.

In order to promote the study of kelp species and their dependents, as well as provide guidelines for an effective management, the Center for Marine Sciences developed the project Findkelp. A multidisciplinary project that uses public participation, population dynamics and genetics, ecology and communication tools. With several scientific synergies, the project is a platform study that aims to (1) assess the portuguese kelp forests distribution and the genetic diversity of the more conspicuous species (*Saccorhiza polyschides*), (2) assess the environmental and anthropogenic factors that control Kelp forests and how they influence the genetic diversity of *Saccorhiza polyschides*, (3) develop a manual for those involved in coastal management, as well as a list of methodologies guidelines to transplant Kelp forests, (4) and to disseminate and promote the knowledge of kelp forests and marine habitats.

This report documents the project main objectives, methods and final results. The report was made under the protocol established between the company Energias de Portugal, SA and the University of Algarve, developed by the Centre of Marine Sciences.

Florestas entre marés

A zona entre marés do norte de Portugal continental é conhecida por possuir extensas florestas de kelp das espécies *Saccorhiza polyschides* e *Laminaria hyperborea*. Resistindo à força das ondas estas populações são importantes berçários e regiões de alimentação para diversas espécies animais.



2. Nota introdutória

As florestas de kelp, juntamente com os recifes de coral e as pradarias de plantas marinhas, são habitats que constituem um bem social e económico muito importante. Os organismos que constituem estas florestas servem de zonas de proteção, reprodução e alimentação de uma grande diversidade de espécies animais. São também importantes produtores primários, desempenhando um papel ativo na minimização do fenómeno do aquecimento global, uma vez que fixam carbono, reduzindo a quantidade de CO₂ atmosférico. Destas florestas dependem centenas de milhões de pessoas em todo o mundo, donde se estimam níveis de serviços do ecossistema na ordem dos triliões de dólares anuais para a economia global.

No entanto, as espécies de kelp têm sido alvo de pressões físicas e antropogénicas que podem alterar fortemente a sua sustentabilidade e distribuição. Ao longo das comunidades das regiões costeiras de Portugal continental e da própria comunidade científica existe a perceção de que as florestas de kelp são um habitat em regressão. Essa regressão terá repercussões diretas na produtividade primária das zonas costeiras bem como na diversidade e abundância das espécies de fauna associadas, inclusivamente peixes de elevado valor comercial para o sector das pescas. Contudo, a monitorização do estado de conservação destas espécies é muito reduzida. A insuficiência deste tipo de conhecimento dificulta o desenvolvimento de medidas de gestão eficazes que permitam a manutenção e o equilíbrio destes ecossistemas marinhos. Neste sentido, o Centro de Ciências do Mar lançou o projeto Findkelp, com o objetivo de promover o estudo sobre as espécies de kelp e as que delas dependem, bem como fornecer diretrizes de gestão eficaz. Atualmente o projeto conta com uma equipa constituída por cientistas do Centro de Ciências do Mar, colaborações com a “University of California” em Santa Bárbara, com a unidade CNRS “Evolution et Genetique des Populations Marines”, na Estação Biológica de Roscoff da Universidade Pierre et Marie Curie e com cerca de 250 voluntários utilizadores da zona costeira de Portugal continental.

Através do protocolo estabelecido entre a empresa Energias de Portugal, S.A. e a Universidade do Algarve, o projeto possui seguintes objetivos:

Objetivo 1: Conhecer a distribuição presente e do passado recente das florestas de Kelp de Portugal, bem como a diversidade genética da espécie mais conspícua (*Saccorhiza polyschides*).

Objetivo 2: Conhecer os fatores ambientais e antropogénicos que controlam as florestas de Kelp de Portugal e como esses influenciam a diversidade genética de *Saccorhiza polyschides*.

Objetivo 3: Elaborar um manual para os intervenientes no processo de gestão costeiras, bem como um plano de metodologias de repovoamento de florestas de Kelp.

Objetivo 4: Divulgar cientificamente e promover o conhecimento das florestas de kelp e dos habitats marinhos, no binómio conhecer para preservar.

3. As ações do projeto Findkelp

Para levar a cabo os objetivos do projeto Findkelp, foram delineadas as seguintes ações:

Ação _ 1 Estudar a distribuição presente e do passado recente das florestas marinhas de kelp ao longo da costa portuguesa e em profundidade.

Ação _ 2 Estudar a ecologia das populações de kelp da costa portuguesa, com incidência em *Saccorhiza polyschides* e comparar os resultados obtidos com dados atualmente existentes de outras regiões europeias.

Ação _ 3 Estudar a variação da diversidade genética de kelp em função de fatores populacionais e estruturais da paisagem submersa, nomeadamente a densidade da população, a dimensão de habitat disponível e a persistência no tempo da própria população.

Ação _ 4 Estudar a persistência de florestas de kelp segundo fatores de controlo oceanográfico, numa perspetiva de alterações climáticas e de agentes de stress local como o input de águas provenientes de centrais termoelétricas.

Ação _ 5 Realizar ensaios de viabilidade de repovoamento de Kelp, através de fixação de esporos em substratos artificiais. Elaboração de um plano de metodologias de repovoamento, tendo em perspetiva a oportunidade criada por substrato artificial presente em futuros parques eólicos off-shore.

Ação _ 6 Estudar as relações de dependência entre espécies de elevado valor comercial e as florestas de kelp.

Ação _ 7 Compilar toda a informação obtida e elaborar um manual para os intervenientes no processo de gestão costeira, que defina as áreas de elevada densidade e diversidade genética de espécies de kelp, a sua importância, as espécies de valor comercial associadas e um conjunto de diretrizes para a sua gestão e conservação, bem como para a conservação do seu habitat.

Ação _ 8 Divulgar os resultados do projeto, a importância das florestas de kelp e a necessidade de conservar os habitats marinhos.

Ação _ 9 Avaliar continuamente a execução das rubricas do projeto através do controlo periódico dos cronogramas definidos.





As comunidades costeiras dependem dos serviços prestados pelos ecossistemas naturais como as florestas de kelp

4. Métodos do projeto

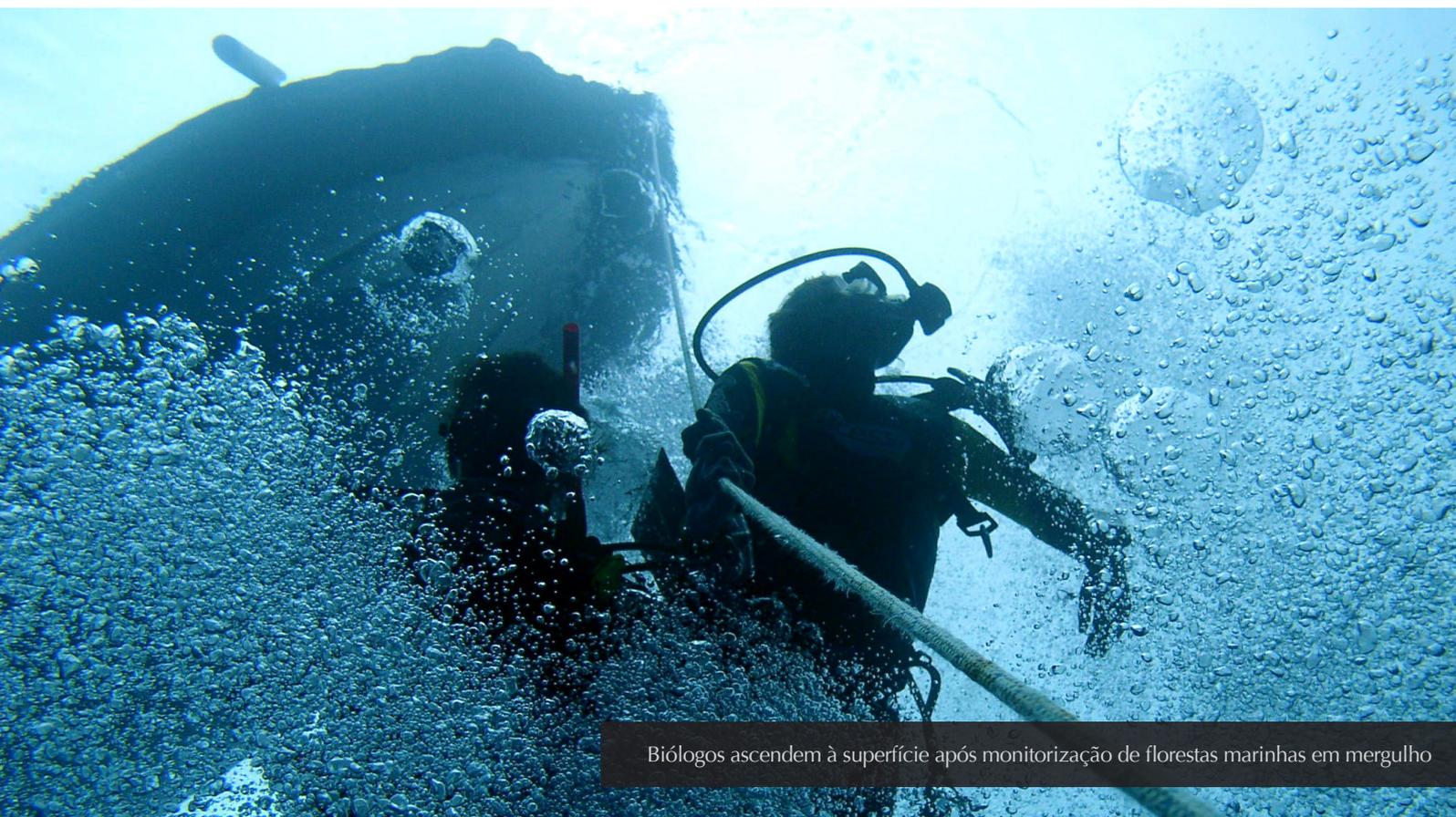
De modo a concretizar os objetivos definidos, o projeto recorreu a instrumentos de participação pública, dinâmica e genética de populações, ecologia e comunicação científica, integrando as diferentes abordagens em ações concertadas, de modo a estudar e a fornecer medidas de gestão eficazes para as espécies de kelp, bem como a divulgar a sua importância junto das comunidades costeiras utilizando o binómio conhecer para proteger.

Ação _1 Estudar a distribuição presente e do passado recente das florestas marinhas de kelp ao longo da costa portuguesa e em profundidade.

Para melhor conhecer a distribuição actual e do passado recente das florestas de kelp, o projeto contou com trabalhos que recorreram à participação de voluntários, validação estatística, bem como a monitorização sazonal e revisão bibliográfica. A integração desta informação permitiu elaborar um mapa da distribuição das espécies de kelp no espaço e no tempo.

Participação comunitária e validação estatística

Através de sessões públicas e oficinas de capacitação, foram formados voluntários mergulhadores de modo a que conseguissem identificar autonomamente as diferentes espécies de kelp que compõem as florestas marinhas de Portugal.



Biólogos ascendem à superfície após monitorização de florestas marinhas em mergulho

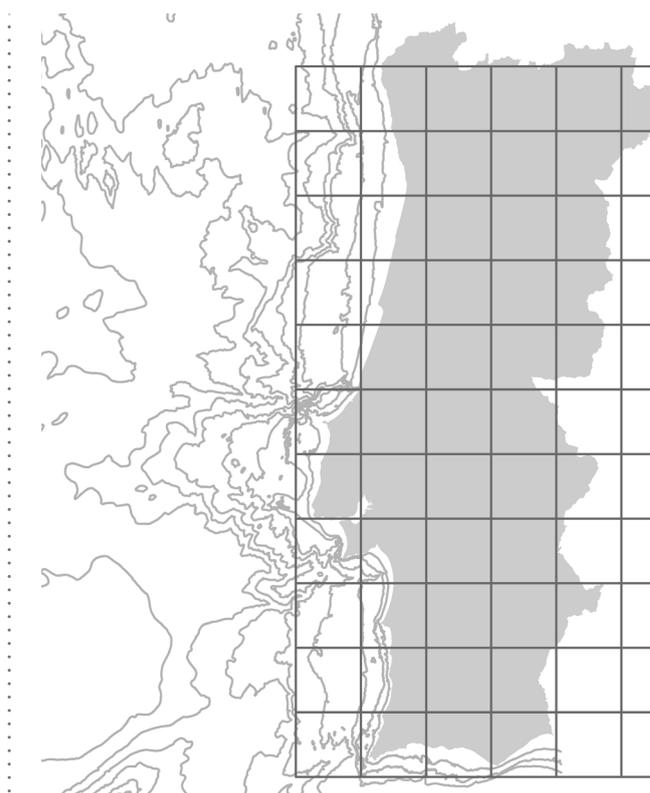
Esses voluntários foram também persuadidos a reportar as suas observações de kelp no sítio Web do projeto, com a seguinte estrutura de dados: (1) espécie observada; (2) data de observação; (3) classe de abundância em número de indivíduos; (4) profundidade do mergulho; (5) estado da lâmina.

Para além destes dados extremamente úteis, os voluntários puderam também anexar uma fotografia à informação reportada. Esta fotografia, em última instância, permitiu aos técnicos do projeto validar a informação partilhada. Após o recebimento dos dados na base de dados do sítio Web, os técnicos do projeto selecionaram aleatoriamente um conjunto de localizações das reportadas pelos voluntários de modo a elaborarem um processo de validação dos dados. Essa validação teve por base um método estatístico denominado “coeficiente kappa” que permitiu inferir sobre o grau de erro de uma determinada série de dados de proveniência duvidosa, quando comparada com outra de proveniência conhecida. A aplicação do coeficiente kappa, aos dados dos voluntários permitiu assim gerar um valor global de confiança dos dados, entre 0 e 1, em que 0 refletiu o erro absoluto dos voluntários e 1 a certeza absoluta dos dados recolhidos.

Monitorização sazonal

De modo a monitorizar as florestas marinhas, de um modo independente do grau de participação dos voluntários, o projeto desenvolveu um programa de monitorização sazonal ao longo da costa Portuguesa. Esse programa foi desenvolvido nos meses de verão, ao longo de 30 localidades predefinidas. Os técnicos, através de mergulho autónomo com garrafa ou em apneia, inspecionaram cada uma das localidades em busca de espécies de kelp, nunca menos de 60 minutos.

Grelha de monitorização sazonal de florestas marinhas. Em cada célula costeira, os técnicos do projecto monitorizam em, pelo menos, duas localidades de modo a totalizarem 30 localidades.



Revisão bibliográfica

Para melhor compreender a distribuição histórica das florestas de kelp na costa portuguesa e inferir sobre uma possível regressão destas populações, o projeto compilou e analisou publicações científicas que possuíam informação sobre a distribuição de *Saccorhiza polyschides* e *Laminaria ochroleuca*. Esta abordagem foi desenvolvida num Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o processo de análise foi efetuado comparando a presença e ausência de *Saccorhiza polyschides* para cada localidade relatada na bibliografia, ao longo do tempo.

Ação _2 Estudar a ecologia das populações de kelp da costa portuguesa, com incidência em *Saccorhiza polyschides* e comparar os resultados obtidos com dados atualmente existentes de outras regiões europeias.

O estudo dos fatores ecológicos que controlam a distribuição das espécies que compõem as florestas marinhas de Portugal é um processo que aportará informação crucial para futuros processos de gestão e proteção. A luminosidade disponível, a profundidade, a tipologia do fundo marinho e as associações biológicas são alguns dos fatores de controlo destas espécies que não estão atualmente estudados em Portugal e dos quais não se conhece o verdadeiro papel. Para os estudar, esta ação contou com metodologias inovadoras com base no vídeo subaquático, o posicionamento GPS, a estatística multivariada e o registo de dados oceanográficos insitu. Foram estudadas geograficamente as interações de pequena escala das populações de kelp com as seguintes características do fundo do mar:

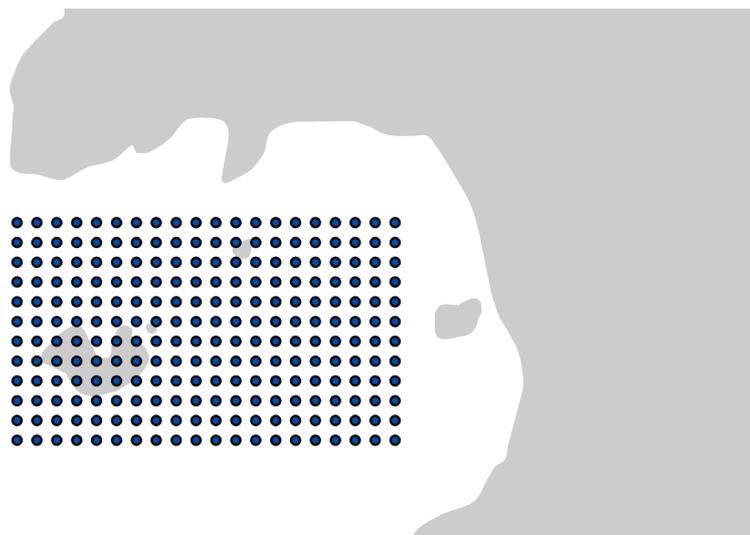
- (1) Espécie de Kelp;
- (2) Profundidade;
- (3) Relevo;
- (4) Tipo de fundo;
- (5) Espécies de algas dominantes;
- (6) Espécies de macro-invertebrados dominantes.

Esta abordagem foi desenvolvida em 3 localidades do norte de Portugal (Viana do Castelo, Vila praia de Âncora e Moledo do Minho) numa área de 100 m por 100 m. Os técnicos do projeto, com recurso a mergulho autónomo, filmaram o fundo marinho, seguindo uma grelha de pontos predefinidos, capturando os diferentes fatores da paisagem submersa, e registaram a localização geográfica dos seus movimentos. Os dados obtidos pelo vídeo foram posteriormente analisados no laboratório, cruzando o tempo do vídeo com os dados do GPS de modo a georeferenciar as observações. O resultado desta abordagem é um mapa à curta escala que inclui os fatores descritos anteriormente e a densidade das diferentes espécies de kelp. A análise multivariada destes dados permite perceber que fatores são mais responsáveis pela distribuição das florestas de kelp. Nessas mesmas localidades do norte de Portugal foram ainda instalados pontos de controlo de temperatura que recolherão dados ao longo do tempo.

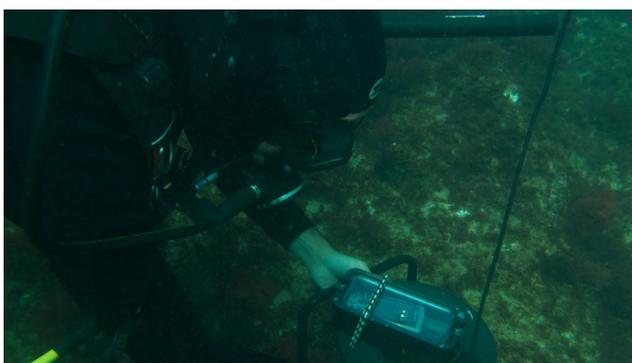
Esta informação de base tem como objetivo a sua introdução num modelo espacial que possibilitará inferir sobre a área de ocupação potencial das florestas de kelp na região noroeste de Portugal.



Grelha de pontos para registo dos factores de controlo das populações de kelp através de vídeo subaquático.



Investigador observa através de um monitor LCD as imagens que o vídeo regista. Uma bússola montada no topo do dispositivo permite a navegação subaquática.



Investigador observa a sua posição no dispositivo de GPS subaquático de modo a conduzir a navegação.



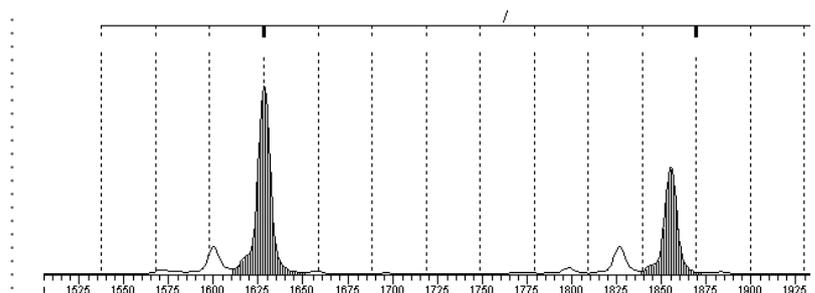
Imagem obtida pelo vídeo subaquático, onde se observam frondes de *Saccorhiza polyschides*.

Ação_3 Estudar a variação da diversidade genética de kelp em função de fatores populacionais e estruturais da paisagem submersa, nomeadamente a densidade da população, a dimensão de habitat disponível e a persistência no tempo da própria população.

Para atingir o objetivo proposto, foram recolhidas amostras para avaliação da diversidade genética das populações de *Saccorhiza polyschides* em 80 localidades ao longo da costa de Portugal continental. Nesses locais, foram também efetuadas estimativas de densidade para cada população recorrendo a mergulho autónomo. Para obtenção de uma estimativa do habitat disponível para cada população de kelp, desenvolveu-se um mapa dos fundos rochosos da costa portuguesa num sistema de informação geográfica, utilizando ortofotomapas e cartografia de fundo marinho do Instituto Hidrográfico de Portugal. Esta informação cartográfica foi introduzida no modelo previsto na ação 2 de modo a que a inferência sobre a área de ocupação potencial possa ser relacionada com a diversidade e diferenciação genética. Em cada estação amostrada, os técnicos do projeto recolheram fragmentos de, pelo menos, 30 indivíduos de kelp. Os fragmentos recolhidos foram conservados em sílica para posterior tratamento e análise laboratorial.

No laboratório extraiu-se, amplificou-se e comparou-se o ADN de cada um dos indivíduos, através da utilização de PCR com recurso a microssatélites conhecidos para a espécie. Da análise dos fragmentos obtidos foi possível obter estimativas para cada população de diversidade genética, de consanguinidade, de número de alelos, bem como uma medida da relação existente entre essas populações, no que respeita à troca de material genético.

Exemplo de quantificação do tamanho dos fragmentos de ADN amplificados de um indivíduo de *Saccorhiza polyschides*.



Ação_4 Estudar a persistência de florestas de kelp segundo fatores de controlo climáticos e oceanográficos, numa perspetiva de alterações climáticas e de agentes de stress local como o input de águas provenientes de centrais termoelétricas.

O estudo da persistência das populações de kelp em função de fatores como o clima e os processos oceanográficos (temperatura, intensidade do hidrodinamismo, exposição da costa e direção das correntes oceânicas) permitiu compreender quais os fenómenos que controlam e ligam geneticamente estas populações, bem como prever diversos cenários de futuro, fundamentalmente numa perspetiva de alterações climáticas. Para cumprir os objetivos desta ação, compilou-se numa base de dados geográfica

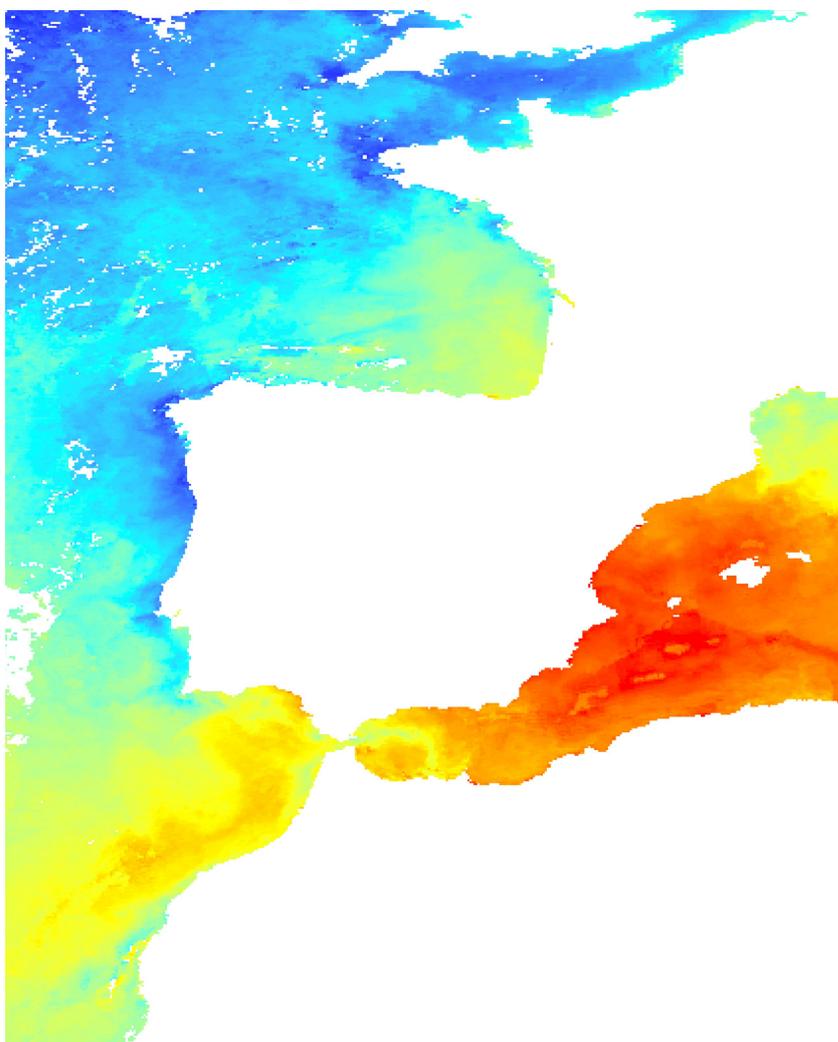


informação oceanográfica (temperatura, correntes oceânicas e intensidade de hidrodinamismo) em séries de dados temporais. Essa informação é proveniente de satélites (ex. Modis aqua) que recolhem dados da hidrosfera, e encontra-se disponível em bases de dados abertas ao público.

Os técnicos do projeto compilaram e analisaram os dados em ferramentas específicas que funcionam sobre sistemas de informação geográfica. Estes dados, depois de cruzados com os dados provenientes da monitorização sazonal e revisão bibliográfica da ação 1, permitiram inferir sobre o papel desses agentes oceanográficos no controle das populações de kelp à larga escala.

Foram também monitorizadas as populações proximais a áreas conhecidas que possuam input de águas provenientes de centrais termoelétricas (de elevada temperatura) que poderão afetar o desenvolvimento de alguns dos estados do ciclo de vida das espécies de kelp.

Imagem recolhida através de software específico de recolha e análise de dados oceanográficos. Exemplo de dados de temperatura superficial de Outubro de 2003.



Ação _5 Realizar ensaios de viabilidade de repovoamento de Kelp, através de fixação de esporos em substratos artificiais. Elaboração de um plano de metodologias de repovoamento, tendo em conta a oportunidade criada por substrato artificial presente em futuros parques eólicos off-shore.

Os ensaios de repovoamento de espécies de Kelp permitiram estudar qual a metodologia mais viável para fixação de estruturas reprodutoras de Kelp. Idealmente, essas estruturas, na sua forma macroscópica ou microscópica, permitirão recolonizar áreas onde a distribuição natural sofreu uma regressão ou em locais onde oportunamente se pretende potenciar um habitat artificial, como por exemplo, o substrato de parques eólicos off-shore.

Nesta ação os técnicos desenvolveram duas abordagens distintas. Por um lado, ensaios de repovoamento recorrendo a organismos adultos. Para tal, foram recolhidos no ambiente natural um conjunto de indivíduos numa região de elevada abundância e transplantados para regiões onde as condições fossem favoráveis* e onde se tenha identificado ausência de kelp. A recolha de indivíduos foi efetuada em Viana do Castelo através de mergulho autónomo e utilizaram-se câmaras de arrefecimento para o seu transporte. O transplante foi efetuado em duas zonas de Sesimbra e duas de Vila Praia de Âncora. De modo a monitorizar o sucesso desta ação, as regiões de transplante foram visitadas semanalmente e foi recolhido material biológico dos organismos transplantados. Esse material foi levado para o laboratório de modo a se efetuarem extrações e ampliações de ADN. Essas permitirão fazer a comparação com os futuros indivíduos que se desenvolverão na região de transplante e inferir sobre o grau de parentesco.

Por outro lado, no laboratório, fizeram-se germinar estruturas reprodutoras de Kelp sobre diferentes tipos de substrato de modo a inferir sobre que papel possui na viabilidade do processo reprodutor. Foram também colocados em regiões de elevada abundância de kelp (Vila Praia de Âncora), substratos artificiais de assentamento. Estas abordagens permitiram obter dados passíveis de compreender o papel dos substratos artificiais no processo de recrutamento de kelp. A informação obtida e a abordagem desenvolvida na ação de transplante será compilada num manual que possa ser utilizado como guia para criação de locais de repovoamento artificial de Kelp para potenciar a biodiversidade marinha.



* as condições são consideradas favoráveis se num passado recente se tenham observado kelps da espécie a transplantar.



Ação _6 Estudar as relações de dependência existentes entre espécies de elevado valor comercial e as florestas de kelp.

O estudo da dependência das espécies de valor comercial com as florestas de kelp nunca foi desenvolvido de Portugal. Esta análise é primordial na valorização das florestas marinhas de Portugal e é uma ferramenta muito útil nos processos de gestão pesqueira, principalmente no que respeita ao melhoramento das ações que protejam e garantam a sustentabilidade dos recursos demersais.

Nesta ação os técnicos, com recurso a mergulho amador, colocaram câmaras subaquáticas para contagem de espécies de peixe em diferentes localidades. As câmaras registaram imagens ao longo de 4 horas contínuas. Estas localidades foram selecionadas tendo em conta a presença ou ausência de florestas marinhas. Por outro lado, os mergulhadores efetuaram contagens de peixes *in situ*, em zonas com florestas de kelp e em zonas sem florestas.

Imagem obtida pelo vídeo subaquático a 10m de profundidade na região da Carrapateira, onde se conseguem identificar indivíduos da espécie *Balistes carolinensis* (peixe porco).



Ação _7 Compilar toda a informação obtida e elaborar um manual para os intervenientes no processo de gestão costeira, que defina as áreas de elevada densidade e diversidade genética de espécies de kelp, a sua importância, as espécies de valor comercial associadas e um conjunto de diretrizes para a sua gestão e conservação, bem como para a conservação do seu habitat.

A integração de toda a informação obtida ao longo do projeto, em que se estudam intensivamente as espécies de kelp em diferentes perspetivas, permitirá a elaboração de um manual inédito e inovador para os intervenientes no processo de gestão costeira e pesqueira, que definirá as áreas emblemáticas de distribuição e diversidade genética, a sua importância, as espécies comerciais associadas e um conjunto de diretrizes objetivas para uma gestão e conservação eficiente das espécies e dos habitats de kelp. Esse manual será editado em formato digital e distribuído de forma gratuita.

Ação _8 Divulgar os resultados do projeto, a importância das florestas de kelp e a necessidade de conservar os habitats marinhos.

O projeto Findkelp desenvolveu uma dinâmica contínua de comunicação através da página Web do projeto (www.findkelp.org). A comunicação em congressos e publicação de artigos em revistas científicas também foi um dos objetivos principais desta ação. Por outro lado, o desenvolvimento de uma publicação (32 páginas) sobre as florestas marinhas de Portugal permitiu levar a mensagem do projeto e das florestas marinhas de um modo mais interpretativo a um maior número de pessoas. Essa publicação foi entregue gratuitamente em centros de mergulho, para que os responsáveis desses pudessem dinamizar a sua entrega aos utilizadores das regiões costeiras.

No projeto efetuaram-se também palestras ao longo de todo o país, promovendo o projeto e valorizando as espécies de kelp e a conservação da natureza. A exposição do projeto, com painéis móveis, foi dinamizada em feiras, eventos e disponibilizada a instituições parceiras.

O sistema de informação geográfica com os dados das áreas emblemáticas de distribuição e diversidade genética das espécies de kelp será disponibilizado a instituições públicas que integram ações de gestão dos recursos marinhos (ex. Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade, Instituto hidrográfico, Instituto de Investigação das Pescas e do Mar, base de dados de biodiversidade nacional MARBIS).

Ação _9 Avaliar continuamente a execução das rubricas do projeto através do controlo periódico dos cronogramas definidos.

Esta ação teve por base o desenvolvimento de reunião semanal de acompanhamento do projeto para avaliação do estado de execução das rubricas, através dos seguintes indicadores:

(1) Publicação científica sobre a estrutura das populações e da diversidade genética de *Saccorhiza polyschides*, na sua região marginal de distribuição. (2) Publicação sobre a variação da diversidade genética de kelp em função de fatores estruturais da paisagem submersa, da componente oceanográfica e da estrutura da população. (3) Publicação técnica sobre ensaios de viabilidade de repovoamento de kelp, através de fixação de esporos em substratos artificiais. (4) Manual de repovoamento, utilizando a oportunidade criada pelo substrato artificial presente em futuros parques eólicos off-shore. (5) Publicação técnica sobre as espécies de peixe que utilizam as florestas de kelp. (6) Manual para os intervenientes no processo de gestão costeira. (7) Atualizações do Blog do website. (8) Publicação sobre as florestas de kelp de Portugal.



Engenheiros do ecossistema

No fundo do mar, a presença de espécies como *Saccorhiza polyschides* permite a fixação e proteção de diversas espécies animais de pequenas dimensões. Tal como os recifes e coral, as espécies de kelp possuem estruturas tridimensionais que potenciam a biodiversidade animal. Por esta razão, pertencem ao grupo de espécies denominadas engenheiros do ecossistema.



5. Resultados e discussão

Durante o período de execução das tarefas do projeto, foram conduzidos trabalhos no campo e no laboratório que recorreram a ferramentas de participação comunitária, trabalhos de campo com recurso a mergulho autónomo, vídeo e posicionamento GPS, recolha de material biológico, análise e processos laboratoriais, bem como metodologias de validação estatística. Aqui se discutem os principais resultados por cada uma das ações:

Ação _1: Estudar a distribuição das florestas marinhas de kelp ao longo da costa portuguesa e em profundidade.

Participação comunitária e validação estatística

Através de 23 sessões públicas e oficinas de capacitação ao longo de Portugal continental, formaram-se cerca de 250 voluntários mergulhadores que aportaram resultados inéditos e extremamente úteis sobre a distribuição atual de 6 espécies de kelp dos 0 aos 42 metros de profundidade, em todo o território de Portugal continental, incluindo os montes submarinos Gorringe e Montanha de Camões.

Esses dados estão agora disponíveis para os coordenadores do projeto em SIG (Sistema de Informação Geográfica). Para além dos dados obtidos, validou-se a própria metodologia de utilização de participação comunitária em ações de conservação da Natureza, ferramenta que já foi introduzida noutros projetos de



Organismos de kelp resistem a força das ondas na região entre marés.

cariz científico do Centro de Ciências do Mar. Através de questionários efetuados a utilizadores da zona costeira, foi também possível obter informação sobre a distribuição das espécies de kelp para décadas transatas. Essa ação permitiu documentar uma regressão de distribuição de kelp, principalmente a Sul do Cabo do Mondego.

Publicações efectuadas

(1) Assis, J., Tavares, D., Tavares, J. T., Cunha, A. H., Serrão, E. A. (2009) Findkelp, a GIS-based community participation project to assess Portuguese kelp conservation status. *Journal of Coastal Research*, SI 56:1469-1473

Comunicações

Assis, J., Cunha, A., Serrão, E. A., Tavares, D., Tavares, J. Findkelp, Community participation as a tool to assess Portuguese kelp conservation status. 10th International Coastal Symposium (ICS2009)

Assis, J., Tavares, D., Tavares, J. T., Cunha, A. H., Serrão, E. A. Findkelp, a GIS-based community participation project to assess Portuguese kelp conservation status. *The Management of Marine Algal Resources*. June 2010. IFREMER, Brest Centre, France

Monitorização sazonal

A monitorização sazonal foi efetuada nos meses de Verão dos anos de 2008, 2010 e 2011. Esta tarefa serviu essencialmente para validar os dados disponibilizados pelos voluntários, bem como para acompanhar as populações de kelp um modo independente da participação pública.

Tabela. Localidades monitorizadas que registaram diferenças de presença/ausência

	2008	2010	2011	2012
Cascais				
Arrábida				
Sines				
Porto Covo				
Zambujeira				
Vila Nova de Mil Fontes				
Odeceixe				

Da análise das diferenças anuais dos locais de monitorização, sublinha-se o facto das populações de kelp da costa a norte do cabo Mondego serem extremamente constantes no tempo. Em nenhuma das localidades monitorizadas se constatarem diferenças de presença/ausência.

Por outro lado, as populações a sul do mesmo cabo são altamente dinâmicas no que respeita a presença/ausência de ano para ano.

Revisão bibliográfica

Foram compiladas e introduzidas no Sistema de Informação Geográfica 1408 referências de *Saccorhiza polyschides* e *Laminaria ochroleuca*. Essas correspondem a dados de presença e ausência desde o ano de 1960 até 2011, para 148 localidades diferentes ao longo da latitude da costa de Portugal.

Da análise das duas séries de dados resultantes, observa-se que a sul do cabo Mondego, mais concretamente a sul da latitude 39.5°, existem populações que desapareceram em determinados anos, mas recuperaram e outras que se extinguíram totalmente, principalmente da espécie *Laminaria ochroleuca*.

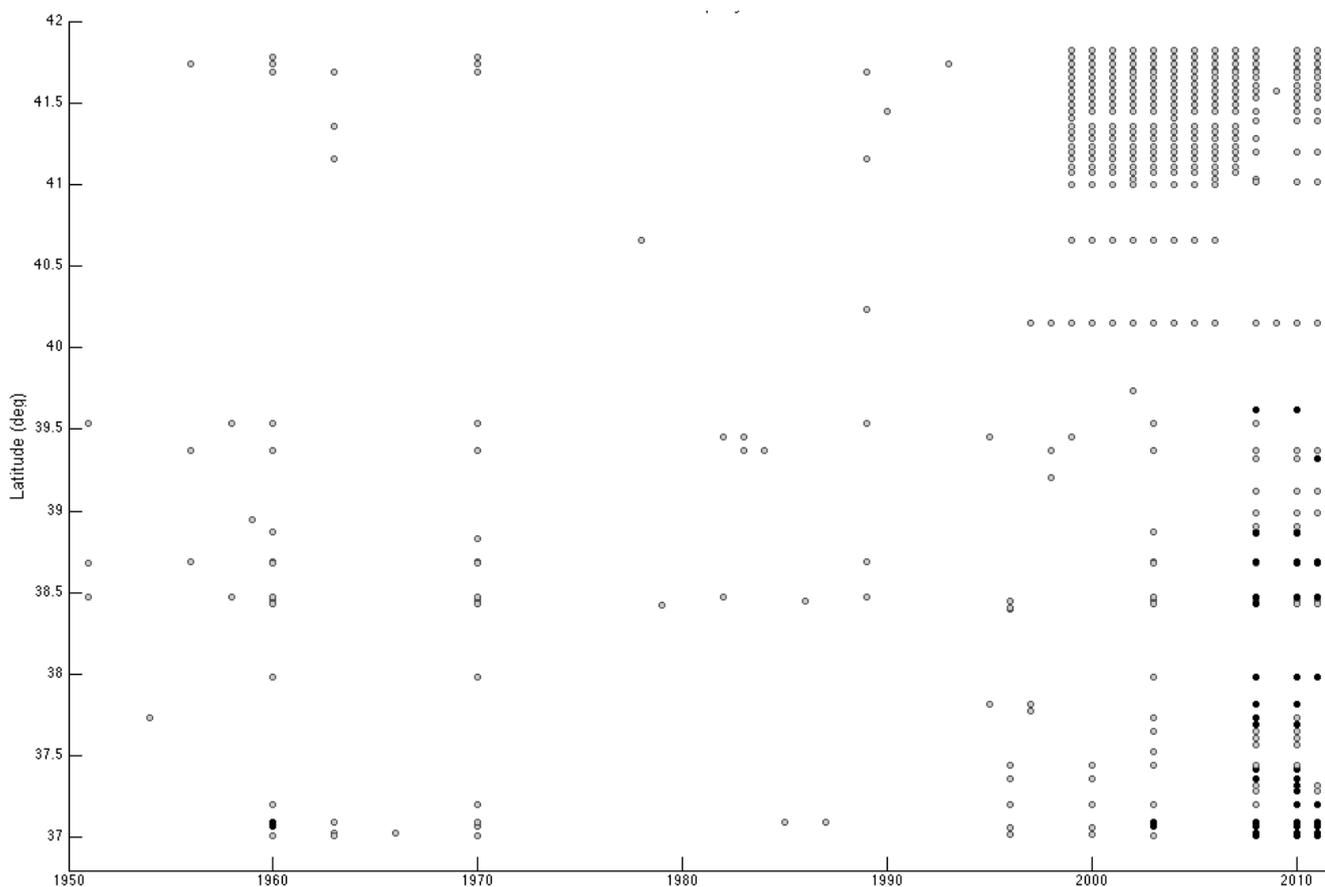


Fig. Série de dados temporal em função da latitude para *Saccorhiza polyschides* (a branco presenças, a escuro ausências).



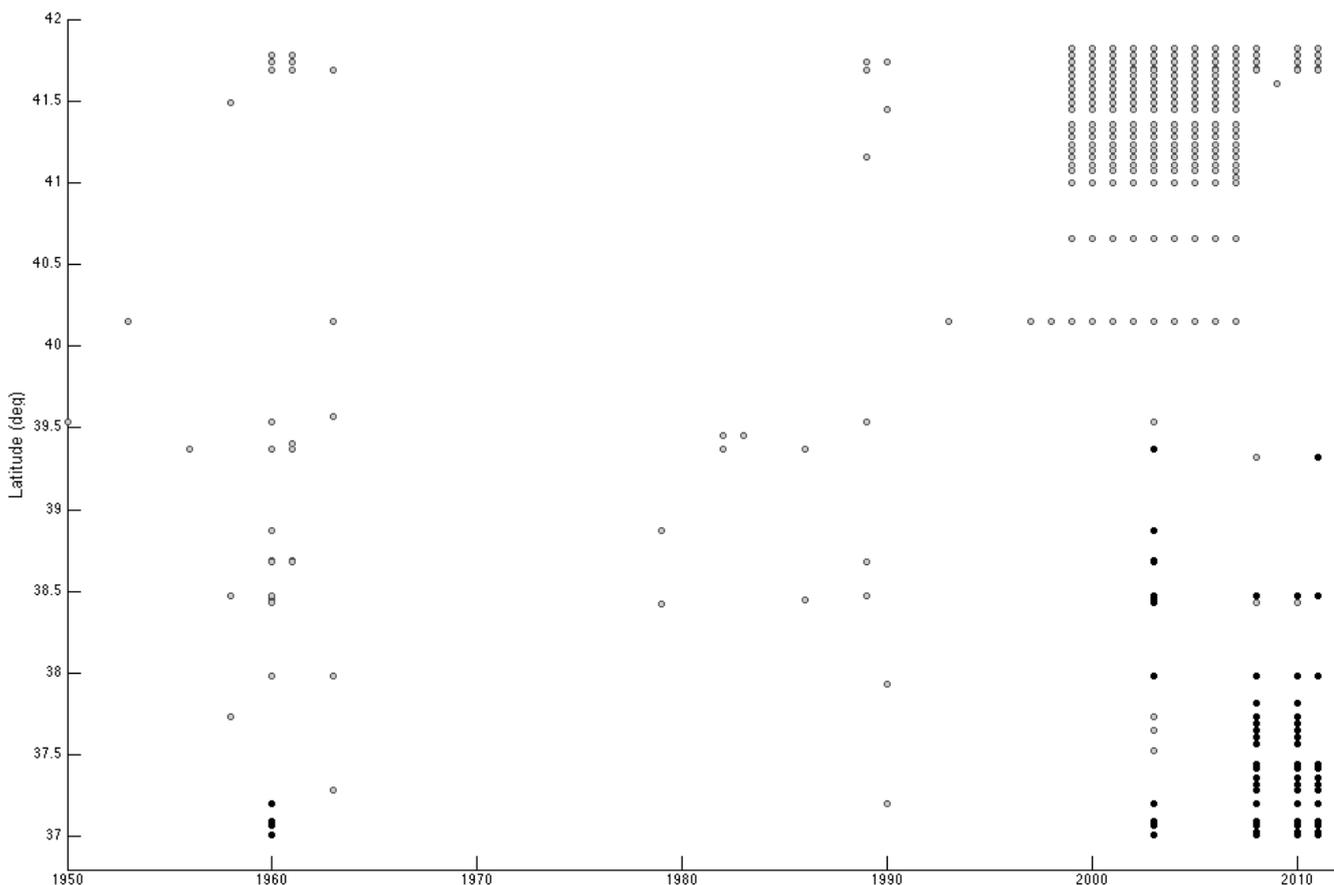


Fig. Série de dados temporal em função da latitude para *Laminaria ochroleuca* (a branco presenças, a escuro ausências).

Ação _2: Estudar a ecologia das populações de kelp da costa portuguesa, com incidência em *Saccorhiza polyschides* e comparar os resultados obtidos com dados atualmente existentes de outras regiões europeias.

O estudo dos fatores ecológicos que controlam a distribuição das espécies de Kelp de Portugal foi efetuado em 3 localidades do norte de Portugal (Viana do Castelo, Vila praia de Âncora e Moledo do Minho).

O processamento e a análise das imagens de vídeo permitiram registar os seguintes fatores:

- (1) Espécies de kelp; (2) Tipo de fundo (areia, areia com calhau rolado, calhau rolado sobre fundo rochoso, fundo rochoso; (3) Percentagem de cobertura das espécies de algas; (4) Densidade de macro-invertebrados; (5) Profundidade; (6) Heterogeneidade do fundo.

A análise desses dados através de modelos de regressão permitiu perceber que fatores estão mais relacionados com a distribuição das populações de florestas marinhas na paisagem submersa. Entre estes destacam-se a exposição à ondulação, a profundidade, e a densidade de herbívoros e invertebrados que formam estruturas que cobrem o substrato rochoso (*Sabelaria alveolata*).

Tabela: Modelos (lineares) por espécie de Kelp e região (VA Vila Praia de Âncora, FC Forte do Cão, CR Carreço, ALL todas as localidades num único modelo), para as variáveis profundidade, exposição à ondulação, densidade de herbívoros e percentagem de cobertura de uma espécie de invertebrado que compete pelo substrato rochoso, *S. alveolata*.

Espécie	Região	p-value	R	Profundidade	Exposição	Herbívoros	<i>S. alveolata</i>
<i>S. polyschides</i>	VA	> 0.1	0.3233				
<i>S. polyschides</i>	FC	> 0.1	0.2921				
<i>S. polyschides</i>	CR	> 0.1	0.1983				
<i>S. polyschides</i>	ALL	> 0.1	0.2663				
<i>L. ochroleuca</i>	VA	> 0.1	0.4243				
<i>L. ochroleuca</i>	FC	> 0.1	0.5941				
<i>L. ochroleuca</i>	CR	> 0.1	0.2913				
<i>L. ochroleuca</i>	ALL	> 0.1	0.3963				

Para além dos dados recolhidos, a própria ferramenta de amostragem tem vindo a demonstrar bastante potencial e os técnicos do projeto encontram-se a desenvolver extraordinariamente uma publicação científica sobre o método. Trata-se de uma ferramenta que permite desenvolver trabalhos em regiões pouco profundas (até aos 15m de profundidade) de um modo mais expedito e com recurso ao posicionamento instantâneo por satélite.

Comunicações

Assis, J., Serrão, E., Claro, B. Mapping subtidal marine communities with underwater geographic positioned video transects. Estuarine Coastal and Shelf Science. Venice (ECSA 2012)

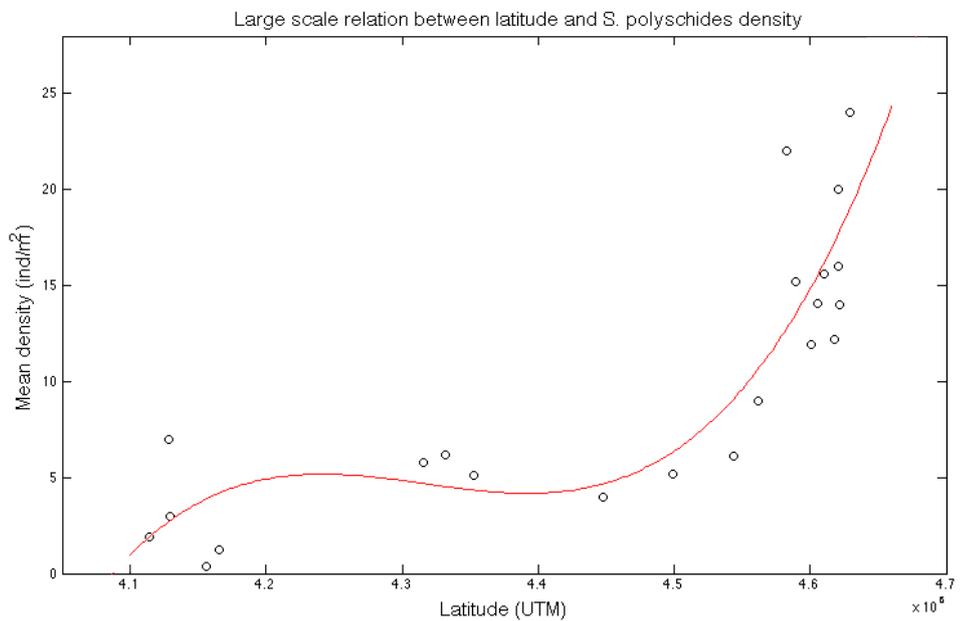
Ação _3: Estudar a variação da diversidade genética de kelp em função de fatores populacionais e estruturais da paisagem submersa, nomeadamente a densidade da população, a dimensão de habitat disponível e a persistência no tempo da própria população.

Nesta ação foram recolhidas amostras para avaliação da diversidade genética de *Saccorhiza polyschides* em 25 localidades, das 80 visitadas, ao longo da costa de Portugal continental. Os resultados das análises de genética mostram uma relação clara entre a latitude e a densidade (indivíduos por metro quadrado). As populações do norte são bastante mais densas que as do centro e sul de Portugal. Por outro lado, as populações mais diversas geneticamente são as da região do sudoeste alentejano e costa vicentina, apresentando valores máximos na região da Arrifana. O coeficiente de consanguinidade decresce à medida que a latitude aumenta, revelando que as populações do sul possuem indivíduos que se cruzam com outros com maior grau de parentesco que as populações do norte. Este facto deve-se à diferença de densidade de indivíduos nas populações do norte e do sul. No sul, há maior probabilidade de um indivíduo se cruzar

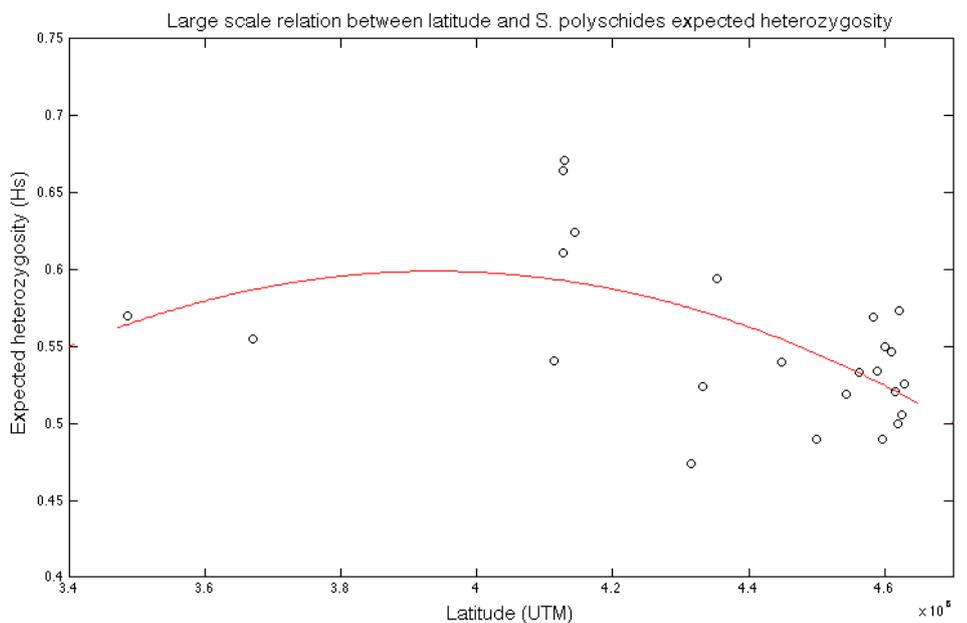


com outro geneticamente semelhante devido à muito menor densidade de indivíduos. Por outro lado, no norte, onde chega a haver 30 indivíduos por metro quadrado, há maior probabilidade de cruzamento entre indivíduos não semelhantes. Os índices de diversidade genética calculados para as populações da costa portuguesa possuem uma forte relação com a densidade. Populações mais densas possuem maior diversidade genética que populações menos densas. Essa relação calculada é mais forte para as populações do sul. O isolamento pela distância calculado entre todas as populações revelou que as populações estudadas estão bastante bem conectadas, com baixo nível de diferenciação à curta escala (i.e. populações próximas geograficamente são populações semelhantes geneticamente). Para que estatisticamente se encontrem duas populações diferenciadas geneticamente, é necessário um distanciamento geográfico de 150 km e 25 km para as populações do norte e do sul, respetivamente.

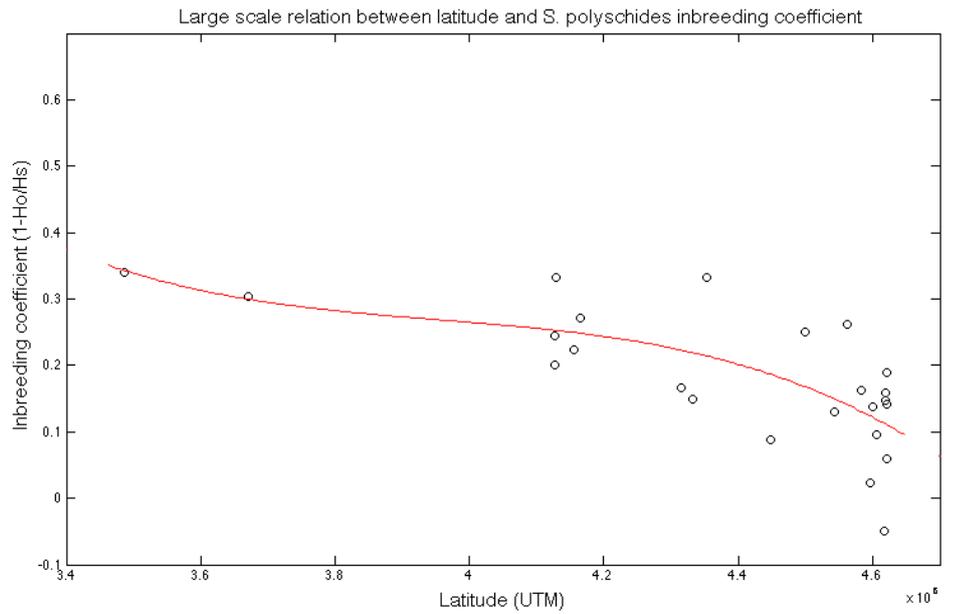
Relação entre a latitude e a densidade de populações de *Saccorhiza polyschides*



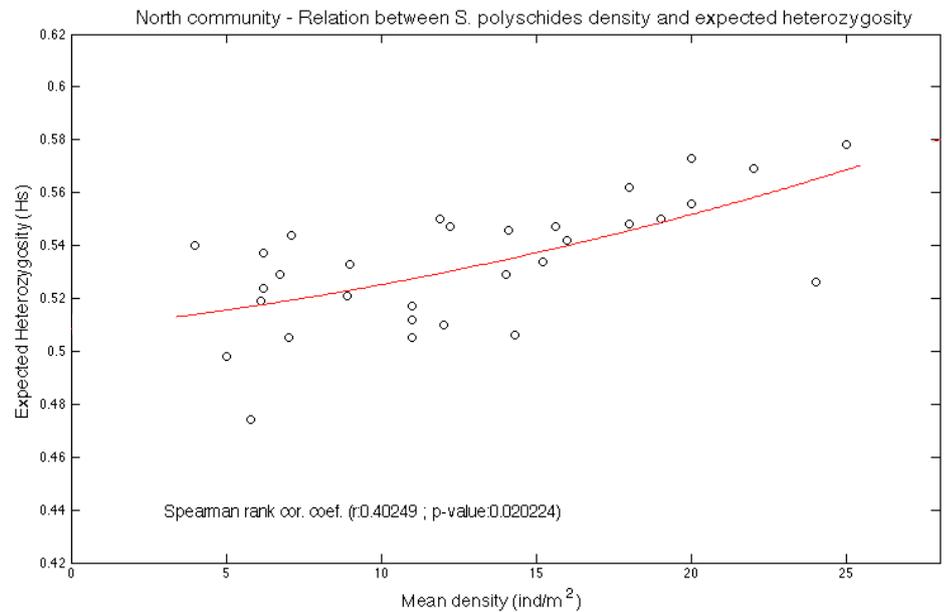
Relação entre a latitude e a diversidade genética de *Saccorhiza polyschides*



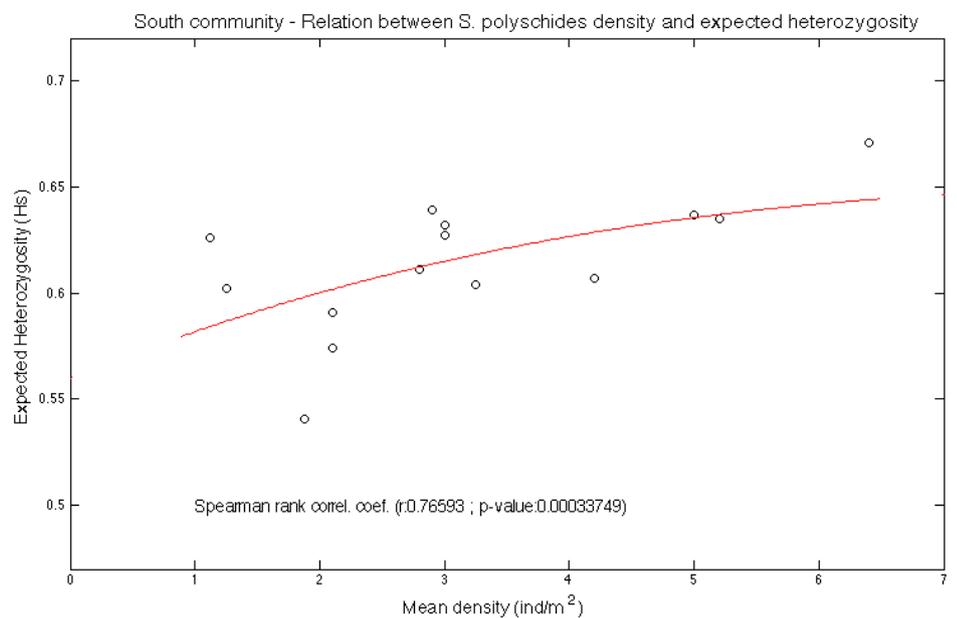
Relação entre a latitude e o coeficiente de consanguinidade de *Saccorhiza polyschides*



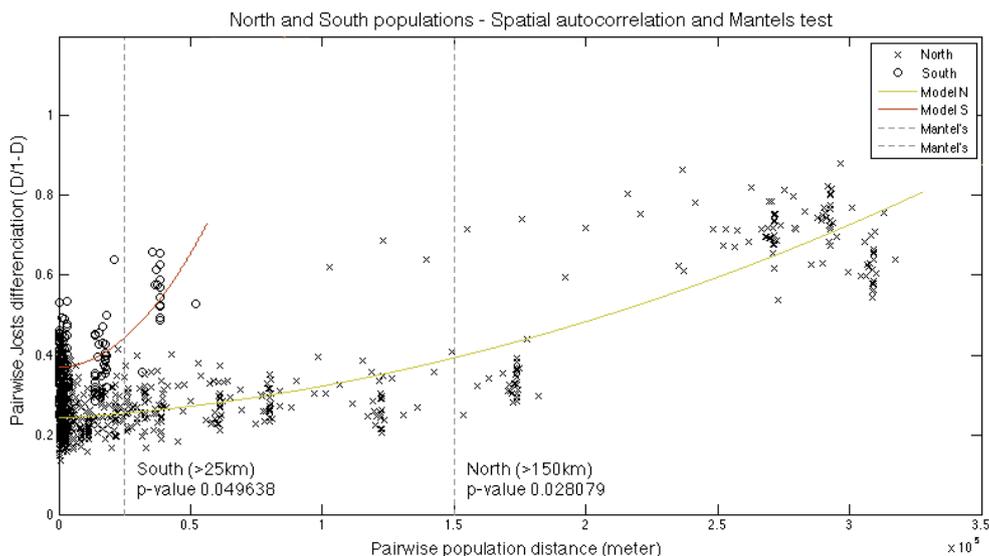
Relação entre a densidade e a diversidade genética de *Saccorhiza polyschides* para as populações do norte



Relação entre a densidade e a diversidade genética de *Saccorhiza polyschides* para as populações do sul



Isolamento pela distância calculado entre todas as populações estudadas de *Saccorhiza polyschides*



Foi recentemente desenvolvida uma publicação com estes resultados. Esta encontra-se em processo de submissão para uma revista científica.

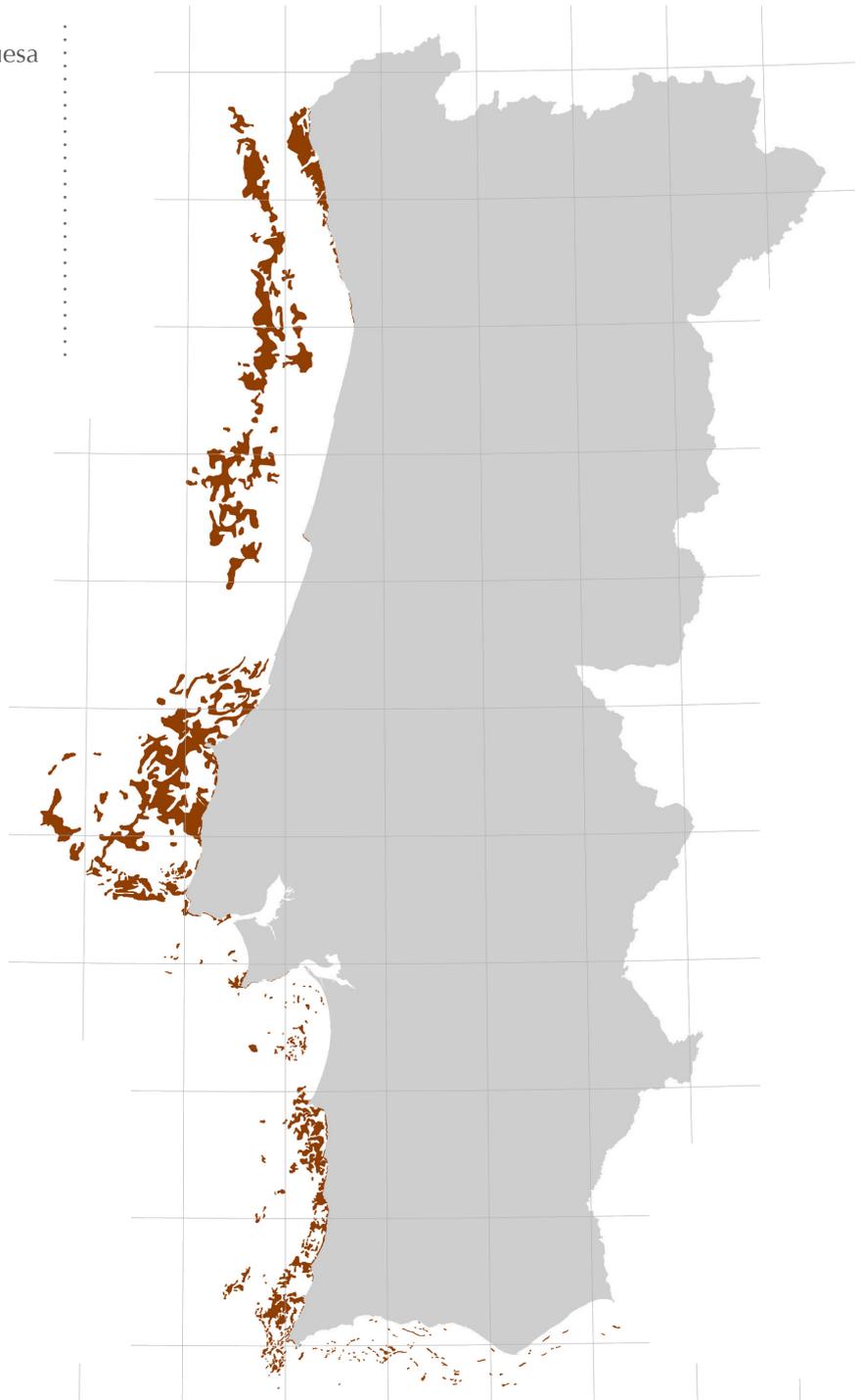
Relativamente aos padrões de conectividade das florestas de Kelp estudadas, verificou-se que a sua densidade, bem como a fragmentação espacial, são as variáveis que melhor explicam a diferenciação genética entre populações. A continuidade do habitat rochoso* também explica essa diferenciação, no entanto, esta variável apenas se mostrou significativa para escalas espaciais superiores a 5 km. No conjunto de modelos desenvolvidos, a estimativa da área de habitat rochoso* disponível, bem como a distância entre as populações não se demonstraram como variáveis significativas para explicar a diferenciação genética.

Tabela: Modelos (lineares) por classe de distância (km) entre pares de florestas de Kelp (diferenciação entre pares; Fst) e a densidade de Kelp, fragmentação da mancha, continuidade do habitat, área do habitat disponível e distância entre pares. A azul as interações significativas para os diferentes modelos.

Distância (km)	Região	p-value	R	Densidade	Fragmentação	Habitat (cont.)	Habitat (área)	Distância
0 - 0.5	Norte	> 0.1						
0.5 - 5	Norte	0.008	0.2733					
5 - 50	Norte	0.002	0.2983					
50 - 500	Norte	0.001	0.2813					
0 - 0,5	Sul	> 0.1						
0,5 - 5	Sul	0.005	0.4065					
5 - 50	Sul	0.001	0.5489					
50 - 500	Sul	-	-	-	-	-		

* variáveis obtidas através do mapa de fundos da costa portuguesa desenvolvido com base na informação disponibilizada pelo Instituto Hidrográfico.

Mapa dos fundos rochosos da costa portuguesa

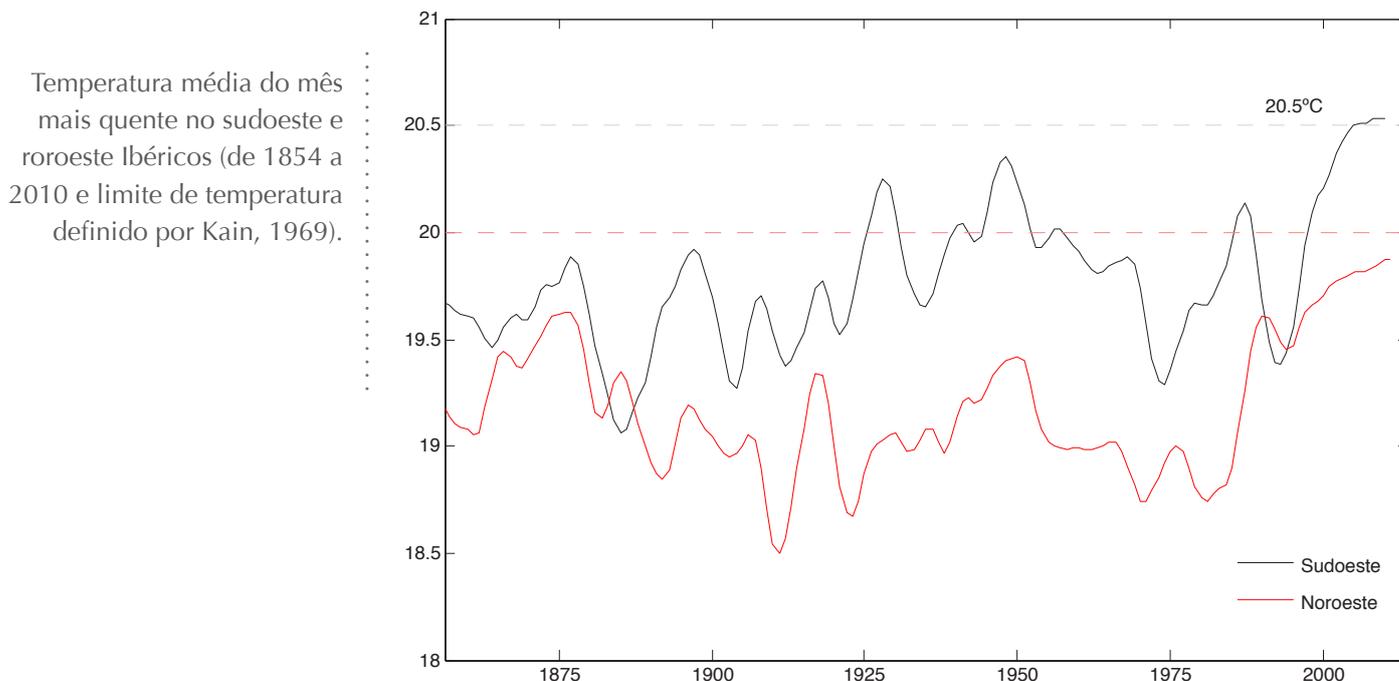


Ação _4: Estudar a persistência de florestas de kelp segundo fatores de controlo oceanográfico, numa perspetiva de alterações climáticas e de agentes de stress local como o input de águas provenientes de centrais termoelétricas.

O estudo da persistência das populações de kelp em função de fatores como os processos oceanográficos (temperatura, luminosidade, intensidade do hidrodinamismo, exposição da costa e direção das correntes oceânicas) permitiu compreender quais os fenómenos que controlam estas populações, numa perspetiva de alterações climáticas. Da modelação da informação oceanográfica de temperatura, luminosidade, ondas oceânicas e coeficiente de upwelling, em conjunto com os dados de distribuição de *S. polyschides* (obtidos



na ação 1) conclui-se que as variáveis que melhor descrevem o padrão de distribuição observado são a temperatura máxima superficial do mar no inverno, bem como a anomalia da temperatura superficial do Mar durante o verão. Estas variáveis podem explicar a possível regressão observada nos últimos anos a sul do cabo Modengo, uma vez que os limite de tolerância à temperatura da espécie *Saccorhiza polyschides* definido por Kain (1969) tem sido ultrapassado na região do sudoeste Ibérico.



Isto é, nesta região sul, as populações desta espécie estão sob o efeito de uma temperatura que ultrapassa o seu limite de tolerância.

Tabela. Dados de temperatura limite, época do ano e processo biológico a serem utilizados na análise do efeito da temperatura nas populações de kelp à escala global e local

Processo	Época	Temperatura limite
Libertação de esporos e assentamento	Set-Abr	25°C
Germinação e produção de gametófito	Set-Abr	25°C
Fertilização do gametófito	Set-Abr	18°C - 22°C
Desenvolvimento do esporófito	Abr-Out	18°C - 25°C

As monitorizações efetuadas nas populações proximais a áreas conhecidas que possuam input de águas provenientes de centrais termoelétricas (Sines) revelaram que não existem espécies de kelp nessa localidade, nem nas subjacente. Desse modo o potencial impacto desse stress local foi inferido não no campo mas sim através dos testes laboratoriais de efeitos de temperatura nos diferentes estados de desenvolvimento. Estes resultados desenvolvidos pelo CCMAR encontram-se na publicação:

Pereira T.R., A.H. Engelen, G.A. Pearson, E.A. Serrão, C. Destombe & M. Valero 2011. Temperature effects on the microscopic haploid stage development of *Laminaria ochroleuca* and *Sacchoriza polyschides*, kelps with contrasting life histories. *Cahiers de Biologie Marine*, 52: 395-403.

Ação _5: Realizar ensaios de viabilidade de repovoamento de Kelp, através de fixação de esporos em substratos artificiais. Elaboração de um plano de metodologias de repovoamento, tendo em conta a oportunidade criada por substrato artificial presente em futuros parques eólicos off-shore.

Esta ação foi desenvolvida em duas localidades do mar de Sesimbra e Vila Praia de Âncora, identificadas por não possuírem indivíduos de kelp e por as terem possuído num passado recente. Para as duas localidades identificadas em Sesimbra e Vila Praia de Âncora, transplantaram-se 90 indivíduos adultos (média do tamanho total - do bolbo à extremidade da fronde 1,6m +/- 0,3m e 1,2m +/- 0,5m) a diferentes profundidades (até 5m e 7,5m) provenientes de Viana do Castelo (Praia do Carreço). Por outro lado, levaram-se a cabo no



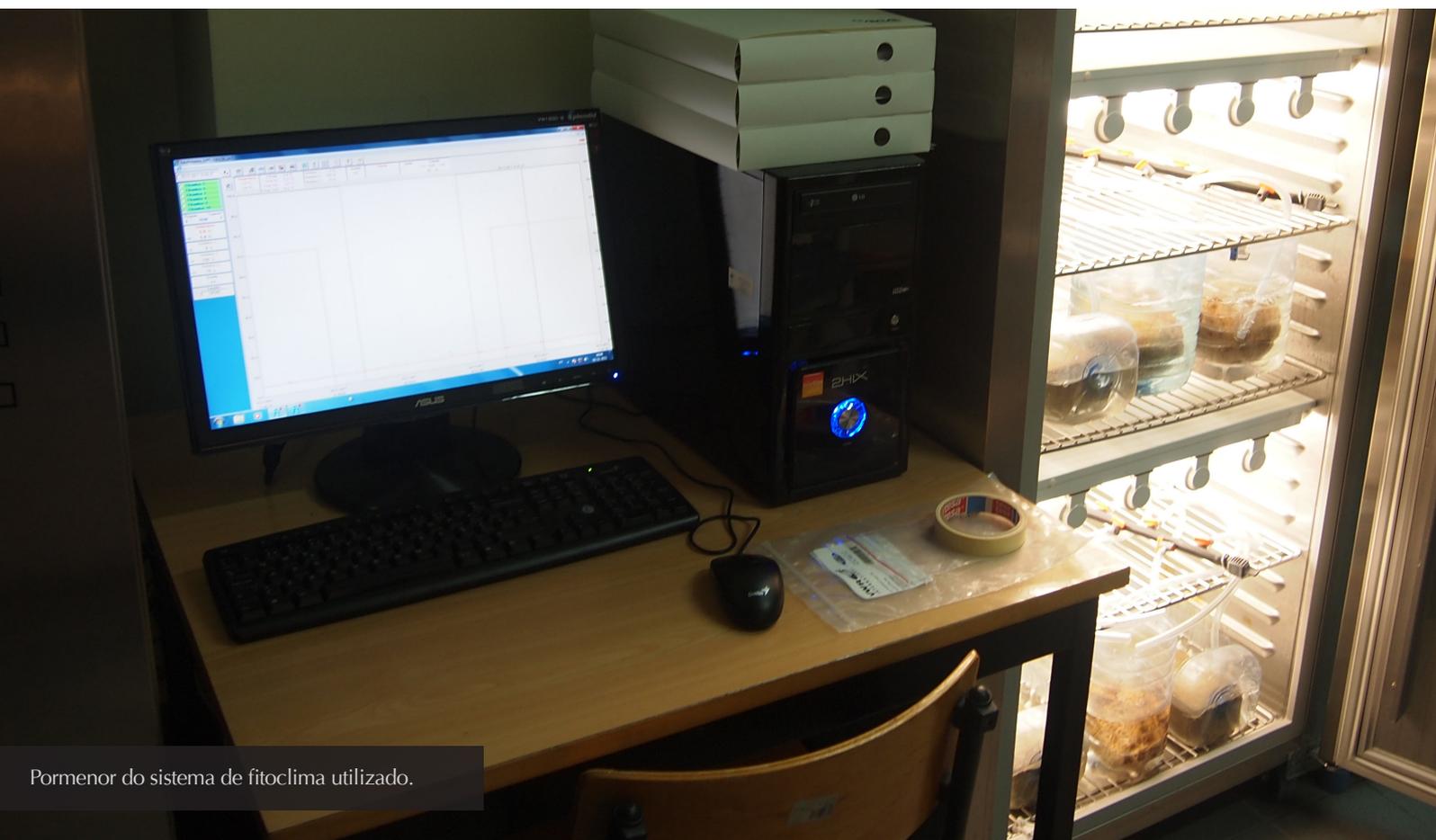
Vista superior de uma área de uma das regiões de transplante.

laboratório e no terreno, ensaios de germinação de estruturas reprodutoras de Kelp sobre diferentes tipos de substrato de modo a inferir sobre a sua influência na viabilidade do processo de transplante.

A ação de transplante de organismos adultos foi levada a cabo com sucesso. Relativamente aos organismos transplantados do mar de Viana do Castelo para o da Arrábida, estes sobreviveram os primeiros 5 dias, não mostrando sinais aparentes de stress (perda ou descoloração das frondes). No entanto, ao fim da segunda semana, todos os indivíduos foram predados por Salemas (*Sarpa salpa*), um peixe herbívoro comum na região da Arrábida. Essa predação deixou apenas os bolbos e os estipes dos indivíduos transplantados não sendo portanto considerada a hipótese desses se cruzarem e originarem descendentes na região. Estas duas regiões foram visitadas em Junho de 2012 e essa hipótese foi confirmada: apesar da metodologia ter sido considerada um sucesso para a região, a herbivoria impediu a maturação e reprodução dos indivíduos transplantados. Por outro lado, a mesma abordagem de transplante levada a cabo em Vila Praia de Âncora permitiu que os organismos sobrevivessem mais de 60 dias e amadurecessem sexualmente, com uma taxa de sobrevivência de 87,30%. O efeito da herbivoria nestas localidades não foi determinante para o sucesso do transplante, devido à existência de muito alimento para as salemas nesta região, dada a abundância de florestas de Kelp (e outros grupos macroalgas) nas imediações da ação.

Dada a concretização técnica da ação proposta, desenvolver-se-á um manual técnico de como elaborar um processo de transplante de Kelp, desde o processo de recolha até ao de transplante.

Os ensaios de germinação de estruturas reprodutoras de Kelp sobre substratos artificiais foram levados a cabo no laboratório (fitoclima) e no terreno. No laboratório fizeram-se germinar através de um choque



Pormenor do sistema de fitoclima utilizado.

de temperatura, estruturas reprodutoras de kelp oriundas da região de Viana do Castelo sobre substrato artificial e natural em tanques isolados e aerificados. No terreno, foram colocados substratos artificiais numa região com elevada densidade de kelp. Ambas as abordagens permitiram inferir sobre a diferença de recrutamento entre o substrato natural e o artificial. No laboratório, nos tanques onde se fez germinar estruturas reprodutoras sobre substrato artificial, não ocorreu nenhum desenvolvimento biológico. As amostras de água observadas ao microscópio não revelaram presença de fases microscópicas de kelp, nem de outros organismos microscópicos (e.g. microalgas). Por outro lado, os tanques com estruturas naturais revelaram elevada diversidade de estruturas biológicas microscópicas. No terreno, foi constatado o mesmo facto. Sobre a estruturas colocadas na região de elevada densidade de kelp, não se constatou a presença de fases microscópicas de kelp.



Figs. Vista geral e traseira das unidades de assentamento de esporos colocadas no fundo do mar.

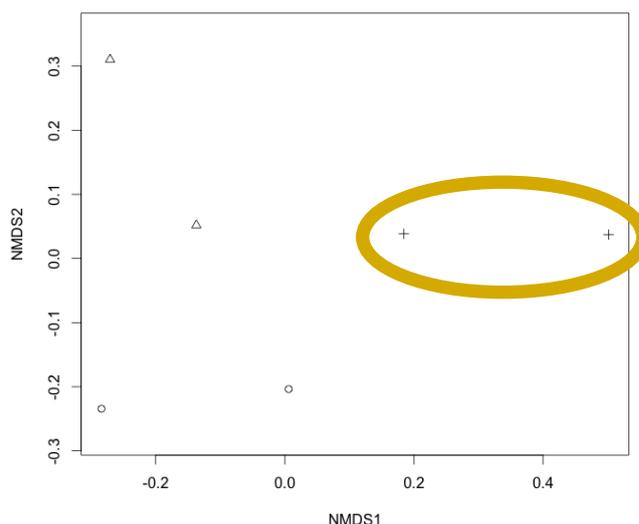
Ação _6: Estudar as relações de dependência entre espécies de peixe de elevado valor comercial e as florestas de kelp.

O estudo da dependência das espécies de valor comercial com as florestas de kelp foi efetuado no ano de 2011 na região da Arrábida. A análise dos dados recolhidos revela diferenças entre as localidades com florestas e sem florestas de kelp.

As espécies mais abundantes, registadas nas regiões que possuíam florestas de kelp, foram a salema (*Sarpa salpa*), o polvo (*Octopus vulgaris*), o sugador (*Lepadogaster lepadogaster*) e várias espécies de sargos (*Diplodus annularis*, *Diplodus puntazzo*, *Diplodus sargus*). Através da análise de dissimilaridade, foi possível averiguar que as espécies salema (*Sarpa salpa*), polvo (*Octopus vulgaris*), abrótea (*Phycis phycis*), taíña (*Mugilidae* sp.), rodovalho (*Zeugopterus punctatus*) e sargo bicudo (*Diplodus puntazzo*) são as que mais contribuem para a diferença entre as localidades com e sem florestas de kelp.



Ordenação multidimensional dos dados provenientes da monitorização de peixes e cefalópodes na Arrábida (Triângulos e Bolas representam regiões sem kelp, sinais de + representam regiões com kelp).



Com exceção dasalema, do sugador e da tainha, todas estas espécies registadas sobre florestas de Kelp possuem elevado valor comercial para o sector pesqueiro.

Ação _7: Compilar toda a informação obtida e elaborar de um manual para os intervenientes no processo de gestão costeira, que defina as áreas de elevada densidade e diversidade genética de espécies de kelp, a sua importância, as espécies de peixes comerciais associadas e um conjunto de diretrizes para a sua gestão e conservação, bem como para a conservação do seu habitat.

Esta ação prevê a integração de toda a informação gerada num manual inédito e inovador para os intervenientes no processo de gestão costeira e pesqueira, que definirá as áreas emblemáticas de distribuição e diversidade genética, a sua importância, as espécies comerciais associadas e um conjunto de diretrizes objetivas para uma gestão e conservação eficiente das espécies e dos habitats de kelp.

Acção 8: Divulgar os resultados do projeto, a importância das florestas de kelp e a necessidade de conservar os habitats marinhos.

Esta ação foi continuada ao longo do projeto através da página Web do projeto (www.findkelp.org). Paralelamente desenvolveu-se uma publicação (32 páginas) sobre as florestas marinhas de Portugal de modo a levar a mensagem do projeto e das florestas marinhas de um modo mais interpretativo a um maior número de pessoas. A partir do mês de Agosto de 2011, essa publicação começou a ser entregue gratuitamente nos centros de mergulho, para que os responsáveis desses dinamizem a sua entrega aos utilizadores da região costeira. Até à data foram distribuídas 925 publicações.

De modo a motivar os voluntários do projeto a participarem na ação 1, excepcionalmente foi feito o convite aos voluntários a fornecer dados de distribuição de kelp em troca de uma t-shirt do projeto e duas

publicações. Foram obtidas 20 participações extraordinárias e entregues os materiais prometidos.

O projeto foi também alvo de inúmeras reportagens e referências nos media (RTP, RDP, SIC, Público, Destaque, etc.), bem como artigos em revistas (National Geographic Portugal, Pesca Submarina, Portugal Dive, etc.), seminários e debates com o público em geral, como na FNAC de Braga, em clubes de mergulho, e outros integrados em exposições sobre temas marinhos.

Esta ação prevê agora a disponibilização de um Sistema de Informação Geográfica com os dados das áreas emblemáticas de distribuição e diversidade genética das espécies de kelp a instituições públicas que integrem ações de gestão dos recursos marinhos (ex. Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade, Instituto hidrográfico, Instituto de Investigação das Pescas e do Mar, base de dados de biodiversidade nacional MARBIS).

Acção 9: Avaliar continuamente a execução das rubricas do projeto através do controlo periódico dos cronogramas definidos.

Esta ação teve por base uma reunião semanal de acompanhamento do projeto para avaliação do estado de execução das rubricas. Considera-se que esta tenha sido uma das ações chave para o sucesso e avaliação continuada do projeto.



6. Considerações finais

Recorrendo à integração de diversas metodologias científicas, o projeto Findkelp gerou conhecimento fundamental sobre a distribuição das florestas de Kelp de Portugal, sobre a sua diversidade genética, sobre os fatores ambientais que as controlam, e de como esses influenciam a própria diversidade genética.

Possui-se agora informação detalhada sobre a distribuição das espécies de Kelp de Portugal. Não só da mais recente, mas também sobre a do passado, o que permitiu inferir sobre uma regressão das espécies *S. polyschides* e *L. ochroleuca*, principalmente a sul do cabo Mondego. Sabe-se também agora quais os fatores que melhor explicam esses padrões de distribuição. À escala local, são a exposição à ondulação e a profundidade que determinam a distribuição das espécies de Kelp. Por outro lado, à escala regional, é a temperatura máxima superficial do mar no inverno e a anomalia da temperatura superficial do Mar durante o verão que explicam a distribuição de Kelp. Foi também demonstrado que diversas espécies de elevado valor comercial para o sector pesqueiro dependem das florestas de kelp. Dessas destacam-se o polvo e os sargos. Estudaram-se também os padrões diversidade genética, e esses mostraram-se surpreendentes. Ao contrário do esperado, a espécie *S. polyschides* possui máxima diversidade na região sul do país, local onde as populações de Kelp são menos densas e menos conectadas. Por outro lado, no norte de Portugal, onde as florestas são mais densas, foi encontrada menor diversidade genética e maiores níveis de conectividade, o que se traduziu em menores níveis de consanguinidade. Toda esta informação, agora em processo de disponibilização à comunidade científica e sociedade civil, contribui para o planeamento de diretrizes de gestão eficaz que possibilitem a perpetuação destes ecossistemas únicos.

O projeto Findkelp foi também uma oportunidade sem precedentes para levar a cabo as primeiras ações de repovoamento de florestas de Kelp a nível nacional, dando oportunidade de perceber os constrangimentos e valências desta tipologia de ações. Não obstante, o projeto traduziu-se também numa oportunidade única de divulgação científica e uma ação única sobre a sociedade civil de promoção do conhecimento das florestas de kelp e da importância de conservação dos ecossistemas marinhos.

FUNDO BIO DIVERSIDADE

