



Cenários de planeamento sistemático de conservação do mar profundo dos Açores



Telmo Morato^{1,2}, Magali Combes^{1,2}, Joana Brito^{1,2}, Luís Rodrigues^{1,2}, Carlos Dominguez-Carrió^{1,2}, Gerald H. Taranto^{1,2}, Laurence Fauconnet^{1,2}, Manuela Ramos^{1,2}, Jordi Blasco-Ferre^{1,2}, Cristina Gutiérrez-Zárate^{1,2}, Christopher K. Pham^{1,2}, Ana Colaço^{1,2}, José M. Gonzalez-Irusta¹, Eva Giacomello^{1,2}, Marina Carreiro-Silva^{1,2}

¹ IMAR, Instituto do Mar, Universidade dos Açores, 9901-862 Horta, Portugal

² Unidade de Investigação OKEANOS, Universidade dos Açores, 9901-862 Horta, Portugal

Este documento foi traduzido em julho de 2023 a partir do Estudo “Systematic conservation planning scenarios for the Azores deep-sea – Final scientific report, July 2020”, com a autorização expressa do IMAR.



UAc
UNIVERSIDADE
DOS AÇORES

Sumário executivo

O presente relatório é publicado para cumprimento do disposto no protocolo de cooperação entre o IMAR e a Fundação Oceano Azul, nomeadamente no que respeita à cláusula sexta, (f) *submissão à Fundação Oceano Azul do Relatório sobre o Blue Paper*; da Descrição de Trabalho do programa de investigação e inovação Horizonte 2020 da União Europeia, ao abrigo do acordo de subvenção n.º 678760 ATLAS WP6; e do projeto PO2020 MapGes, Mapeamento da biodiversidade do mar profundo e do «Bom Estado Ambiental» nos Açores: apoio à implementação da Diretiva-Quadro Estratégia Marinha da União Europeia (Acores-01-0145-FEDER-000056).

O ecossistema marinho dos Açores

A topografia diversificada do fundo do mar dos Açores inclui encostas insulares, montes submarinos, zonas de fratura profundas, fossas, uma extensão considerável da Dorsal Médio-Atlântica (DMA) e planícies abissais. Esta diversidade de *habitats* suporta ecossistemas variados, incluindo fontes hidrotermais, recifes e jardins de corais de água fria e agregações de esponjas. Nas últimas décadas, o aprofundamento da investigação científica, apoiada por múltiplos projetos, permitiu compreender melhor a importância ecológica dos ecossistemas do mar profundo nos Açores e das ameaças a estes ecossistemas. Foram descobertas novas espécies do mar profundo, biótopos e até campos hidrotermais, afirmando os Açores como um *hotspot* de biodiversidade, nomeadamente com o maior número de espécies de octocorais de águas frias do Atlântico Norte.

O desafio da gestão e da conservação

Nos Açores, como noutros locais, as pressões antropogénicas estão a afetar o estado dos *habitats* e das espécies pelágicas e bentónicas. Por exemplo, existe «uma perceção crescente» de que os *stocks* de peixe têm vindo a diminuir na última década, provavelmente devido à sobrepesca. Além disso, os ecossistemas bentónicos, como os jardins de corais, sofreram reduções da sua complexidade estrutural, causadas pela eliminação de grandes corais arborescentes durante a pesca com palangre, com a consequente perda da biodiversidade que lhes está associada e dos serviços prestados pelos respetivos ecossistemas. As ameaças emergentes relacionadas com a mineração em mar profundo e com as alterações climáticas podem impor ainda mais pressões aos ecossistemas locais, havendo estudos experimentais e de modelação que revelam impactos na saúde e na sobrevivência de espécies sensíveis, como os corais e os peixes demersais. Várias zonas dos Açores poderão enquadrar-se nos critérios da FAO para a definição de Ecossistemas Marinhos Vulneráveis (VME), enquanto outras poderão ser consideradas como *habitats* prioritários a necessitar de proteção através da Convenção OSPAR – Convenção para a Proteção do Meio Marinho do Atlântico Nordeste.

Iniciativas em curso para a gestão e conservação

A atual estratégia de gestão dos recursos haliêuticos dos Açores baseia-se na Política Comum de Pescas da União Europeia, implementada principalmente através dos totais admissíveis de captura (TAC) para várias espécies e incluindo espécies proibidas, como alguns tubarões de profundidade e o peixe-relógio (*Hoplostethus atlanticus*). Para além das quotas de pesca, o Governo Regional dos Açores implementou várias medidas técnicas e espaciais, incluindo: uma extensa área onde a pesca de arrasto de fundo é proibida; a regra de afastamento (*'move-on rule'*); períodos de defeso para o goraz; e proibição da pesca com palangre a menos de 6 milhas náuticas (mn) da costa das ilhas. Além disso, a Rede de Áreas Marinhas Protegidas dos Açores tem como objetivo geral proteger e restaurar a biodiversidade e os *habitats*, particularmente no mar profundo, que tenham sido negativamente afetados pelas atividades humanas ou que possam vir a ser negativamente afetados no futuro. Esta rede inclui os diferentes Parques Naturais de Ilha dentro do mar territorial

(12 mn) e o Parque Marinho dos Açores para além do mar territorial. Este último é composto por 16 áreas marinhas protegidas (AMP), abrangendo uma área de 135 507 Km², tanto dentro como parcialmente para além da Zona Económica Exclusiva (ZEE) portuguesa. Vários montes submarinos e fontes hidrotermais integram também a lista de redes internacionais de áreas marinhas protegidas, como a Rede Natura 2000 e a Convenção OSPAR.

O monte submarino Condor impulsionou a conservação espacial

O monte submarino Condor foi designado como área temporariamente interdita à pesca em junho de 2010, após um processo colaborativo e *bottom-up* que envolveu cientistas, pescadores locais, operadores turísticos e o Governo Regional dos Açores. Desde então, esta área tem sido monitorizada e os sinais de recuperação dos *stocks* de peixe ajudaram a demonstrar a todas as partes interessadas o efeito potencial das áreas de pesca interdita e, mais importante ainda, promoveram a adoção de abordagens semelhantes noutras áreas da ZEE dos Açores. Mais recentemente, o setor das pescas, juntamente com o Governo Regional dos Açores, demonstrou interesse em implementar algumas áreas de pesca interdita no Mar da Prata, com o objetivo principal de reconstituir os *stocks* de peixes comercialmente importantes nesta zona, considerada sobre-explorada. Além disso, o Governo Regional dos Açores, a Fundação Oceano Azul e o Waitt Institute assinaram um memorando de entendimento relativo ao Programa Blue Azores, centrado na promoção da conservação e do uso sustentável dos recursos, através da declaração de 15% da ZEE dos Açores como novas áreas marinhas protegidas.

Planeamento sistemático de conservação do mar profundo dos Açores

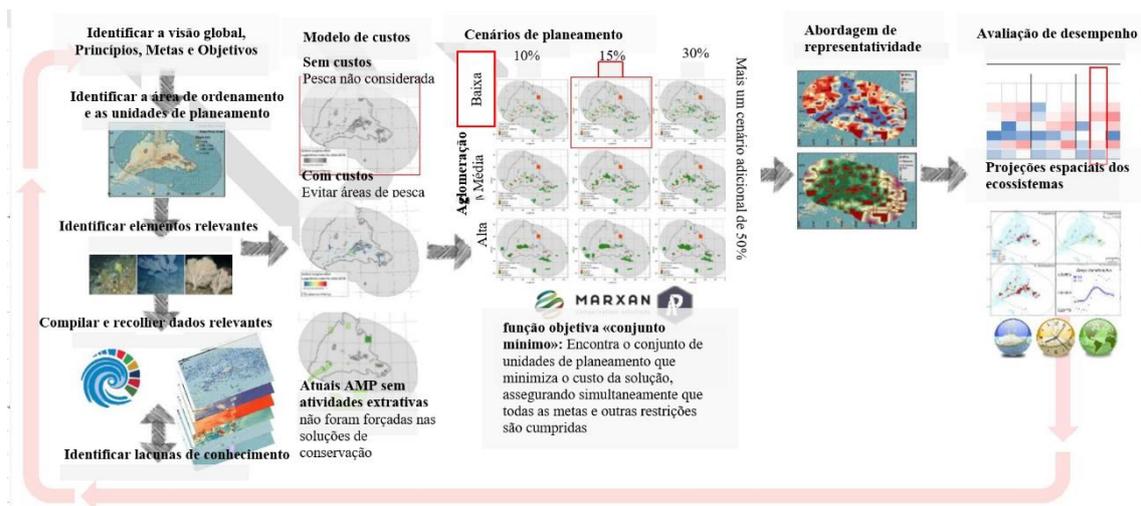
A implementação de uma rede de áreas de pesca interdita pode ter resultados muito diferentes a curto, médio e longo prazo, dependendo da extensão (tamanho), configuração (forma) e localização (posicionamento e espaçamento) destas áreas. Por conseguinte, as abordagens explícitas, quantitativas e baseadas em objetivos, como as que são utilizadas no planeamento sistemático de conservação (PSC), podem servir de base à seleção de áreas prioritárias de conservação, com vista a alcançar metas e objetivos de gestão específicos. Neste caso, utilizámos as técnicas de PSC de modo a desenvolver vários cenários de áreas de pesca interdita e produzir informação de apoio à seleção de áreas prioritárias, com o seguinte objetivo global de gestão:

«Proteger a diversidade natural, a estrutura e a função dos ecossistemas, a conectividade e a resiliência das comunidades de profundidade na ZEE dos Açores num planeta em mudança, permitindo em simultâneo a utilização ambientalmente sustentável dos recursos naturais para as gerações atuais e futuras.»

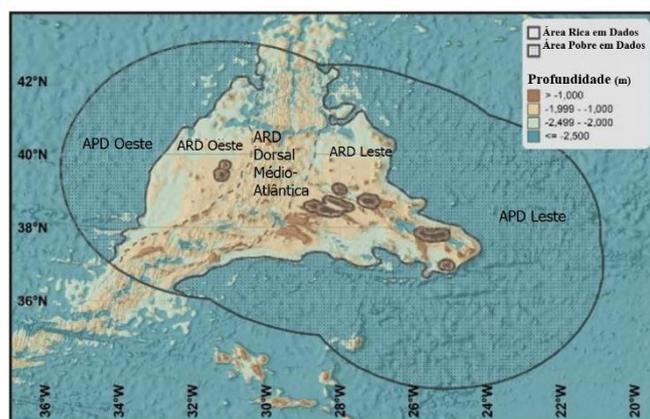
A abordagem de PSC aqui utilizada baseou-se num quadro de várias etapas que pode ser resumido da seguinte forma:

1. Identificar um conjunto de ***metas e objetivos de gestão e conservação***, juntamente com princípios orientadores e critérios de *design* que determinaram a natureza e as características dos cenários;
2. Definir a ***área de ordenamento*** a ser considerada no planeamento sistemático de conservação. Assente no princípio da «abordagem científica», a área de ordenamento foi dividida em áreas «ricas em dados» e «abissais pobres em dados»;
3. Identificar as ***Áreas Importantes*** que, com base nos melhores conhecimentos atuais disponíveis (abordagem baseada em dados), apresentam características de particular importância ecológica ou biológica e que são as mais adequadas para alcançar as metas de planeamento. Estas áreas devem ser sempre incluídas nas soluções dos cenários;

4. Identificar os **Recursos Importantes**, definidos como as espécies, *habitats* ou funções considerados mais adequados para alcançar as metas de gestão e conservação. É utilizada uma abordagem de priorização para complementar as áreas importantes com áreas que, com base nos melhores conhecimentos atuais disponíveis (abordagem baseada em dados), contêm recursos importantes;
5. **Compilar os melhores dados disponíveis** sobre as condições biológicas e ambientais, e sobre os usos humanos, na área de ordenamento. Deve ser dada especial atenção à recolha de informações que abordem especificamente as metas e os objetivos de gestão acordados. É também extremamente importante **identificar as principais lacunas de conhecimento** e desenvolver esforços ativos para as colmatar;
6. Identificar a forma como os **usos humanos existentes** devem ser considerados no estabelecimento de prioridades (o modelo de custos) e a forma como se pode visar áreas com elevado potencial de conservação, independentemente dos usos humanos existentes, ou visar áreas com elevado potencial de conservação minimizando os impactos nas atividades existentes;
7. Definir a **configuração da rede** de áreas de pesca interdita (ou seja, o número e tamanho dos núcleos individuais), que será implementada no processo de priorização através da definição de diferentes valores para a penalidade de limite, que penaliza as soluções fragmentadas usando uma matriz de comprimento do limite partilhado entre diferentes unidades de planeamento (UP);
8. Definir as **metas de priorização**, que devem incluir tanto as metas de planeamento das áreas de pesca interdita (ou seja, a proporção da área de ordenamento a incluir nas soluções de priorização) como as metas de representação dos elementos para conservação;
9. Implementar uma ferramenta de **priorização espacial** para complementar as Áreas Importantes com áreas com Recursos Importantes, necessárias para alcançar as metas de priorização. Entre as muitas ferramentas de priorização existentes, a abordagem do «conjunto mínimo», utilizada pelo *software* Marxan, é a mais utilizada mundialmente para produzir informação de apoio aos sistemas de áreas protegidas marinhas e terrestres;
10. Efetuar uma **avaliação de desempenho** das soluções dos cenários de planeamento em função dos critérios de *design*;
11. Prever os **resultados ao nível do ecossistema**, incluindo as atividades humanas, da implementação dos cenários;
12. **Repetir o processo** até que múltiplas opções sejam avaliadas e acordadas, ou sempre que novas informações sejam disponibilizadas (ou seja, usar o princípio da abordagem adaptativa);
13. Complementar a abordagem de priorização baseada em dados com uma **abordagem de representatividade e conectividade** concebida para identificar áreas representativas de todos os *habitats* do fundo do mar e para alcançar as metas de priorização, quando a informação for considerada inadequada ou insuficiente para justificar uma abordagem baseada em dados e para aumentar a conectividade de toda a rede.



Assim, o planeamento sistemático de conservação para o mar profundo dos Açores foi orientado por um conjunto de princípios gerais, metas, objetivos e critérios de *design* que determinaram a natureza e as características dos cenários desenvolvidos. Foi implementada uma abordagem de priorização espacial, com o pacote *PrioritizR*, aplicada à melhor informação científica disponível, reconhecendo-se que subsistem lacunas substanciais no conhecimento científico.



No entanto, os cenários de planeamento sistemático de conservação aqui desenvolvidos consideraram um conjunto de elementos para conservação, objetivos de representação, custo, penalidades de limite (tamanho e número de unidades de conservação) e restrições (por exemplo, normas atuais de gestão das áreas). A área de ordenamento foi definida pelo mar profundo da ZEE dos Açores, dividida em duas subáreas, de acordo com a disponibilidade de dados: uma «área de ordenamento rica em dados» a menos de 2500 m de profundidade e uma «área de ordenamento abissal pobre em dados» a mais de 2500 m de profundidade. Desenvolvemos 24 cenários diferentes de planeamento sistemático de conservação, avaliámos o desempenho de cada um deles e previmos o impacto de potenciais iniciativas de gestão baseadas em área nos ecossistemas regionais, utilizando um modelo espacial ecossistémico. Estes cenários destacaram áreas de especial importância para a gestão e conservação, ao considerar potenciais redes de áreas marinhas protegidas (AMP) que abrangessem 10%, 15%, 30% ou 50% da área de ordenamento. Foram tomados em consideração *designs* de conservação de complexidade diferente que, por um lado, captavam melhor os padrões de biodiversidade e, por outro, promoviam a implementação efetiva de redes de áreas de pesca interdita (aglomeração alta, média e baixa). Por último, estes cenários tiveram em conta duas abordagens: uma visando áreas com elevado potencial de conservação, mas com poucas atividades de pesca (cenários baseados nos custos para a pesca), outra visando áreas com elevado potencial de conservação, independentemente das atividades humanas existentes (cenários baseados no custo da área).

Elementos importantes para gestão e conservação

Considerámos diferentes elementos para gestão e conservação, incluindo áreas importantes e recursos importantes. As áreas importantes, ou seja, ecológica ou biologicamente importantes, foram também incluídas na abordagem de planeamento sistemático de conservação. O *habitat*

essencial para peixes representa as águas e tipos de fundo essenciais para os requisitos ecológicos e biológicos nas fases críticas da história de vida dos peixes explorados e, portanto, os elementos necessários para a desova, reprodução, alimentação, crescimento até à maturidade ou para as migrações. Os montes submarinos Sedlo e Hard Rock Cafe foram considerados como *habitats* essenciais para peixes, devido à observação de agregações reprodutivas em massa de espécies de peixes, como por exemplo o peixe-relógio (*Hoplostethus atlanticus*), o alfonsim (*Beryx splendens*) e a escamuda (*Epigonus telescopus*). Embora não exista informação suficiente sobre o que deve ser considerado um *habitat* essencial para peixes nos Açores, estas duas áreas foram contempladas como áreas importantes na abordagem de priorização.

As áreas com um grau de naturalidade comparativamente mais elevado, devido à ausência ou ao baixo nível de perturbação ou degradação induzida pelo ser humano, têm sido consideradas como importantes locais de referência que podem ajudar a definir metas e objetivos de conservação, orientar trajetórias de recuperação de locais afetados e produzir informação de apoio à gestão adaptativa. A análise dos dados do Sistema de Monitorização de Embarcações (VMS) indica que todos os elementos geomorfológicos a menos de 1000 m de profundidade na região dos Açores foram alvo de alguma forma de pesca. No entanto, novos levantamentos batimétricos multifeixe a sul da ilha das Flores revelaram que o pequeno monte submarino Diogo de Teive é muito menos profundo do que se pensava anteriormente e não inclui nenhum indicador de exploração pesqueira. Embora uma análise cuidadosa das comunidades bentónicas de profundidade que habitam este monte submarino possa fornecer mais informações sobre os níveis de potenciais impactos da pesca, este foi considerado uma área importante na abordagem de priorização, por ser a única área quase natural nos Açores.

Independentemente da sua composição faunística, alguns cientistas sugeriram que os montes submarinos deveriam ser geridos como ecossistemas marinhos vulneráveis, devido à sua rica biodiversidade e vulnerabilidade às atividades humanas. Os montes submarinos pouco profundos (menos de 250 m de profundidade) podem ser considerados áreas importantes devido às suas comunidades bentónicas, o papel ecológico para peixes demersais e potencial de resiliência face às alterações climáticas, e também como *hotspots* de biodiversidade para a megafauna pelágica de grande porte. Os montes submarinos profundos, localizados nas planícies abissais, são menos conhecidos, mas funcionam possivelmente como fontes ocultas de maior heterogeneidade de *habitat*, atuando como valiosas reservas de biodiversidade na grande planície abissal. Por estas razões, a identificação e a proteção de montes submarinos pouco e muito profundos foram consideradas relevantes para a abordagem dos objetivos de gestão relacionados com a proteção de *hotspots* de biodiversidade, manutenção da diversidade biológica e reconstituição dos *stocks* de peixe. Onze montes submarinos pouco profundos localizados na área «rica em dados» foram incluídos na abordagem de priorização: Açor, Condor, Dom João de Castro, Formigas, Gigante, Gigante 127, Grande Norte, Mar da Prata Norte e Sul, Princesa Alice e Voador. Um monte submarino profundo, com mais de 1500 m de profundidade, foi identificado na área «rica em dados» e considerado importante devido à sua singularidade.

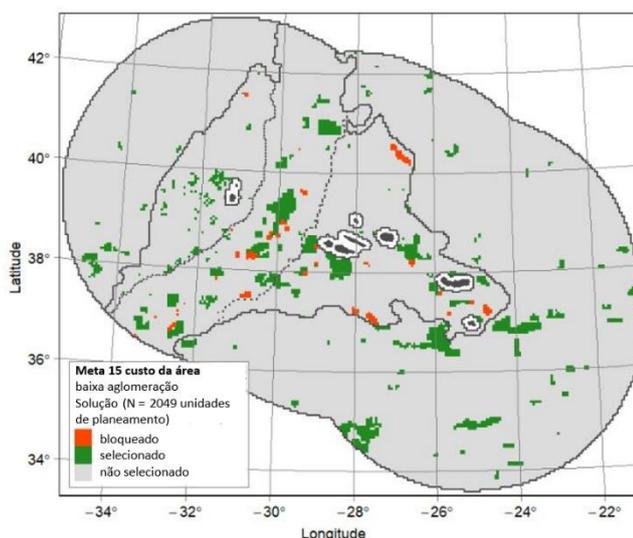
De acordo com a FAO, a identificação de ecossistemas marinhos vulneráveis deve basear-se na avaliação de vários critérios bem conhecidos. Os ecossistemas marinhos vulneráveis nos Açores foram definidos como áreas que atendem a esses critérios, após uma sólida exploração científica em que se recorreu à análise de transectos de vídeo, gravados durante os cruzeiros oceanográficos. Com base na composição, dimensão e distribuição das suas principais comunidades bentónicas, foram avaliadas 28 estruturas subaquáticas, incluindo montes submarinos, cordilheiras e encostas em torno das ilhas dos Açores, em relação a cada um dos cinco critérios da FAO. Ao todo, foram identificadas 12 estruturas como áreas prioritárias para conservação, abrangendo 3 frações da Dorsal Médio-Atlântica (Cordilheira Ocidental, Cordilheira a leste do Gigante e Cavalo) e oito montes submarinos (Óscar, Gigante, Cavala, Beta, Voador, Condor, Dom João de Castro e Formigas), e uma área com vários montes pequenos a sudeste da ilha do Pico. O mar profundo em torno dos Capelinhos (ilha do Faial) foi também identificado como prioritário, mas não foi incluído na abordagem de priorização, uma vez que se situa na zona costeira e, por conseguinte, fora da área de ordenamento. Em geral, todas estas estruturas tinham uma grande diversidade de espécies e comunidades biológicas, algum grau de singularidade, fragilidade e comunidades que

proporcionam um *habitat* complexo para outras espécies. Os campos hidrotermais são também reconhecidos como importantes ecossistemas marinhos vulneráveis, devido ao seu enquadramento físico e geológico específico, com elevadas taxas de espécies endémicas. Dez áreas de fontes hidrotermais localizadas dentro da área de ordenamento foram consideradas na abordagem de priorização como áreas importantes, nomeadamente Saldanha, Famous, Lucky Strike, Menez Hom e Lucky Strike Sul, Menez Gwen e Bubbylon, Luso, Dom João de Castro e Kurchatov Sul.

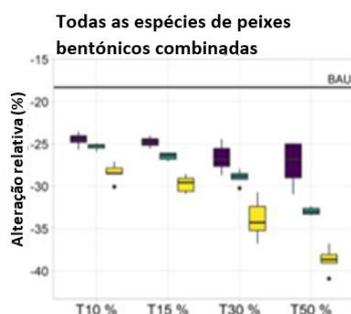
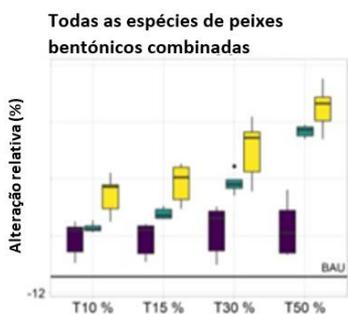
Os recursos importantes são aqui definidos como as espécies, os *habitats* ou as funções consideradas mais adequadas para alcançar as metas de gestão e conservação. Para abordar os objetivos relacionados com os recursos importantes, compilámos os melhores dados científicos disponíveis sobre a ocorrência conhecida e a distribuição prevista de peixes bentónicos de profundidade comercialmente importantes, tubarões de profundidade em perigo ou criticamente em perigo, espécies vulneráveis de corais de água fria, a distribuição de *habitats* essenciais conhecidos, indicadores de ecossistemas marinhos vulneráveis, juntamente com índices inferidos da probabilidade de ocorrência de ecossistemas marinhos vulneráveis.

Resumo dos resultados do planeamento sistemático de conservação

O planeamento sistemático de conservação para o mar profundo dos Açores indicou que os resultados da priorização são altamente dependentes das metas e dos objetivos adotados. Indicou igualmente que os resultados da priorização, mas também a avaliação de desempenho e o impacto previsto das medidas de gestão, dependem do leque de elementos para conservação, das metas de representação, do modelo de custos, das penalidades de limite e das restrições consideradas. Em termos gerais, para além das áreas importantes que se encontram nas soluções, a rede de áreas prioritárias resultante está



espalhada por toda a ZEE, com uma melhor cobertura de todos os elementos importantes para gestão e conservação em cenários com baixa e média aglomeração. Quando as atividades de pesca não foram consideradas nos cenários (cenários baseados no custo da área), as potenciais redes de áreas marinhas protegidas representaram melhor as águas pouco profundas, enquanto os cenários que tentaram reduzir a sobreposição das atividades de pesca e das medidas de conservação (cenários baseados nos custos para a pesca) mostraram que as potenciais redes de áreas marinhas protegidas foram deslocadas para águas mais profundas. Não surpreende que os cenários baseados no custo da área tenham incluído nas soluções mais *habitat* adequado para peixes do que as soluções dos cenários baseados nos custos para a pesca.



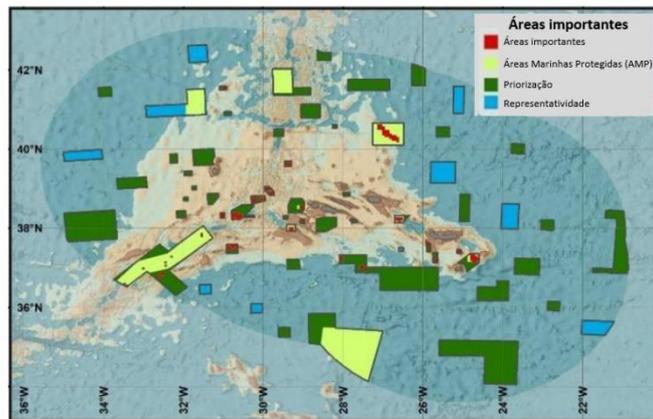
Os cenários baseados nos custos para a pesca reduziram, em geral, a sobreposição com o esforço de pesca existente em área e em horas. A conclusão geral dos resultados previstos para o ecossistema é que as redes de áreas marinhas protegidas nos Açores podem ter fortes efeitos positivos na biomassa dos

grandes predadores e provocar efeitos em cascata trófica na cadeia alimentar. No entanto, as alterações significativas na estrutura e, provavelmente, no funcionamento do ecossistema foram restringidas dentro das reservas. As previsões dos nossos modelos também sugerem que a implementação de áreas sem atividades extrativas no mar profundo pode exigir prazos mais longos. O menor aumento previsto da biomassa de muitas espécies de peixes, quando comparado com outros estudos, pode estar relacionado com o facto de a maioria das espécies de profundidade demorar mais tempo a recuperar, devido às características da sua história de vida. Além disso, devido à complexa topografia da ZEE dos Açores, os efeitos de *spillover* para as áreas vizinhas podem ser limitados ao largo da costa e no mar profundo, uma vez que as áreas adjacentes podem não ser *habitats* adequados, e podem, por conseguinte, produzir fracos efeitos de *spillover*. Consequentemente, as áreas sem atividades extrativas que salvaguardam a conectividade com *habitats* adequados (por exemplo, montes submarinos, encostas insulares) podem reduzir os prazos necessários para a recuperação dos ambientes do mar profundo e ser mais adequadas para sustentar as capturas de pescarias.

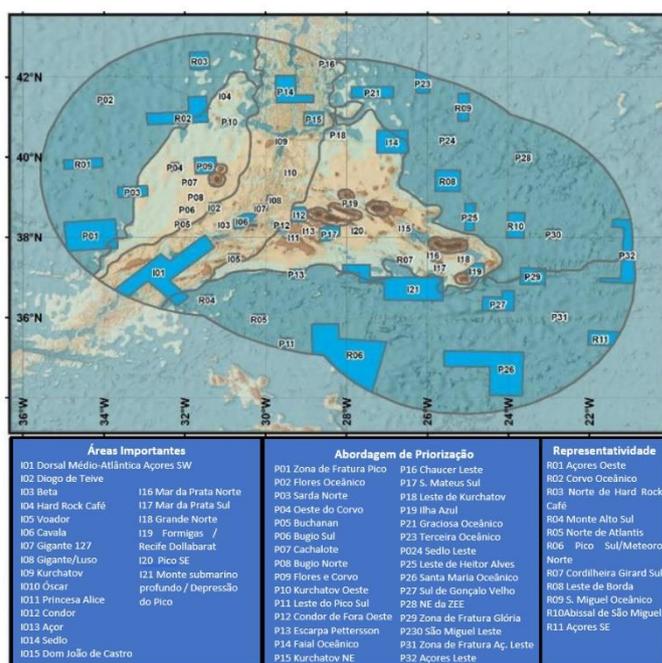
O nosso modelo também previu que a implementação de áreas sem atividades extrativas deveria ser acompanhada de outras medidas de gestão das pescas. Constatámos que a aplicação de uma estratégia de áreas marinhas protegidas previa potenciais efeitos prejudiciais em alguns *stocks* de peixes de águas pouco profundas e costeiras com importância comercial. Tal pode resultar da deslocação do esforço de pesca para zonas de pesca costeiras e menos profundas, com efeitos potencialmente negativos para alguns *stocks*. Este aspeto sublinha a necessidade de abordagens específicas de priorização para as zonas costeiras e a biodiversidade das águas costeiras e pouco profundas. Não obstante, complementar a interdição das pescas com medidas adicionais de gestão (por exemplo, redução do esforço de pesca) pode ser crucial para evitar efeitos negativos em alguns *stocks* de peixes de águas pouco profundas e para alcançar as metas de gestão ecossistémicas.

Soluções simplificadas de priorização

A rede simplificada e complementada de áreas prioritárias aumentou com sucesso a representatividade de todos os *habitats* do fundo marinho e a conectividade em toda a área de ordenamento, tendo ajudado a alcançar todas as metas de priorização. A simplificação dos cenários de planeamento sistemático de conservação desenvolvidos para abordar o objetivo global de restabelecer as unidades populacionais de espécies de profundidade, protegendo simultaneamente a diversidade natural, a estrutura, a função, a conectividade e a resiliência dos ecossistemas das comunidades de profundidade nos Açores, resultou em 62 e 63 áreas prioritárias para a gestão e conservação, para os modelos baseados no custo da área e os modelos baseados nos custos variáveis para a pesca, respetivamente. As redes resultantes desta abordagem complexa são compostas por: 21 Áreas Importantes que, com base no melhor conhecimento atual disponível (abordagem baseada em dados), apresentam características de particular importância ecológica ou biológica e que são as mais adequadas para alcançar as metas de planeamento; 29-30 áreas resultantes da abordagem de priorização; e 11-14 áreas resultantes da abordagem complementar para aumentar a representatividade e conectividade das redes. Elaborámos fichas de síntese para a lista de áreas prioritárias resultante. Estas fichas sintetizam a melhor informação disponível que está na origem da designação destas áreas e podem estimular o debate. Deve sublinhar-se, mais uma vez, que o objetivo desta lista não é indicar o modelo preferido e a disposição das áreas de pesca interdita nos Açores, mas sim resumir os



resultados da abordagem de planeamento sistemático de conservação e produzir informação de apoio às discussões em torno deste assunto.



Caminhos para o futuro

É de salientar que, apesar de nos últimos anos ter havido um grande número de investigações científicas que aumentaram substancialmente o conhecimento científico sobre os Açores, ainda existem importantes lacunas de conhecimento que dificultam o desenvolvimento adequado de abordagens de planeamento sistemático de conservação, destinadas a produzir informação de apoio ao desenvolvimento de políticas que promovam o uso sustentável dos recursos naturais do mar profundo. Este trabalho realça, uma vez mais, a necessidade de criar uma estratégia de longo prazo para o avanço do conhecimento científico sobre o mar

profundo, de modo a colmatar muitas das lacunas de conhecimento e contribuir com dados científicos para o desenvolvimento de políticas que promovam a utilização sustentável dos recursos naturais do mar profundo e apoiem o Ordenamento do Espaço Marítimo. Estas estratégias de longo prazo devem traduzir-se num esforço claro para aumentar o conhecimento científico do mar profundo dos Açores, nomeadamente através da continuação das iniciativas para cartografar o fundo marinho açoriano e as comunidades que nele vivem. No entanto, tal só será possível se os Açores dispuserem de infraestruturas e meios tecnológicos adequados, mas também de carreiras científicas de longo prazo, estáveis e previsíveis, para os atuais e futuros cientistas. Por último, este trabalho exige igualmente um empenho consistente das partes interessadas locais na proteção da vida marinha, de modo que os Açores continuem a ser um exemplo de como conciliar a conservação marinha com a utilização sustentável do oceano e de como implementar a conservação marinha com consequências significativas para a região.

Conclusões

O planeamento sistemático de conservação do mar profundo dos Açores mostrou que os resultados da priorização são altamente dependentes das metas e dos objetivos adotados. Mostrou igualmente que os resultados da priorização, mas também a avaliação do desempenho e os resultados previstos para o ecossistema, dependem do leque de elementos para conservação, das metas de representação, do modelo de custos, das penalidades de limite e das restrições. Em termos gerais, para além das áreas importantes que as soluções permitem identificar, a rede de áreas prioritárias resultante está espalhada por toda a ZEE, com uma melhor representatividade na maioria dos cenários com baixa e média aglomeração. A solução baseada no custo da área obteve, em geral, uma maior representatividade para as águas pouco profundas, enquanto os cenários baseados nos custos para a pesca obtiveram uma representatividade ligeiramente superior para o mar profundo. Não surpreende que os cenários baseados no custo da área tenham incluído nas soluções mais *habitat* adequado para peixes do que a solução baseada nos custos

para a pesca. Em geral, os cenários baseados nos custos para a pesca reduziram a sobreposição com o esforço de pesca existente em área e em horas.

O modelo *Ecospace* dos Açores apresenta vários alertas e incertezas (secção 5.8.4), mas revelou-se útil para prever os impactos no ecossistema e nas pescas de vários cenários de gestão espacial. Uma das primeiras conclusões das previsões relativas ao ecossistema e às pescas foi que, num cenário de manutenção do *status quo*, assumindo níveis de esforço de pesca e condições ambientais semelhantes aos observados nos últimos anos, se prevê que a biomassa e, conseqüentemente, as capturas da maior parte das espécies de peixes bentónicos exploradas diminuam nos próximos anos. Esta previsão está de acordo com as recentes evidências e com percepções empíricas de que alguns *stocks* de peixes nos Açores estão a ser explorados acima dos limites sustentáveis (Morato *et al.*, 2012; ICES, 2017; 2019; Santos *et al.*, 2019b). Este facto corrobora a necessidade de aumentar as medidas de gestão para travar ou inverter a tendência de diminuição.

A conclusão geral dos resultados previstos para o ecossistema é que as redes de áreas marinhas protegidas nos Açores podem ter fortes efeitos positivos na biomassa dos grandes predadores e provocar efeitos em cascata trófica na cadeia alimentar. Contudo, as alterações significativas na estrutura e, provavelmente, no funcionamento do ecossistema foram restringidas no interior da reserva. O fraco desempenho geral previsto para as redes de áreas marinhas protegidas quanto à obtenção de ganhos com a pesca reflete o facto de os efeitos líquidos positivos das reservas marinhas no efeito de *spillover* serem mais prováveis de detetar quando os *stocks* de peixe estão muito depauperados (Buxton *et al.*, 2014, Le Quesne & Codling, 2009). Nestes casos, alcançar os objetivos de conservação e de pesca através da implementação de uma rede de áreas marinhas protegidas pode ser particularmente difícil. Este aspeto levanta duas questões: não estarão os *stocks* de peixes dos Açores altamente depauperados? Ou será que a abordagem de modelação não está a captar as condições de partida locais? Argumentamos que ambos os pontos podem ser válidos.

As previsões do nosso modelo sugeriram que o «efeito de reserva», embora bem perceptível, foi menor do que o que tem sido tipicamente reportado para ambientes costeiros e de águas pouco profundas (Halpern, 2003; Cheng *et al.*, 2019). O menor aumento previsto quando comparado com outros estudos pode estar relacionado com o facto de a maioria das espécies de profundidade demorar mais tempo a recuperar, devido às características da sua história de vida (Devine *et al.*, 2006; Marschoff *et al.*, 2012). Além disso, por causa da topografia complexa da ZEE dos Açores, os efeitos de *spillover* para as áreas vizinhas podem ser limitados em zonas ao largo da costa e no mar profundo, uma vez que as áreas adjacentes podem não ser *habitats* adequados e, por conseguinte, conduzir a efeitos de *spillover* fracos (Freeman *et al.*, 2009). Este facto pode também contribuir para o reduzido efeito de reserva observado no período de tempo previsto neste estudo. Conseqüentemente, a implementação de áreas sem atividades extrativas no mar profundo pode exigir prazos mais longos quando comparados com os de ambientes de águas pouco profundas, como já observado noutras áreas (Sackett *et al.*, 2014). As áreas de pesca interdita, que salvaguardam a conectividade com *habitats* adequados (por exemplo, montes submarinos, encostas insulares) podem reduzir os prazos necessários para a recuperação de ambientes de profundidade e ser mais apropriadas para sustentar as capturas pesqueiras (Tupper, 2007).

O nosso modelo também previu que a implementação de áreas sem atividades extrativas deveria ser acompanhada por outras medidas de gestão das pescas. Constatámos que a implementação de uma estratégia de áreas marinhas protegidas previa potenciais efeitos prejudiciais para alguns *stocks* de peixes comercialmente importantes de águas pouco profundas e costeiras. Tal pode resultar da deslocação do esforço de pesca para zonas de pesca costeiras e menos profundas, com efeitos potencialmente negativos em alguns *stocks* de peixe. Este aspeto sublinha a necessidade de abordagens específicas de definição de prioridades para as zonas costeiras e a biodiversidade costeira e de águas pouco profundas. Não obstante, acompanhar a implementação das áreas marinhas protegidas com instrumentos de pesca adicionais (ou seja, reduções do esforço) pode ser crucial para evitar a depauperação local dos *stocks*, em resposta à deslocação das atividades de pesca para zonas não protegidas. Estes resultados estão em consonância com Hilborn *et al.*

(2004), que sugerem que as áreas sem atividades extrativas devem ser acompanhadas de outros instrumentos de gestão das pescas (ou seja, limites de captura ou de esforço), a fim de evitar efeitos negativos nos *stocks* e atingir os objetivos de conservação e de gestão baseado nos ecossistemas. No entanto, é de salientar que a reconstituição dos *stocks* de peixe não deve ser considerada a única meta de gestão a alcançar e que a estratégia das áreas marinhas protegidas tem outros resultados positivos (por exemplo, a proteção dos ecossistemas marinhos vulneráveis) que não são medidos com esta abordagem.

Embora nos últimos anos tenha havido um grande número de investigações científicas que contribuíram para a exploração e descoberta de novas espécies e ecossistemas nos Açores, existem ainda algumas lacunas de conhecimento que dificultam o desenvolvimento adequado de abordagens de planeamento sistemático de conservação e o desenvolvimento de políticas que promovam a utilização sustentável dos recursos naturais do mar profundo. A nível ecológico, embora haja informação sobre a diversidade de espécies e comunidades de várias estruturas subaquáticas, incluindo montes submarinos, cordilheiras e encostas insulares, esta informação cinge-se maioritariamente aos 1000 m de profundidade. Geograficamente, o esforço de amostragem tem sido colocado sobretudo em torno do centro da Dorsal Médio-Atlântica e em torno das ilhas dos grupos central e oriental. Assim, dispomos de informação muito limitada sobre as estruturas subaquáticas que pertencem ao grupo ocidental, bem como os montes submarinos e cordilheiras localizadas na Dorsal Médio-Atlântica a norte do monte submarino Óscar (39° 35' N). Além disso, a nossa compreensão sobre a forma como os processos oceanográficos e as massas de água moldam a diversidade, a composição e a distribuição dos ecossistemas bentónicos é também muito limitada, tanto face ao presente como face às condições oceânicas previstas para o futuro. Outra importante lacuna de conhecimento reside na falta de informação sobre quais as estruturas subaquáticas que devem ser consideradas intocadas ou alvo de reduzido impacto humano, uma vez que a maioria dos montes submarinos apresenta sinais de algum nível de pesca com palangre. Esta situação limita a nossa capacidade para descrever as condições iniciais destes ecossistemas em termos de estrutura do ecossistema e de composição de espécies, as quais serviriam de referência para definir as metas a atingir através das medidas de conservação/restauro.

Os estudos clássicos mostram que existe uma relação direta entre a biodiversidade e o funcionamento do ecossistema no caso dos ecossistemas de profundidade (Snelgrove *et al.*, 2014; Zeppilli *et al.*, 2016), pelo que se presume que os ecossistemas mais bem preservados e biodiversos desempenham papéis mais funcionais. No entanto, trabalhos recentes sugerem que os atributos funcionais das comunidades podem afetar mais os processos e serviços dos ecossistemas do que a riqueza de espécies (Snelgrove *et al.*, 2018). Assim, uma melhor compreensão da diversidade funcional dos ecossistemas pode ajudar a identificar o grupo das espécies que mais influenciam as funções do ecossistema e a forma como elas respondem às mudanças ou perturbações ambientais (Díaz *et al.*, 2013). Nos Açores foi identificado um grande número de *taxa* a viver em associação com ecossistemas bentónicos emblemáticos, como os jardins de coral (Porteiro *et al.*, 2013; Braga-Henriques *et al.*, 2015). No entanto, dispomos atualmente de muito pouca informação detalhada sobre a composição das respetivas espécies e interações ecológicas. Por exemplo, há alguma informação sobre associações simbióticas de corais e gastrópodes ou zoantários (ver, por exemplo, Braga-Henriques *et al.*, 2011; Carreiro-Silva *et al.*, 2017), mas não existem dados sobre as relações predador-presa e a identificação de espécies-chave, que em última análise desempenham um papel importante na estrutura e no funcionamento do ecossistema. Esta informação é quase inexistente para as agregações de esponjas. Além disso, os conhecimentos sobre o funcionamento e os serviços prestados pelos ecossistemas bentónicos também são escassos. Embora se saiba que os jardins de coral proporcionam um *habitat* essencial para algumas espécies de peixes (Porteiro *et al.*, 2013; Pham *et al.*, 2015; Gomes-Pereira *et al.*, 2017), não há provas científicas se (e como) estes *habitats* são utilizados como locais de desova. E o conhecimento científico é particularmente escasso em relação aos papéis que as espécies bentónicas desempenham no ciclo biogeoquímico, como por exemplo na regeneração de nutrientes e na remineralização e fixação do carbono. Esta questão começou por ser abordada durante o projeto ATLAS, sugerindo que os jardins de coral no monte submarino Condor têm um

ciclo de matéria orgânica várias vezes superior ao das áreas arenosas de «referência» (Wolff *et al.*, 2019).

Ao nível dos organismos, existe pouca informação sobre os ciclos reprodutivos das espécies, taxas de crescimento, biologia e dispersão das larvas e recrutamento para a maioria das espécies de corais e esponjas formadoras de *habitats* nos Açores. Isto deve-se aos desafios relacionados com a recolha desta informação *in situ* e com a manutenção de espécies de profundidade em condições de aquário *ex situ*. A limitada informação obtida até ao momento sugere que os octocorais, principais componentes dos jardins de corais, têm baixa fecundidade e larvas, com capacidades de dispersão potencialmente baixas (Rakka *et al.*, 2017; Carreiro-Silva *et al.*, 2019). Estas estratégias de vida podem limitar a conectividade entre populações em diferentes ambientes marinhos no mar profundo dos Açores. São necessários mais estudos para confirmar esta informação e avaliar a forma como a biologia das larvas pode ser afetada em condições de alterações climáticas, de modo a incluir esse conhecimento no *design* de redes de áreas marinhas protegidas para garantir a continuação das espécies (Fox *et al.*, 2016). Além disso, o pouco conhecimento sobre os limites fisiológicos e a capacidade de adaptação das espécies de profundidade às alterações climáticas previstas também dificulta a nossa capacidade de identificar espécies e *habitats* sensíveis e áreas de refúgio que possam ser integradas em redes de áreas marinhas protegidas.

Em termos de estudos relacionados com a pesca nos Açores, nomeadamente no que se refere à quantificação e distribuição do esforço de pesca baseado nos dados obtidos através do Sistema de Monitorização de Embarcações (VMS), existem algumas lacunas quanto ao esforço de pesca das embarcações mais pequenas. O VMS fornece informações pormenorizadas sobre a atividade das embarcações e a distribuição geográfica do esforço de pesca das embarcações de maiores dimensões. Em locais como os Açores, onde a frota artesanal é dominante, esta informação pode criar distorções nos mapas resultantes do esforço de pesca. Em especial, as diferenças entre palangreiros de fundo e embarcações de pesca com linha de mão são difíceis de determinar com base nos dados do VMS, mas essa distinção seria muito útil, uma vez que existem grandes diferenças entre as duas atividades de pesca. Têm sido utilizados métodos heurísticos para inferir o estado da pesca com base nos dados do VMS, mas, mesmo que esses métodos sejam aperfeiçoados e validados com dados de observação, os erros na atribuição do estado continuam a ser inevitáveis.

Se os dados do VMS pudessem ser associados à composição das capturas (espécies, número, peso, e até mesmo incluir capturas de rejeições/ espécies não-declaradas), seria possível obter um conhecimento melhor e mais exato das pressões da pesca sobre as diferentes componentes do ecossistema. Estes conhecimentos são fornecidos pelos dados de observação, mas atualmente representam apenas uma parte muito limitada do esforço de pesca. O preenchimento das lacunas de conhecimento sobre a dinâmica socioeconómica das pescas açorianas permitiria também avaliar com maior precisão a forma como as áreas de exclusão de pesca propostas influenciariam a atividade económica atual. Em especial, uma melhor distinção, nos dados socioeconómicos, entre palangreiros de fundo e embarcações de pesca com linha de mão ajudaria a compreender plenamente a sua importância relativa e o seu impacto na utilização sustentável dos recursos haliêuticos.

Existem igualmente importantes lacunas de conhecimento no que respeita à gestão das pescas e às questões relacionadas com as capturas acessórias. Apesar dos esforços recentes no sentido de melhorar as avaliações dos *stocks* das principais espécies comerciais sujeitas a quotas, não foram ainda efetuadas avaliações oficiais das unidades populacionais. O resultado é que os totais admissíveis de capturas (TAC) são fixados com base no princípio da precaução, quer em função dos níveis de captura quer do índice de abundância relativa. Tendo em conta a importância destas espécies para as pescas açorianas e para a socioeconomia da região, a realização de avaliações formais dos *stocks* ajudaria a calcular os limites de captura adequados para estas espécies, que, em última análise, poderiam ser utilizados no planeamento sistemático de conservação para afinar os resultados e proporcionar uma proteção mais ajustada a estas espécies. São igualmente necessários mais estudos genéticos, uma vez que um melhor conhecimento da genética das

populações ajudaria a preservar com exatidão os *stocks* e a biodiversidade, com alguma aplicação potencial na gestão das pescas. Por último, uma melhor compreensão da ecologia básica e uma quantificação mais exata dos níveis de capturas acessórias de espécies altamente vulneráveis/em perigo, capturadas acessoriamente na pesca com palangre de profundidade, ajudariam a avaliar melhor e a afinar as ameaças à conservação e a sustentabilidade das capturas acessórias.

No que respeita à utilização da modelação dos ecossistemas para a avaliação das estratégias de gestão, existem ainda algumas lacunas de conhecimento importantes que necessitam de ser melhoradas. A precisão global das previsões dos modelos está fortemente relacionada com a qualidade dos dados utilizados na sua parametrização (ver, entre outros, Smith *et al.*, 2015). Por exemplo, as estimativas de biomassa absoluta e as composições da dieta são dados cruciais que asseguram a qualidade das previsões de base no âmbito dos cenários de planeamento sistemático de conservação *Ecopath* para o mar profundo dos Açores com o quadro de modelação *Ecosim* (ver, entre outros, Bentley *et al.*, 2019). A construção do modelo do ecossistema dos Açores destacou a falta de estimativas de biomassa para a grande maioria dos grupos funcionais (Morato *et al.*, 2016). Estimativas analíticas de avaliação de *stocks* melhorariam certamente a precisão e a robustez do modelo dos Açores.

Não obstante, foram também reconhecidas lacunas de conhecimento relacionadas com os hábitos alimentares e a adequação do *habitat* a componentes das presas da cadeia alimentar. Este foi, por exemplo, o caso dos eufausídeos, poliquetas e espécies de camarões, para os quais as composições das dietas foram definidas com base em conhecimentos empíricos, estudos de dietas de diferentes áreas ou derivados de outros modelos. A insuficiência de dados sobre estes parâmetros aumenta a incerteza no que respeita ao nível trófico estimado para cada grupo funcional e ao papel estrutural de alguns grupos funcionais (por exemplo, cefalópodes e tubarões pelágicos). Adicionalmente, o papel das espécies formadoras de *habitat* (por exemplo, corais e esponjas) como mediadoras das interações predador-presa não é claro (ver, por exemplo, Brandl *et al.*, 2019). Por esta razão, a consideração explícita de ecossistemas marinhos vulneráveis no modelo do ecossistema dos Açores é ainda difícil de explorar.

No que diz respeito aos modelos dinâmicos, é de extrema importância utilizar dados de partida rigorosos para conduzir e validar as previsões dos modelos, tanto à escala temporal como à escala espaço-temporal. As séries temporais de esforço de pesca utilizadas para o modelo dos Açores não refletem totalmente os avanços tecnológicos nas pescas e as melhores capacidades de captura registadas na última década. Consequentemente, as respostas das componentes da cadeia alimentar às pressões da pesca foram certamente subestimadas. Como já foi referido, os índices de abundância relativa existentes, utilizados para calibrar e validar o modelo, provêm de inquéritos sobre a pesca com anzol e linha e, por conseguinte, apresentam incertezas acrescidas (Engas, 1994). Além disso, só havia dados disponíveis para as espécies comerciais, faltando os dados de referência sobre os grupos de baixo nível trófico e os grandes predadores, que seriam fundamentais para melhorar as previsões do modelo.

A característica espaço-temporal da abordagem de modelação requer informações sobre as preferências de *habitat* e as taxas de dispersão dos grupos funcionais. Estão disponíveis estudos de adequação do *habitat* feitos nos Açores e dados de marcação para algumas espécies comerciais e espécies de elevado nível trófico, como tubarões de profundidade, baleias e golfinhos. No entanto, pouco se sabe sobre as relações de *habitat* dos grupos de baixo nível trófico, o que aumenta a incerteza quanto à distribuição de *habitats* definida no modelo.

Um outro problema importante, que gera elevada incerteza quanto às estimativas do modelo, é transversal aos ecossistemas de profundidade e depende de quais são os principais fatores da dinâmica dos ecossistemas. A variabilidade ambiental parece ser o principal motor do ecossistema dos Açores, mas os fatores e mecanismos subjacentes a essa dinâmica são desconhecidos. Por essa razão, a função que determina a contribuição das mudanças de regime que afetam a biomassa dos produtores primários nos modelos *Ecosim* e *Ecospace* dos Açores é teórica, uma vez que deriva das previsões do modelo. Os usos previstos do modelo exigem pressupostos relativos às condições ambientais futuras, o que aumenta consideravelmente a incerteza do modelo, nomeadamente num planeta em mudança (ver, por exemplo, Niiranen *et al.*, 2012). Reconhece-

se, portanto, que as previsões do *Ecospace* relativas aos impactos das áreas marinhas protegidas nos ecossistemas têm esta grande incerteza associada.

Este trabalho empolgante realça, mais uma vez, a necessidade de criar uma estratégia de longo prazo para a evolução do conhecimento científico do mar profundo, de forma a colmatar muitas das lacunas de conhecimento e contribuir com dados científicos para produzir informação de apoio ao desenvolvimento de políticas que promovam a utilização sustentável dos recursos naturais do mar profundo e apoiem o Ordenamento do Espaço Marítimo. Estas estratégias de longo prazo devem traduzir-se num esforço claro para aumentar o conhecimento científico do mar profundo dos Açores, nomeadamente através da continuação das iniciativas de cartografia do fundo marinho açoriano e das comunidades que nele vivem. No entanto, tal só será possível se os Açores dispuserem de infraestruturas e meios tecnológicos adequados, mas também de carreiras científicas de longo prazo, estáveis e previsíveis, para os atuais e futuros cientistas.