

RELATÓRIO 2.1



Origem, vetores de introdução e condições ambientais que facilitam a introdução de espécies não indígenas nos Açores

CIBIO

Universidade dos Açores

[PIMA]

Programa de implementação da Diretiva-Quadro Estratégia Marinha
Invasoras Marinhas nos Açores

[PIMA]

Produzido para: Secretaria Regional do Mar, Ciência e Tecnologia, Direção Regional dos Assuntos do Mar

Elaborado por: CIBIO/Universidade dos Açores

Citação: Costa, A.C., Parente, M., Botelho, A.Z., Monteiro, J., Micael, J., Gabriel, D., Ávila, S., Jardim, N., Gillon, A., Figueras, D., Torres R., Cordeiro, R., Madeira, P., Melo, C., Batista, L., Raposo V. (2016). Origem, vetores de introdução e condições ambientais que facilitam a introdução de espécies não indígenas nos Açores. . CIBIO, Universidade dos Açores/ Fundação Gaspar Frutuoso. 34 pp.

Data: Julho 2016

ÍNDICE

1 ÂMBITO	1
2 INTRODUÇÃO	1
3 METODOLOGIA	4
4 ORIGEM, VETORES E CONDIÇÕES AMBIENTAIS	13
4.1 Origens e vetores das NIS presentes nos Açores	13
4.2 Tráfego marítimo	20
4.3 Condições ambientais	22
4.4 Áreas de entrada de NIS	25
5 DEFINIÇÃO DE METODOLOGIAS	26
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXO I	31
ANEXO II	33

1 | ÂMBITO

O presente relatório apresenta a segunda etapa da proposta de elaboração do Programa de implementação da Diretiva-Quadro Estratégia Marinha – Programa Invasoras Marinhas nos Açores (PIMA), de acordo com as cláusulas técnicas constantes da parte II do caderno de encargos respeitante ao CONCURSO PÚBLICO Nº 3/2015/DRAM, dando assim cumprimento à implementação da Diretiva nº 2008/56/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de junho (Diretiva Quadro Estratégia Marinha - DQEM) relacionados com o descritor D2 – Espécies não indígenas: “As espécies não indígenas introduzidas pelas atividades humanas situam-se a níveis que não alteram negativamente os ecossistemas” (MAM, SRMCT, SRA, 2014; SRRN, 2014). Pretende-se dotar a Administração Pública Regional com a informação necessária para determinar o estado ambiental do meio marinho dos Açores, e responder, em específico, ao Descritor D2 – Espécies não indígenas, no final do primeiro ciclo de implementação da DQEM, que terminará em 2019. Neste relatório é facultada informação sobre a origem, vetores de introdução, condições ambientais, etc., com o objetivo de identificar os principais vetores de introdução e as condições ambientais que poderão facilitar o aparecimento de espécies não indígenas nos Açores (Tarefa 2.1; Ações 2.1.1; 2.1.2). São ainda apresentadas as metodologias definidas para a implementação do plano de monitorização (Tarefa 3.1; Ações 3.1.1, 3.1.2).

2 | INTRODUÇÃO

No Atlântico a proveniência da maioria das espécies não indígenas é o Indo-Pacífico (Micael et al. 2014) e a navegação tem sido apontada como o seu principal vetor de introdução. No entanto, são identificadas outras formas de introdução mediadas por outras atividades humanas, como aquicultura e pescas (libertações acidentais e intencionais), aquariofilia, navegação de recreio, e movimentação de estruturas artificiais. Podem também surgir como espécies associadas, por exemplo, organismos incrustantes de ostras ou parasitas e patógenos de mariscos comercialmente explorados, ou associadas a detritos flutuantes (Ruiz et al. 2000).

Os tanques de lastro dos navios contêm normalmente água e sedimentos que suportam uma grande abundância e variedade de espécies de invertebrados incluindo ovos e larvas de espécies não indígenas (Gray et al. 2006). Durante os trabalhos realizados no âmbito do projeto INSPECT comprovou-se que ao fim de 7 dias de viagem com ausência de luz nos compartimentos de lastro, algumas células fitoplanctónicas são capazes de originar novas populações quando expostas outra vez a condições favoráveis de luz e temperatura, comprovando o potencial deste meio como via de introdução destas espécies.

Os primeiros navios de madeira que cruzaram os oceanos representam o mais antigo vetor de introdução de espécies não indígenas. Com o desenvolvimento de novas tecnologias, o volume de transporte e a diversidade de embarcações têm aumentado e, em conjunto com os reduzidos tempos de trânsito, a probabilidade de espécies que são transportadas para áreas remotas por esta via aumenta também, especialmente nos últimos anos. Apesar dos esforços de controlo de bioincrustações, o tráfego marítimo continua a ser identificado como a principal via para a introdução de espécies marinhas não indígenas em portos de todo o mundo (Ruiz et al. 2000, Gollasch 2002, Ashton 2006). O processo de incrustação marinha e a respectiva sucessão apresenta-se esquematizado na Fig. 1. A introdução destas espécies pode provocar ainda impactos diretos na sociedade, danificando infraestruturas e aparelhos de pesca e/ou aquacultura (Occhipinti-Ambrogi et al. 2011).

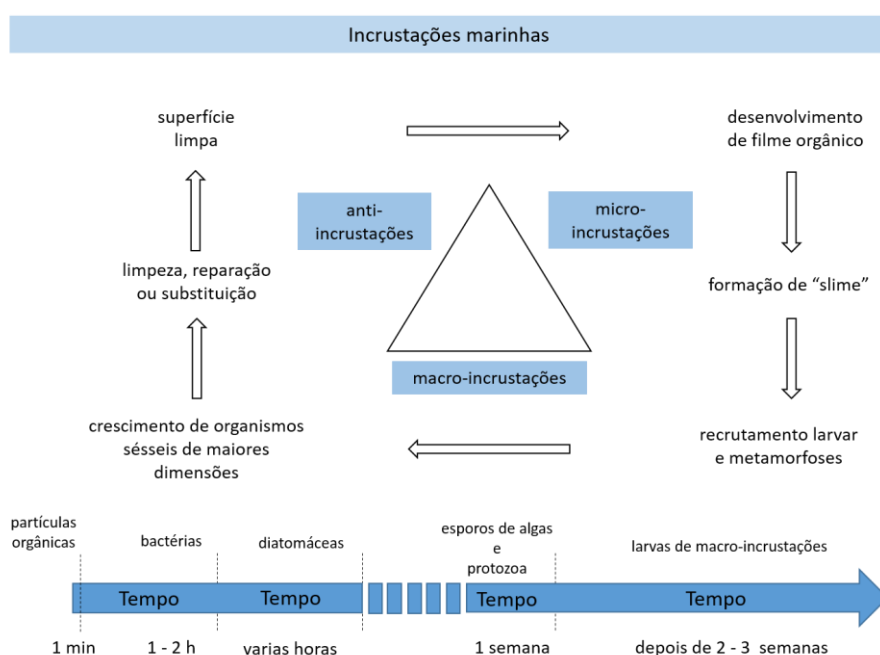


Figura 1. Desenvolvimento da vida marinha nas superfícies de barcos e noutras estruturas submersas.

Durante o projeto ASMAS, tendo sido verificado que havia importação de isco vivo para a Região, foi realizada uma avaliação deste vetor de entrada, através do estudo das estatísticas fornecidas pelas entidades fiscalizadoras SEPNA e o seu cruzamento com entrevistas realizadas às empresas que comercializam estes iscos.

Sem a mediação pelas atividades antropogénicas para ultrapassar as barreiras à dispersão, a capacidade das espécies invasoras se dispersarem entre regiões distantes é mínima. No entanto, uma vez ultrapassadas essas barreiras, se as condições ambientais da área receptora forem semelhantes às da região dadora e favoráveis ao seu estabelecimento a probabilidade de propagação destas espécies numa nova região é elevada. Por sua vez, muitas invasões biológicas falham devido a condições ambientais muito diferentes entre as regiões dadoras e receptoras. Assim será importante saber quais as espécies que chegando aos Açores podem fisiologicamente suportar as condições ambientais locais. Para isso, não só é necessário saber os limites de tolerância aos fatores abióticos das espécies mas também os seus ótimos de desenvolvimento e cruzar esta informação com os valores observados localmente para estes parâmetros. Os parâmetros que consideramos mais importantes para este fim são: a salinidade, a temperatura da água à superfície, pH e clorofila a.

A salinidade é um parâmetro que afeta a fisiologia dos organismos sendo por isso determinante para o seu desenvolvimento, influenciando entre outros parâmetros, o seu crescimento e reprodução. A salinidade ótima varia com as espécies e também com os distintos estádios de desenvolvimento, pelo que a variação de salinidade poderá levar ao estabelecimento ou não de uma espécie em determinada zona.

A temperatura da superfície do mar - SST – Sea surface temperature, é um dos fatores ambientais que tem mais efeitos sobre o desenvolvimento das espécies (Diego & Pérez Ruzafa, 1993; Lawson, 1995). Temperaturas limitantes, altas ou baixas, podem induzir stress no animal, afetando a alimentação, crescimento, e reprodução (Diego & Pérez Ruzafa, 1993; Tidwell, 2012) e a maioria das espécies apresenta um intervalo ótimo de crescimento para este parâmetro.

Parâmetro da qualidade da água, que indica a concentração de hidrogénio e o seu valor caracteriza a acidez e a alcalinidade das águas. O intervalo de valores para a maioria das espécies encontra-se entre 6-9, considerando o valor 7 como neutro. O PH abaixo de 6 tende a reduzir a produtividade, já que uma acidificação da água modifica a toxicidade de outros compostos e podem produzir outros componentes de efeitos letais. A nível biológico influem no crescimento, o

desenvolvimento larvar e também na reprodução, os dados existentes dizem que os animais crescem melhor em águas alcalinas do que em águas ácidas (Instituto Hidrográfico, 2010).

O conhecimento sobre a distribuição do fitoplâncton em termos da concentração de clorofila a em águas oceânicas é importante para os estudos de produção primária (Lunghrust e Harrison, 1989). A concentração de clorofila a condiciona a qualidade da água. Em condições de uma maior descarga de nutrientes no mar, como é o caso dos esgotos domésticos, aportes terrenos, runoff agrícola, que podem criar um aumento da produção primária com um aumento das concentrações fitoplânctónicas. Um aumento massivo das concentrações de fitoplâncton pode alterar a transparência da água e por conseguinte a qualidade da água.

A modelação ecológica, é utilizada para caracterizar as condições ambientais na área de distribuição de uma espécie e determinar se o mesmo conjunto de condições existe noutra área geográfica. Esta abordagem tem uma aplicação útil numa gama larga de questões, ecológicas, evolutivas e climáticas (v. Rivera et al 2006), e tem sido demonstrada a sua utilidade em avaliar a probabilidade de espécies não indígenas ser estabelecerem numa área uma vez transportadas para uma região por uma via de dispersão antropogénica ou natural (Peterson & Viegals 2001).

3 | METODOLOGIA

Foi efetuada uma extensa revisão bibliográfica, incluindo pesquisas em bases de dados nacionais e internacionais disponíveis on-line, e utilizados dados provenientes de projetos anteriores ex. LocAqua, Asmas, Lusomarbol, MacroBioNol para a caracterização da origem, vetores e condições ambientais favoráveis à propagação das espécies não indígenas presentes nos Açores. Para além da informação assim obtida procedeu-se à recolha de nova informação, quer pela realização de novas entrevistas/inquéritos, quer através de amostragem/prospecção *in situ*. Nestes últimos, foram aplicados os protocolos desenvolvidos e testados em São Miguel e Santa Maria durante o projeto ASMAS, nas mesmas ilhas e no Faial. Para obter informação atualizada junto às entidades administradoras das marinas e portos relativamente ao tráfego das mesmas. Foi ainda pesquisada informação relativa à importação de espécies marinhas para fins comerciais (eg. Aquariofilia) nomeadamente junto das entidades responsáveis pelas respetivas licenças de transporte e importação.

Durante o projeto ASMAS, tendo sido verificado que havia importação de isco vivo para a Região, foi realizada uma avaliação deste vector de entrada, através do estudo das estatísticas fornecidas pelas entidades fiscalizadoras SEPNA e o seu cruzamento com entrevistas realizadas às empresas que comercializam estes iscos. No sentido de atualizar a informação relativa à importação de organismos marinhos vivos foi de novo contactado o SEPNA bem como as seguintes entidades: SEPNA, DRA e DRAM e DRP.

Para a obtenção de dados de tráfego marítimo de recreio foram contactadas as Direções das Marinas de Ponta Delgada, Vila Franca do Campo, Vila do Porto, Horta, Praia da Vitória e Angra, a quem foi pedida informação relativamente às marinas sob a sua gestão e também a respectiva estatística de tráfego. Aguardamos ainda a recepção desta informação por forma a atualizar a informação de projetos anteriores.

No âmbito deste trabalho foram realizados inquéritos a todas as lojas de aquarofilia em São Miguel, num total de oito, para averiguar a possibilidade de esta via como vetor de introdução de espécies marinhas não indígenas. O questionário efetuado, teve como base um modelo que tem sido aplicado no continente e arquipélago da Madeira.

Foram estabelecidos contactos com as empresas locais de limpeza de cascos (clube naval de Ponta Delgada e marina de Vila Franca do Campo), para aviso da varagem das embarcações para limpeza dos cascos em doca seca. Deu-se início à monitorização dos cascos das embarcações de recreio, de acordo com os protocolos desenvolvidos no âmbito do projeto ASMAS, quando estas são varadas. Procedeu-se à raspagem de áreas definidas em zonas pré-estabelecidas em cascos de embarcações em doca seca. Assim os cascos são inspecionados para análise qualitativas e quantitativas das comunidades aí presentes. Para cada embarcação foi estimado o nível de “fouling” ou de cobertura de acordo com a escala de Floerl et al. (2005) a qual compreende cinco níveis de acordo com a densidade e diversidade de organismos observados. De seguida é feita uma análise visual através da recolha fotográfica de 3 fotoquadrados (200x200 mm, n=3) em cada uma das 3 principais zonas da embarcação, proa, centro, popa (Fig. 2, Anexo I). Em cada quadrado fotografado, os organismos foram cuidadosamente raspados com espátulas metálicas para um saco de amostragem devidamente etiquetado. As amostras de material biológico foram preservadas em álcool 96%. Para cada fotoquadrado foi feita uma observação qualitativa do estado da pintura (boa, média, má).

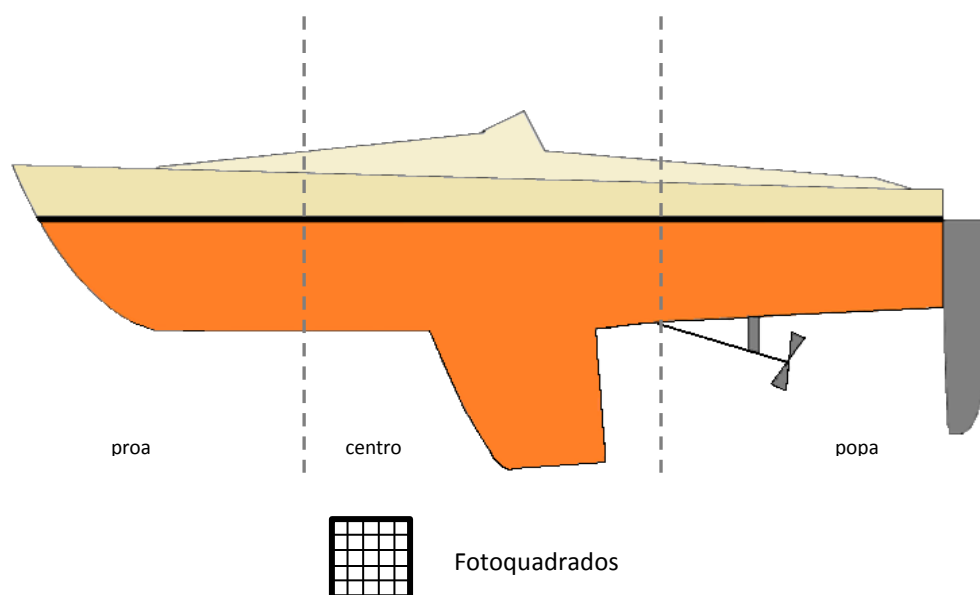


Figura 2. Esquema para amostragem de cascos de embarcações em doca seca.

Em simultâneo com a amostragem aos cascos das embarcações foi feito um questionário aos proprietários e/ou responsáveis das embarcações de recreio para obter informações sobre a embarcação, sobre o histórico de manutenção do casco e dos portos de atracação como tempo de permanência na água, locais e distâncias percorridas desde a última limpeza de casco e sensibilidade à problemática de introdução de espécies exóticas (Anexo II).

Foi efetuado trabalho de prospecção e monitorização na marina de Ponta Delgada e Vila Franca do Campo (ilha de São Miguel), na marina de Vila do Porto e zona costeira (ilha de Santa Maria), na marina da Horta e na área entre o Porto Pim e o Monte da Guia (ilha do Faial) e ainda foram prospectadas as marinas da Praia da Vitória e Angra e o Paúl da Praia da Vitória (ilha Terceira). Adicionalmente foram ainda efetuados alguns registos de ocorrências de NIS na ilha do Pico, nomeadamente na costa adjacente à Madalena e Ilhéus da Madalena. As prospeções realizadas na ilha Terceira foram de oportunidade pelo facto de surgiram em consequência da estada na ilha de dois membros da equipa que aí se deslocaram para fazer a prospecção do local de referência da DQA e aferir da possibilidade de este constituir também referência para a DQEM relativamente ao descritor 2. No entanto, as condições meteorológicas não permitiram a realização da imersão necessária pelo que a equipa aproveitou a estada na ilha para prospetar as duas marinas e o paúl relativamente ao mesmo descritor.

Para a caracterização das condições ambientais existentes na Região, foram utilizados os dados fornecidos pela DRAM (no âmbito do projeto LocAqua), acerca da temperatura da superfície do mar, níveis de salinidade e de clorofila. Os dados referentes à salinidade são provenientes do “World Ocean Atlas 2013” (Nacional Oceanographic Data Center/NOAA), os quais foram tratados seguindo a metodologias de Davis & Guinotte (2011) para a sua representação espacial (DOP, 2015).

Na maior parte das marinas há variações de salinidade decorrentes de aportes de água doce. Esta informação foi também inquirida junto às entidades gestoras das mesmas e prevemos a instalação de data loggers nas principais marinas em breve, para uma monitorização mais detalhada deste parâmetro, nestas áreas.

Os dados de temperatura e clorofila *a* utilizados são da responsabilidade do Departamento de Oceanografia e Pescas (projeto SIGMAR), tendo por base dados globais da NASA global data (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>).

Os pontos de referência ambiental, são por definição (eg. OSPAR, 2011) locais cujas condições caracterizam um estado no qual os impactes das pressões antropogénicas são negligenciáveis (Bom Estado Ambiental). Para o descritor 2 serão locais em que as espécies não indígenas presentes não alteram adversamente o ecossistema. As espécies não indígenas invasoras afectam a qualidade ambiental resultando em alterações das propriedades biológicas, químicas e físicas dos ecossistemas aquáticos. Estas alterações incluem mas não se limitam a: eliminação ou extinção de populações sensíveis ou raras; alteração das comunidades nativas; blooms de algas; modificação das condições do substrato e das zonas costeiras; alteração da concentração de oxigénio e nutrientes, pH e transparência da água; acumulação de poluentes, etc. A magnitude dos impactos poderá variar de intensidade (baixa ou muito elevada) e duração (esporádica, curta a moderada ou permanente). O gradiente de degradação em relação às espécies não indígenas (D2) é função das suas abundâncias relativas e amplitudes de distribuição, que podem variar desde inexistente ou com baixas abundâncias com efeitos adversos negligenciáveis num local a grandes abundâncias em muitas localidades com impactos massivos no funcionamento das comunidades nativas, habitats e ecossistemas (Borja et al. 2015). A base operacional sugerida por Borja et al. (2015) para a determinação do BEA para o descritor 2 da DQEM, é que o número de espécies não indígenas seja mínimo. Neste sentido e por ter sido sugerido um ponto a noroeste da ilha Terceira como ponto de referência para as águas costeiras da RH9 no âmbito da DQA, e

por ter sido sugerida a hipótese, *in loco* de fazer coincidir os pontos de referência já estabelecidos a nível regional para outros programas de monitorização como os da DQA, para a DQEM tentámos avaliar a hipótese do local dos Biscoitos poder constituir um ponto de referência também para o descritor espécies não indígenas. Lamentavelmente não pudemos realizar a imersão planeada devido às condições meteorológicas do local à data da deslocação. Planea-se ainda este ano realizar uma nova tentativa de prospecção deste local relativamente à presença de espécies não indígenas bem como definir se possível outros pontos de referência em São Miguel e Faial. Os trabalhos realizados no âmbito do PIMA, não revelaram até à data nenhum local com as características necessárias para constituir ponto de referência.

Para a produção de informação cartográfica (Ação 2.1.2) relativa às áreas de entrada de NIS, foi necessário compilar a informação dispersa sobre a presença/ocorrência das várias espécies no arquipélago. Esta informação é bastante incompleta e houve necessidade de georreferenciar a maior parte dos registos. Estamos também a compilar informação existente em coleções biológicas provenientes de outros projetos (MacroBioMol, LusoMarBol), o que se revelou bastante moroso e requereu algumas re-identificações. A isto acresce que os dados relativos à estatística da náutica de recreio ainda não nos foram facultados apesar dos insistentes pedidos. Estes factores contribuíram para o atraso na execução desta ação. De facto para representarmos cartograficamente as principais áreas de entrada de NIS marinhas é necessário cruzar esta informação para fazer uma avaliação de risco das áreas, que pode estar relacionada com a qualidade ambiental destas (Olyarnik et al. 2009). Esta informação poderá ser utilizada para priorizar áreas de monitorização. Do mesmo modo as falhas na obtenção da informação comprometeram nesta fase a realização da Ação 2.1.4. A restante informação necessária para completar a Ação 2.1.4, sobre origem, vetores de introdução e condições ambientais que favorecem a introdução e a fixação de espécies não indígenas e invasoras nas zonas costeiras dos Açores já se encontra compilada. De facto a aplicação de métodos preditivos inclui a informação da distribuição das espécies, que se revelou ausente na base Atlantis (que está bastante incompleta relativamente ao meio marinho e atualmente desativada) houve necessidade de se fazer levantamento bibliográfico moroso e trabalho *in loco*. Apesar destes constrangimentos obtivemos resultados preliminares. Com base nos registos existentes para as diversas espécies não indígenas com ocorrência nos Açores, foi efectuada uma representação espacial da sua distribuição espacial (de acordo com os dados de presença/ocorrência das espécies) que foram incluídos num SIG (Fig. 3 a 5).

Foram iniciadas as tarefas 3.1 (Definição de metodologias) e 3.2 (Implementação do programa de monitorização), tendo-se procedido ao início dos trabalhos de prospeção dirigida às espécies invasoras *Amathia verticillata* nas marinas de Ponta Delgada, Vila Franca do Campo e Vila do Porto) e algumas prospeções fora das áreas de marinas nas ilhas de São Miguel, Santa Maria e Faial. Foi prospectada a presença de *Phorcus sauciatatus* ao longo do litoral costeiro da ilha de Santa Maria (Fig. 4) estando em curso o tratamento destes dados. A prospeção dirigida à *Caulerpa webbiana* também já se iniciou, com prospeção na ilha do Faial ao nível de ocorrência, bem como de contagem de colónias de *Caulerpa webbiana* (Fig. 4, em atualização de dados). A definição destas metodologias (apresentadas em detalhe na secção 5), foi feita com base na literatura e na experiência de projetos anteriores.

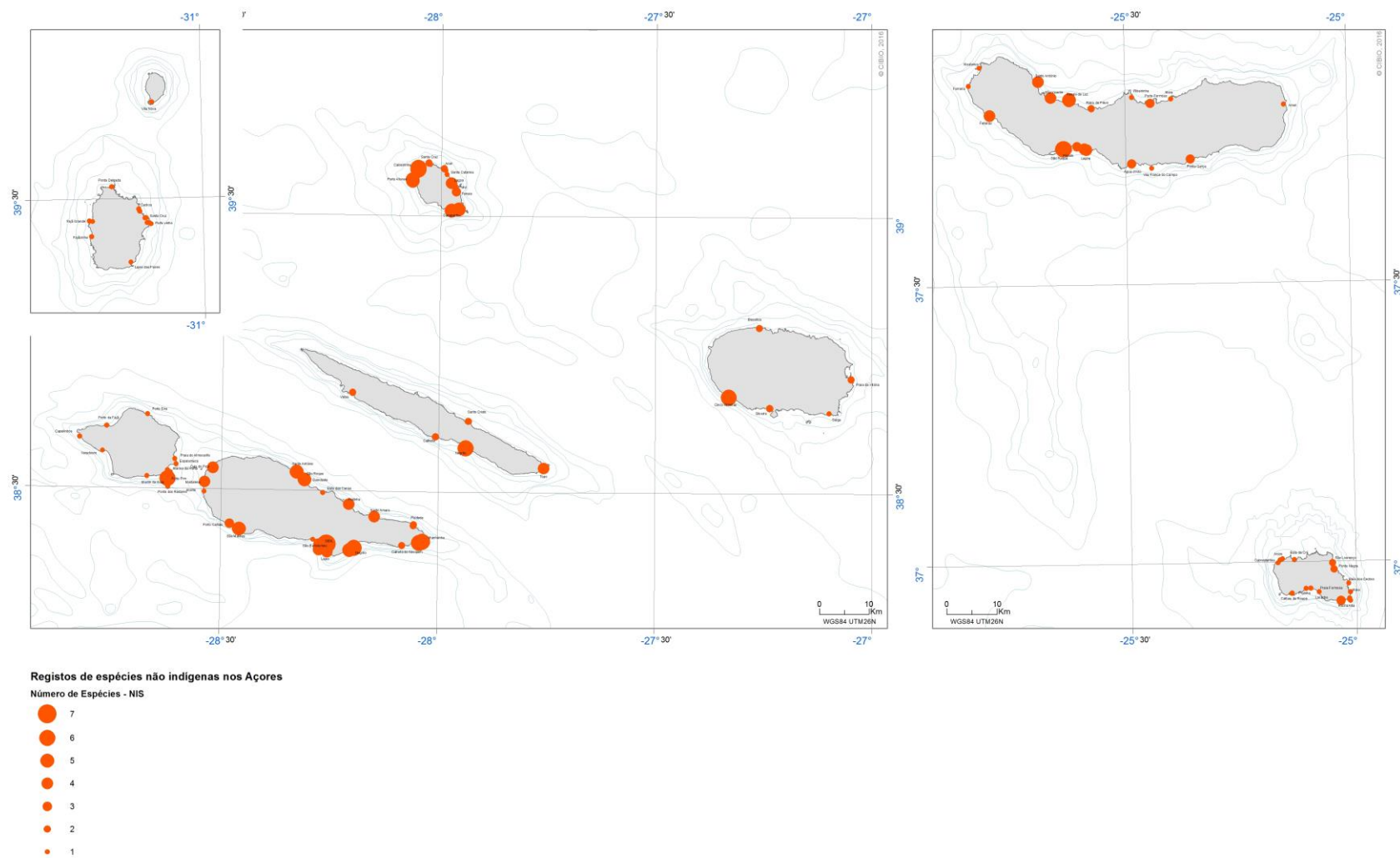


Figura 3. Registos de ocorrência de macroalgas NIS nos Açores.

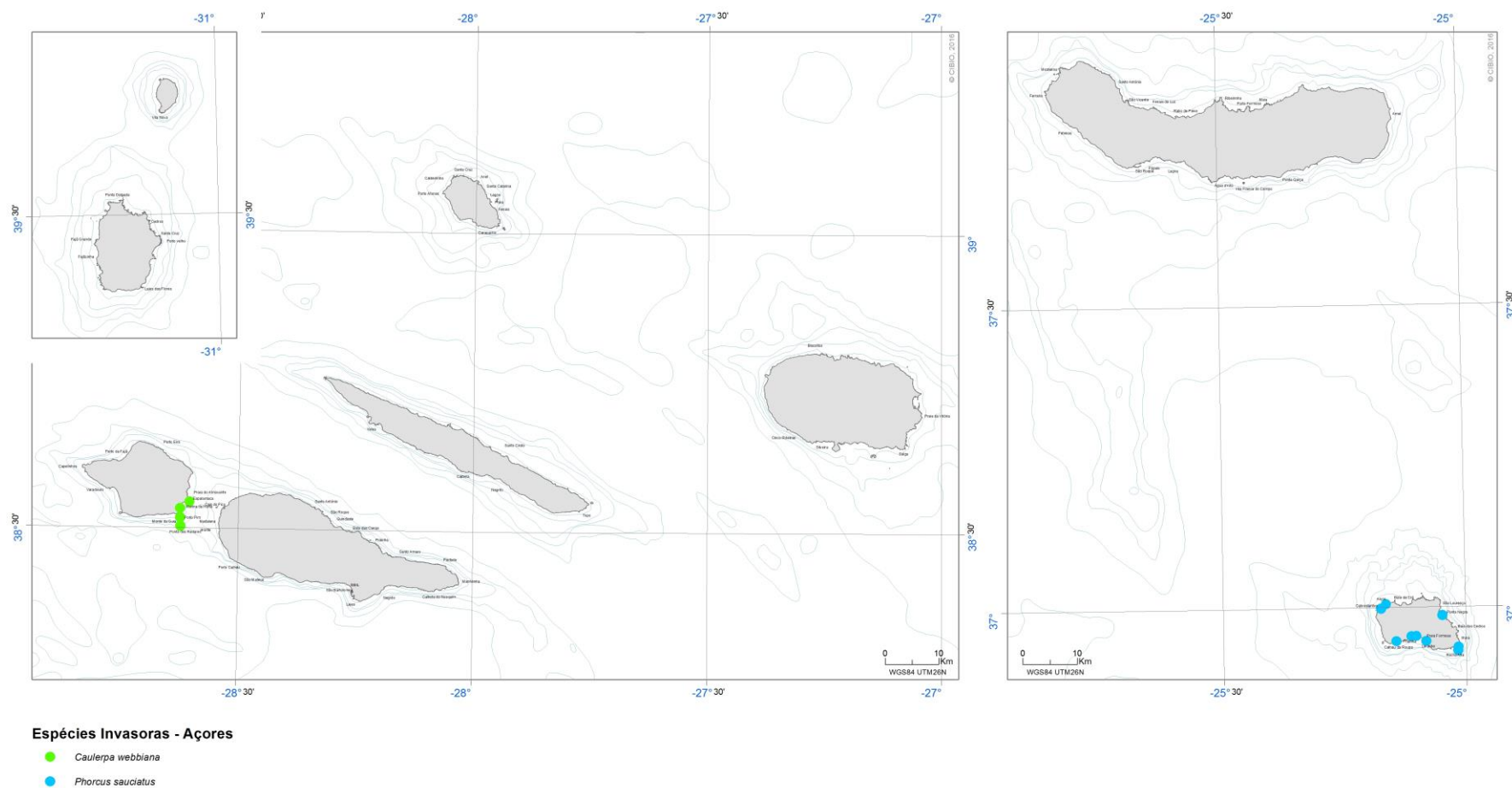


Figura 4. Registos de ocorrência de NIS invasoras, *Caulerpa webbiana* e *Phorcus sauciatus*.

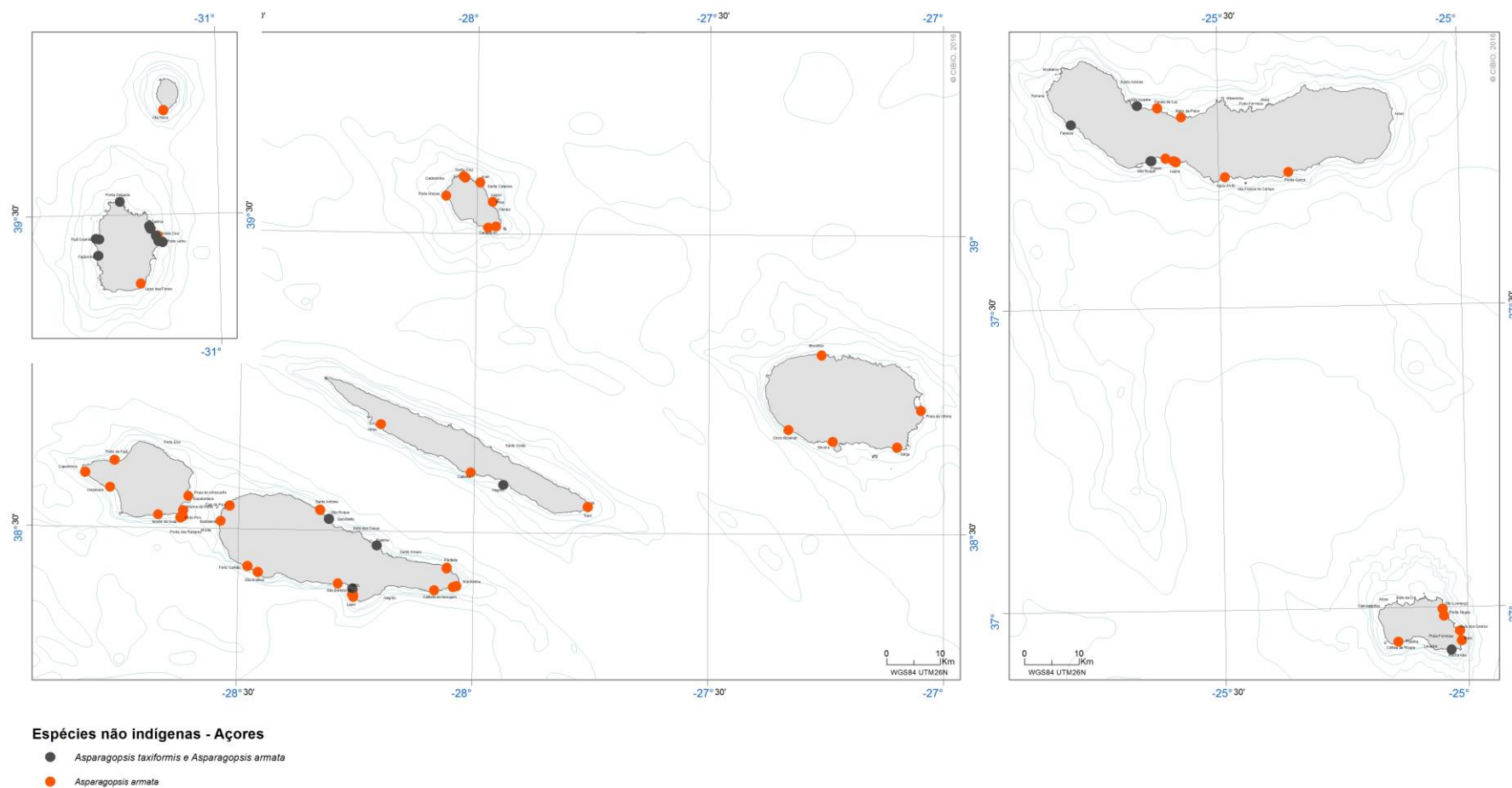


Figura 5. Registos de ocorrência de NIS, *Asparagopsis armata* e *Asparagopsis taxiformis*.

4 | ORIGEM, VETORES E CONDIÇÕES AMBIENTAIS

4.1 | Origens e vetores das NIS presentes nos Açores

O elevado número de espécies marinhas não indígenas observado nos Açores contrasta claramente com outras áreas geográficas do mundo. Este fenómeno poderá indicar uma vulnerabilidade de ilhas oceânicas à introdução de espécies, reforçado por níveis tróficos simplificados e a disponibilidade de nichos vazios em ecossistemas marinhos insulares. A maioria das espécies marinhas não indígenas que ocorrem nos Açores têm distribuição nativa na zona do Índico e Indo-Pacífico (Fig. 6).

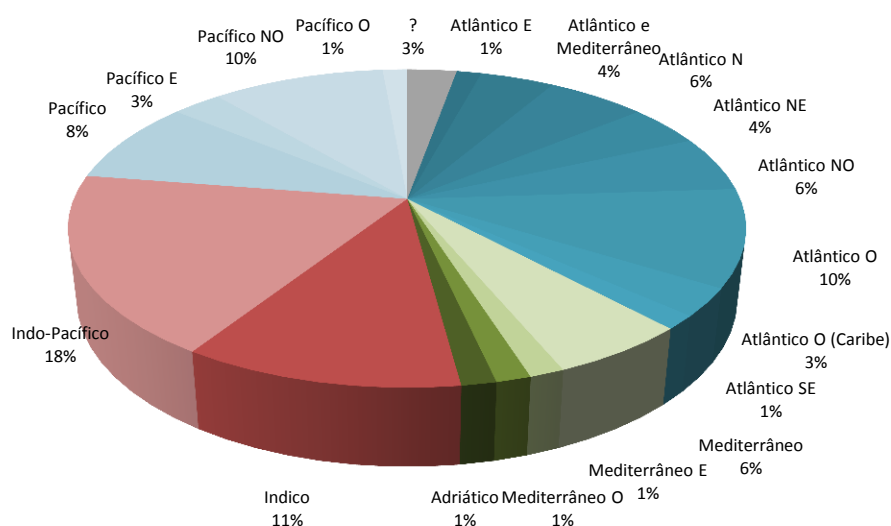


Figura 6. Origem geográfica das NIS marinhas presentes nos Açores.

As macroalgas não indígenas registadas nos Açores acompanham a tendência global, sendo nativas dos oceanos Índico e/ou Pacífico, enquanto apenas três espécies são originárias do Atlântico ocidental e uma espécie do nordeste do Atlântico. Nos Açores, a proporção de espécies de macroalgas criptogénicas atinge os 9%, correspondendo a 40 espécies. Entre estas, 64% são Rhodophyta, 18% Chlorophyta e 18% Ochrophyta, distribuição muito semelhante às das indígenas

regionais, mas contrastante com o padrão regional de macroalgas não indígenas. *Asparagopsis armata* e *Asparagopsis taxiformis* ocorrem em todas as ilhas dos Açores, sobre substrato rochoso desde 0 m até pelo menos 40 m de profundidade.

O arquipélago dos Açores partilha 21 espécies marinhas não indígenas com o arquipélago da Madeira. Algumas destas espécies podem ter sido introduzidas nos Açores e na Madeira a partir do Continente (introduções secundárias). Verifica-se que os primeiros registos foram encontrados essencialmente no Faial e São Miguel, que também correspondem às ilhas onde há um maior número de espécies marinhas não indígenas registadas e onde se concentram a maior parte dos estudos em biodiversidade marinha. É interessante sublinhar a presença de alguns registos exclusivos a Santa Maria. No entanto, há várias espécies cuja dispersão já está confirmada em todo o arquipélago eg. *A. armata*, embora a maioria dos registos exclusivos a uma ilha possam não ser uma imagem real já que é necessária uma certa especialização taxonómica para identificar algumas destas espécies. Seria necessário realizar amostragens em todas as ilhas dirigidas a estas espécies para atualizar estes dados de distribuição.

As macroalgas não indígenas registadas nos Açores são nativas do Índico e/ou Pacífico, e apenas três espécies são originárias do Atlântico ocidental e uma do nordeste do Atlântico (Tabela I). Nos Açores, a proporção de espécies de macroalgas criptogénicas (de origem desconhecida) atinge os 9%, correspondendo a 40 espécies, incluindo 64% de algas vermelhas, 18% de algas verdes e 18% de algas castanhas. Nos Açores, desde o primeiro levantamento em 2006 (Cardigos et al. 2006) assistiu-se a um aumento no número de espécies marinhas não indígenas. As invasões, à exceção da *Caulerpa webbiana*, mantêm-se limitadas a portos e respetivas áreas circundantes, mas as suas densidades e expansão levam a alguma preocupação, como sejam *C. fragile* subsp. *fragile* em Vila do Porto (Santa Maria), *A. verticillata* um pouco por toda a costa Sul de São Miguel, e *C. webbiana* na Horta (Faial).

Foram identificados como vetores potenciais de entrada de espécies NIS marinhas para a região, o tráfego marítimo, em especial incrustações nas embarcações de recreio e a importação de organismos vivos para fins comerciais (isco vivo e aquariorfilia), pelo que cada um destes vetores foi considerado objecto de estudo.

O conhecimento sobre as potenciais vias de introdução das espécies não indígenas identificadas indica o tráfego marítimo como vector de introdução mais significativo, com 32% das espécies potencialmente introduzidas através de águas de lastro e 33% através de incrustação em cascos

de embarcações com predominância de tráfego nacional e navios provenientes de portos localizados na Europa. Este facto aliado às origens da maioria das espécies não indígenas (Pacífico, Ásia e Austrália) indica que grande parte das introduções nos Açores será provavelmente secundária.

A aquacultura foi o vector com menor importância pois terá sido responsável apenas pela introdução, do bivalve *Ruditapes decussatus*. No entanto, foram identificados outros vectores mais prováveis para a introdução destas espécies. O comércio de isco vivo também é um vetor a ter em conta dado a elevada taxa de importação de organismos para este fim.

Cerca de 69% das macroalgas introduzidas nos Açores terão resultado do tráfego marítimo sendo que 56% destas terão chegado incrustadas nos cascos de embarcações. Há uma falta de informação sobre o vector de transporte para as restantes 31% de espécies de macroalgas introduzidas e não há registo de introdução intencional de macroalgas nos Açores. Apesar de 31% das introduções de macroalgas terem um vector de transporte desconhecido nos Açores, há fortes evidências de que essas espécies foram efetivamente introduzidas. Esta ideia tem como premissa as características sugeridas por Williams e Smith (2007) para explicar o padrão global de introduções de macroalgas, por exemplo, a distribuição descontínua em relação à área nativa ou introdução em outros locais da costa atlântica europeia.

Em Setembro de 2013 foi registado pela primeira vez, nos Açores, o dinoflagelado tóxico marinho *Alexandrium minutum* na sequência de um bloom tóxico que ocorreu na Lagoa de Santo Cristo na ilha de São Jorge, Açores, que levou à morte de peixes, toxificação das amêijoas localmente exploradas (*Ruditapes decussatus*) que registaram níveis 30 vezes superiores ao limite legislado da toxina PSP e foram associados a quatro casos de intoxicação humana por consumo de amêijoas (Santos et al. 2014). Em consequência, houve uma interdição temporária à exploração local das amêijoas e ter-se-á iniciado um programa de monitorização dirigido a esta espécie nesta lagoa. *Alexandrium minutum* terá chegado acidentalmente à Lagoa de Santo Cristo, provavelmente relacionando com atividades ligadas ao cultivo local das amêijoas. É provável que o evento tóxico se repita no futuro, embora a expansão desta espécie no arquipélago seja altamente improvável uma vez que o cultivo de bivalves se restringe aquela lagoa e as insipientes abundâncias de bivalves na natureza nos Açores não são também elas favoráveis a essa expansão. Esta escassez de bivalves nos Açores e a inexistência de tráfego náutico na Lagoa de Santo Cristo reforçam a hipótese da aquacultura como vector da introdução accidental desta espécie nos Açores. Este terá

sido o primeiro registo de uma consequência económica negativa de uma introdução de uma espécie nos Açores.

Tabela I. Espécies marinhas não indígenas identificadas no Arquipélago dos Açores (macroalgas e invertebrados marinhos), com indicação data do primeiro registo nos Açores e respectiva referência, da origem bem como do possível vetor de introdução.

	Data do 1º Registo	Referência do 1º Registo	Distribuição nativa	Vector de introdução
CHLOROPHYTA				
<i>Caulerpa webbiana</i> Montagne, 1837	2002	Cardigos et al. (2006)	Índico	embarcações
<i>Codium fragile</i> subsp. <i>fragile</i> (Suringar) Hariot, 1889	1993	Tittley & Neto (2005)	Pacífico NO	embarcações
OCHROPHYTA				
<i>Papenfussiella kuromo</i> (Yendo) Inagaki, 1958	1990	Tittley et al. (2009)	Pacífico NO	?
<i>Petalonia binghamiae</i> (J. Agardh) K.L.Vinogradova, 1973	1980	Tittley & Neto (1994)	Pacífico	embarcações
RHODOPHYTA				
<i>Aglaothamnion cordatum</i> (Børgesen) Feldmann-Mazoyer, 1941	2005-2007	Wallenstein (2011)	Índico	embarcações (incrustações)
<i>Antithamnion densum</i> (Surh) M.A. Howe, 1914	2005-2007	Wallenstein (2011)	Indo-Pacífico	?
<i>Antithamnion diminutum</i> Wollaston, 1968	1989	Athanasiadis & Tittley (1994)	Indo-Pacífico	embarcações
<i>Antithamnion nipponicum</i> (Montagne) J. Brauner, 1935	1989	Athanasiadis & Tittley (1994)	Pacífico NO	embarcações
<i>Antithamnionella ternifolia</i> (J.D.Hooker & Harvey) Lyle, 1922	1987	Castro & Viegas (1987)	Indo-Pacífico	embarcações (incrustações)
<i>Asparagopsis armata</i> Harvey, 1855	1989	Neto (1989)	Indo-Pacífico	embarcações (incrustações)
<i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan de Saint-Léon, 1845	1929	Schmidt (1929)	Indo-Pacífico	embarcações (incrustações)
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> Hariot, 1891	1989	Neto (1989)	Pacífico NO	embarcações
<i>Ceramium cingulatum</i> Weber-van Bosse, 1923	2005-2007	Wallenstein (2011)	Índico	?
<i>Corynomorpha prismatica</i> (J.Agardh) J.Agardh, 1876	1990	Fredericq et al. (1992)	Índico	?
<i>Grallatoria reptans</i> M.A. Howe, 1896	2005-2007	Wallenstein (2011)	Atlântico O	?
<i>Grateloupia turuturu</i> Yamada, 1941	1914	Gain 1914	Pacífico NO	embarcações (incrustações)
<i>Hypnea flagelliformis</i> Greville ex J. Agardh, 1851	2005-2007	Wallenstein 2011	Indo-Pacífico	embarcações (incrustações)
	Data do 1º Registo	Referência do 1º Registo	Distribuição nativa	Vector de introdução
RHODOPHYTA				

<i>Laurencia brongniartii</i> J. Agardh, 1841	2005-2007	Wallenstein (2011)	Pacífico	?
<i>Laurencia chondrioides</i> Børgesen, 1918	2005-2007	Wallenstein (2011)	Atlântico O	?
<i>Laurenciadendroidea</i> J. Agardh, 1852	2005-2007	Wallenstein (2011)	Índico	?
<i>Neosiphonia harveyi</i> (J. Bailey) M.-S. Kim, H.-G. Choi, Guiry & G.W. Saunders, 2001	2005-2007	Wallenstein (2011)	Pacífico NO	embarcações
<i>Neosiphonia sphaerocarpa</i> (Børgesen) M.-S. Kim & I.K. Lee, 1999	2005-2007	Wallenstein (2011)	Atlântico O	embarcações
<i>Pterosiphonia pinnulata</i> (Kützinger) Maggs and Hommersand, 1993	2005-2007	Wallenstein (2011)	Pacífico NO	embarcações (incrustações)
<i>Scageliopsis patens</i> Wollaston, 1981	1989	Athanasiadis & Tittley (1994)	Indo-Pacífico	embarcações
<i>Spongoclonium caribaeum</i> (Børgesen) M.J. Wynne, 1981	2005-2007	Wallenstein (2011)	Indo-Pacífico	embarcações (incrustações)
<i>Symphyocladia marchantioides</i> (Harvey) Falkenberg, 1897	1971	Ardre et al. (1974)	Pacífico	embarcações
PORIFERA				
<i>Desmacella meliorata</i> Wiedenmayer, 1977	1985	Boury-Esnault & Lopes (1985)	Atlântico O	embarcações (incrustações)
<i>Paraleucilla magna</i> (Klautau, Monteiro & Borojevic, 2004)	2010	Xavier (2010)	Atlântico SE	embarcações (incrustações)
CNIDARIA				
<i>Ectopleura crocea</i> (Agassiz, 1862)	1989	Cornelius (1992)	Atlântico NO	embarcações (incrustações)
<i>Kirchenpaueria halecioides</i> (Alder, 1859)	1989	Cornelius (1992)	Mar do Norte	embarcações (incrustações)
<i>Tubularia indivisa</i> Linnaeus, 1758	1989	Cornelius (1992)	Mar do Norte	embarcações (incrustações)
ANNELIDA				
<i>Branchiura sowerbyi</i> Beddard, 1892	2009	Raposeiro et al. (2009)	Pacífico E	?
<i>Hydroides elegans</i> (Haswell, 1883)	2000	Morton & Britton (2000)	Índico	embarcações (incrustações)
<i>Spirorbis (Spirorbis) marioni</i> Caullery, Mesnil, 1897	1979	Zibrowius & Bianchi (1981)	Pacífico E	embarcações (incrustações)
BRYOZOA				
<i>Amathia gracilis</i> Leidy, 1855		ASMAS	Atlântico NO	embarcações (incrustações)
	Data do 1º Registo	Referência do 1º Registo	Distribuição nativa	Vector de introdução
BRYOZOA				
<i>Amathia verticillata</i> (delle Chiaje, 1822)	2009	Amat & Tempera (2009)	?	embarcações (incrustações)
<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1758)	2001	Tempera et al. (2001)	Atlântico O (Caribe)	embarcações
<i>Bugulina simplex</i> Hincks, 1886	1998	Morton et al. (1998)	Mediterrâneo	embarcações (incrustações)

<i>Bugulina stolonifera</i> Ryland, 1960	1998	Morton et al. (1998)	Atlântico NO	embarcações (incrustações)
<i>Schizoporella errata</i> (Waters, 1878)	2013	Micael et al. (2014)	Mediterrâneo	embarcações (incrustações)
<i>Tricellaria inopinata</i> d'Hondt & Occhipinti Ambrogio, 1985	2013	Micael et al. (2016)	Pacífico	embarcações
<i>Virididentula dentata</i> (Lamouroux, 1816)	1997	Cardigos et al. (2006)	Australásia	embarcações (incrustações)
<i>Watersipora subtorquata</i> (d'Orbigny, 1852)		Asmas	Pacífico O	embarcações (incrustações)
MOLLUSCA				
<i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758)	1919	Nobre (1930)	Mediterrâneo	embarcações
<i>Mytilus edulis</i> Linnaeus, 1758	1965	Morton (1967)	Atlântico N	embarcações
<i>Phorcus sauciatu</i> s (Koch, 1845)	2013	Ávila et al. (2015)	Atlântico NE	?
<i>Pinctada imbricata radiata</i> (Leach, 1814)	1998	Ávila et al. (1998)	Indo-Pacífico	embarcações (incrustações)
<i>Pollia dorbignyi</i> (Payraudeau, 1826)	1998	Morton et al. (1998)	Mediterrâneo	?
<i>Ruditapes decussatus</i> (Linnaeus, 1758)	aprox. Início sec XX	Morton (1967)	Atlântico O	aquacultura
<i>Truncatella subcylindrica</i> (Linnaeus, 1758)	1970	Backhuys (1975)	Mediterrâneo O	?
ARTHROPODA				
<i>Amphibalanus amphitrite</i> (Darwin, 1854)	1887	Gruvel (1920)	Indo-Pacífico	embarcações
<i>Amphibalanus eburneus</i> (Gould, 1841)	1998	Southward (1998)	Atlântico O	embarcações (incrustações)
<i>Balanus trigonus</i> Darwin, 1854	1887	Gruvel (1920)	Indo-Pacífico	embarcações
<i>Caprella scaura</i> Templeton, 1836	2013	Gillon et al. (2016)	Índico (?)	embarcações
<i>Perforatus perforatus</i> Bruguiere, 1789	2011	Torres et al. (2011)	Atlântico E e Mar Mediterrâneo	embarcações
	Data do 1º Registo	Referência do 1º Registo	Distribuição nativa	Vector de introdução
CHORDATA / Urochordata				
<i>Alloeocarpa loculosa</i> C. Monniot, 1974	1971	Monniot (1974)	África do Sul e Nova Zelândia	embarcações
<i>Ascidia interrupta</i> Heller, 1878	1990	Monniot & Monniot (1994)	Atlântico O(subtropical)	embarcações
<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1766)	1998	Morton et al (1998)	Atlântico NE e Mediterrâneo	embarcações (incrustações)
<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1767)	2014	Marina et al. (2015)	Atlântico N	embarcações (incrustações)
<i>Clavelina lepadiformis</i> (O.F. Müller, 1776)	1971	Monniot (1974)	Adriático	embarcações
<i>Clavelina oblonga</i> Herdman, 1880	1971	Monniot (1974)	Atlântico NO	embarcações (incrustações)
<i>Distaplia corolla</i> Monniot, 1975	1971	Monniot (1974)	Atlântico O	embarcações
<i>Microcosmus squamiger</i> Michaelsen,	2009	Marc Rius (pers.	Índico	embarcações

1927		comm.)		
<i>Molgula plana</i> Monniot C., 1971	1969	Monniot (1971)	Atlântico NE	embarcações (incrustações)
<i>Perophora viridis</i> Verrill, 1871	1971	Monniot (1974)	Atlântico O (Caribe)	embarcações (incrustações)
<i>Polyclinum aurantium</i> Milne-Edwards, 1841	1971	Monniot (1974)	Atlântico NE	embarcações
<i>Pyura tessellata</i> (Forbes, 1848)	1969	Monniot (1971)	Atlântico E	embarcações (incrustações)
<i>Styela clava</i> (Herdman, 1881)		Asmas	Indo-Pacífico	embarcações (incrustações)
<i>Styela plicata</i> (Lesueur, 1823)	2010	Cháinho et al. (2015)	Indo-Pacífico	embarcações
CHORDATA / Vertebrata				
<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hillaire, 1817)	1997	Afonso et al. (2013)	Atlântico Nordeste e Mediterrâneo	?

A pesquisa realizada a todas as lojas de apetrechos de pesca em São Miguel (oito), durante o projeto ASMAS, revelou que são utilizados peixes, poliquetas e caranguejos como isco vivo. Os pequenos peixes e alguns poliquetas são obtidos localmente, enquanto a maioria dos poliquetas vendidos nas lojas são importados para a região. Nas seis caixas de isco vivo, (três de cada uma das duas marcas comerciais à venda em São Miguel), foram identificados um total de 84 indivíduos (14 /caixa) todos da espécie *Perinereis linea* (Treadwell, 1936) (Nereididae), uma espécie nativa do Pacífico. O material de embalagem era polpa de papel fermentada. Na altura, o SEPNA identificou mais de 11000 caixas de animais vivos desta espécie importadas para a ilha de São Miguel por ano. Também foram questionados 77 pescadores amadores que são os principais clientes deste produto, tendo-se verificado que cerca de 1/3 destes atira os restos do material biológico para o mar. As amostragens realizadas nas imediações dos locais frequentados por estes pescadores (Fig. 7), onde foram colectados 177 poliquetas nereídeos, resultaram infrutíferas relativamente à presença desta espécie revelando que ainda não se estabeleceu na região. O risco associado a esta entrada potencial poderá ser reduzido aplicando medidas simples como as de educar estes pescadores para a adopção de um método mais apropriado para descartar as amostras e adaptar legislação restritiva da entrada de espécies não indígenas para utilização como isco.

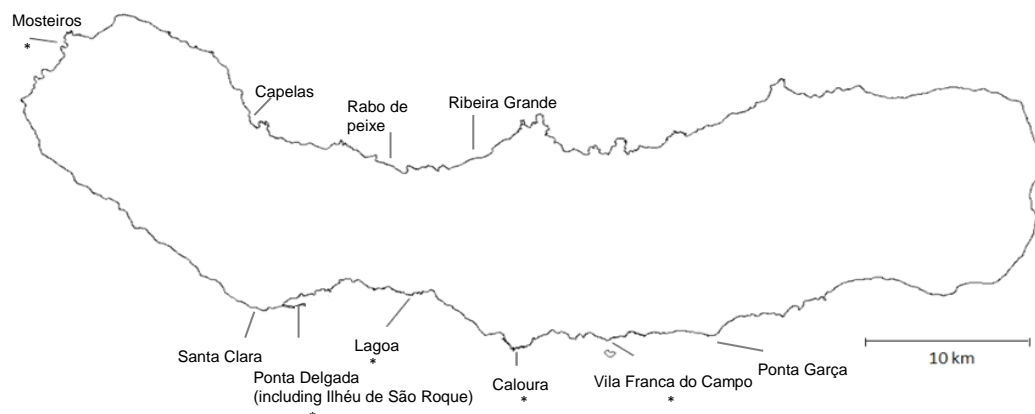
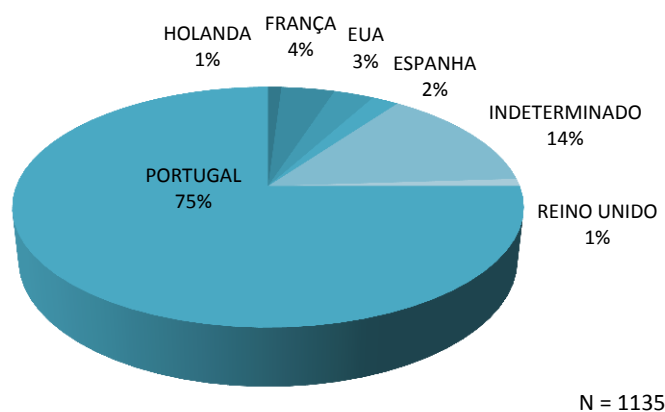


Figura 7. Locais de prática de pesca lúdica, amostrados em São Miguel para prospecção da presença de poliquetas não indígenas (adaptado de Micael et al. 2016).

4.2 | Tráfego marítimo

O conhecimento sobre as potenciais vias de introdução das espécies não indígenas identificadas indica o tráfego marítimo como principal vector, com 32% das espécies potencialmente introduzidas através de águas de lastro e 33% através de incrustação em cascos de embarcações. Os navios cujas rotas incluem o arquipélago dos Açores são maioritariamente de circulação interna ao próprio arquipélago, fazendo também percursos entre as ilhas e Portugal continental (Figs. 8 e 9).

A. Porto de Ponta Delgada



B. Volume de Tráfego - Porto de Ponta Delgada

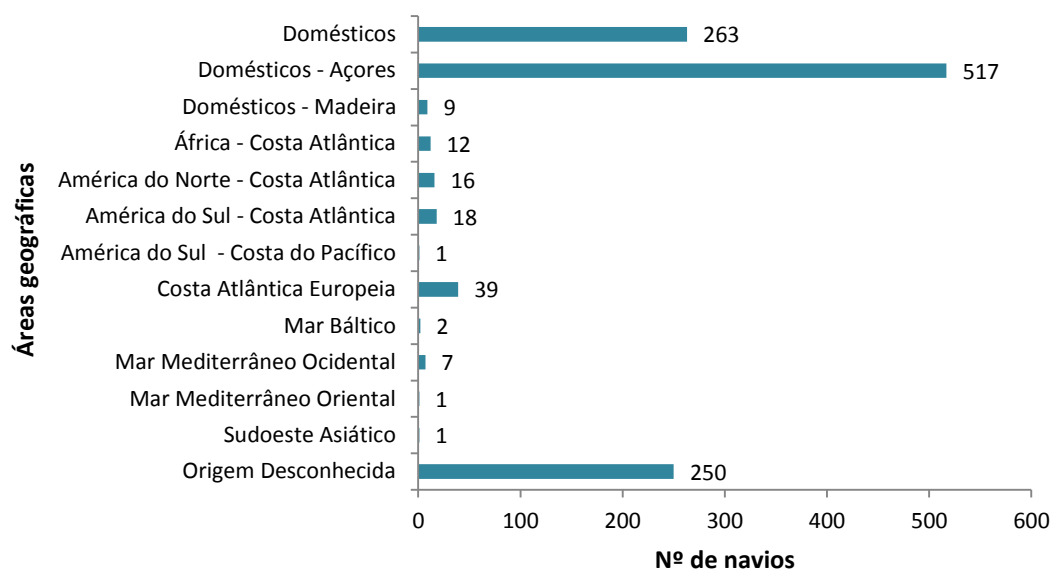


Figura 8. Países (A) e regiões geográficas (B) do porto de origem dos navios comerciais que atracaram no Porto de Ponta Delgada entre 2006 e 2008.

Volume de Tráfego - Marina de Ponta Delgada

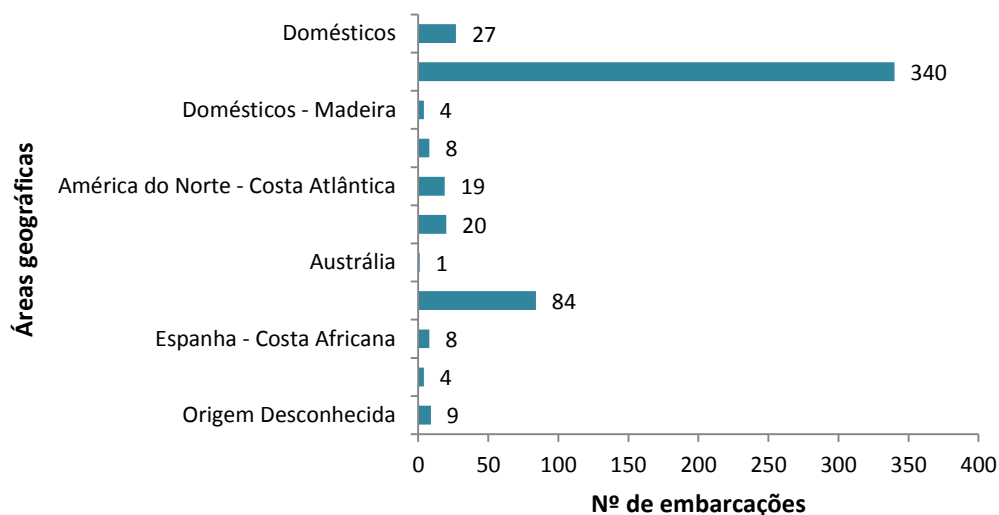


Figura 9. Regiões do porto de origem das embarcações de recreio que entraram na marina de Ponta Delgada entre 2006 e 2008.

4.3 | Condições ambientais

Os valores de salinidade em mar aberto no arquipélago dos Açores variam entre 34,9 e 36,9. Valores de salinidade, pH e temperatura determinados na marina de Vila Franca e marina nova de Ponta Delgada durante o projeto Inspect são apresentados nas Figs 10 e 11.

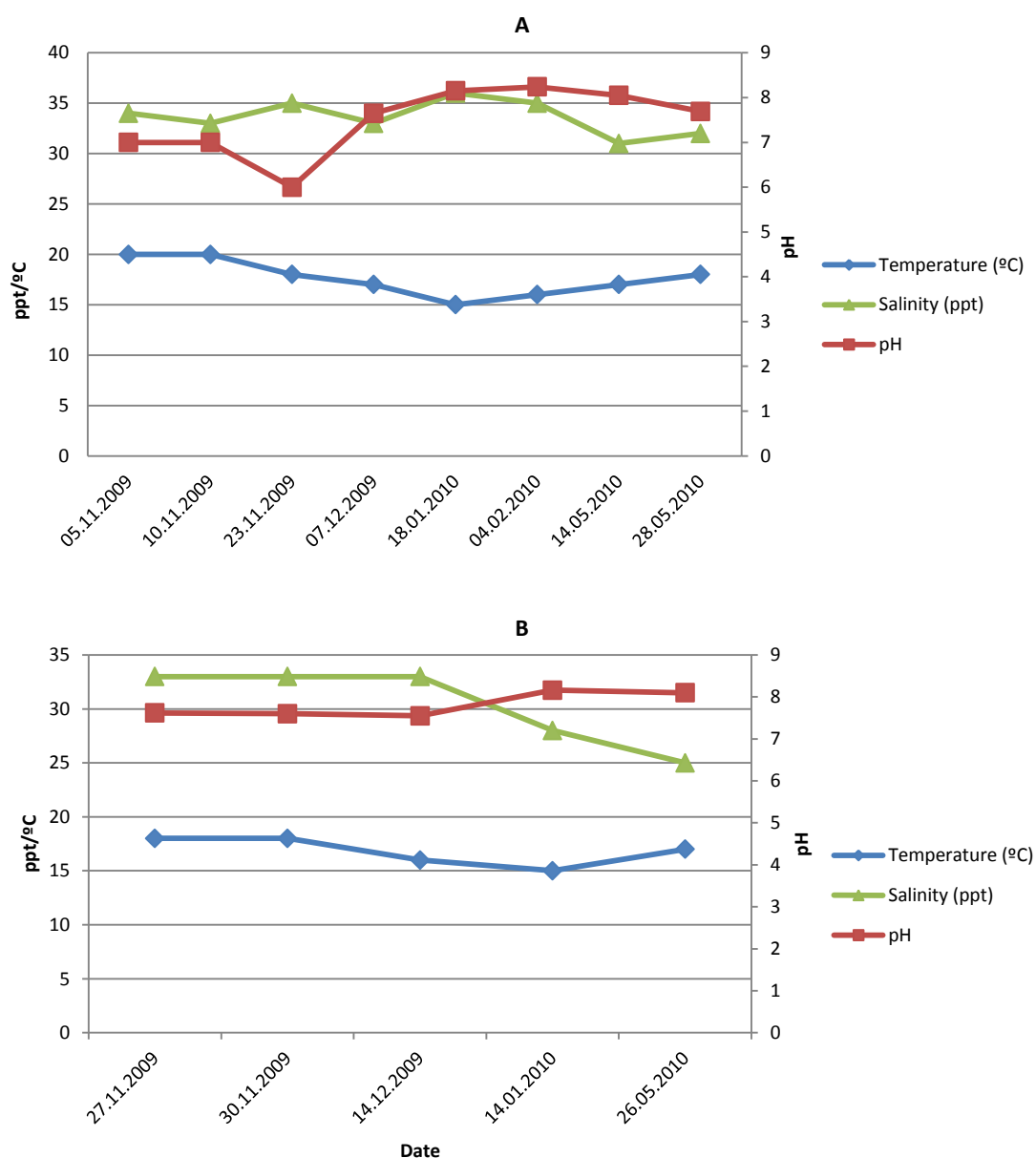


Figura 10. Temperatura, salinidade e pH da água na marina de Vila Franca do Campo (A) e na marina nova de Ponta Delgada (B) obtidas durante o projeto Inspect (Hipólito et al, 2010).

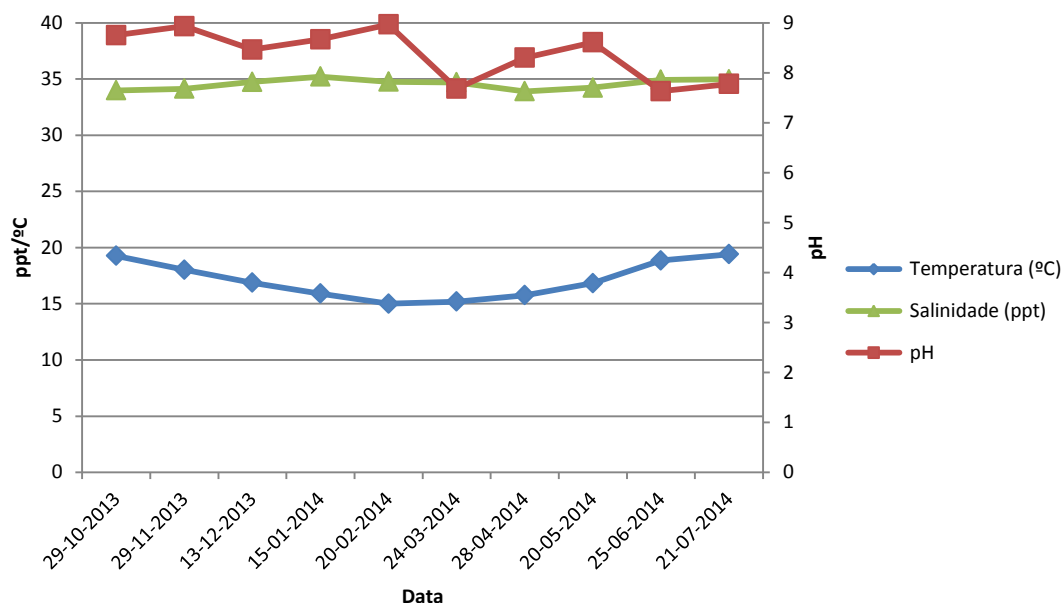


Figura 11. Temperatura, salinidade e pH da água na marina de Ponta Delgada (poente) obtidas durante o projeto ASMAS.

Os valores médios e extremos anuais e mensais da temperatura da água do mar à superfície (por observação às 09 UTC) no Arquipélago dos Açores correspondem a médias anuais de 18,4°C, máxima registada de 25,6°C e mínima de 12,0°C (Instituto Hidrográfico, 2010). Os valores médios mensais variam entre 15,2°C e 22,7°C. Os valores mais elevados de temperatura são registados nos meses de Verão enquanto os mais baixos são registados no Inverno. Na Tabela II, encontram-se os valores médios de temperatura da água do mar à superfície representada por ilha. Em termos de variação espacial, existe uma diferença de cerca de 1,4°C entre os valores máximos e mínimos das médias de SST registados para as diversas ilhas (Instituto Hidrográfico, 2010), decrescendo os valores maioritariamente numa orientação NW-SE (Martins et al. 2007). De acordo com os dados fornecidos pelo Departamento de Oceanografia e Pescas (projeto SIG MAR), representativos de um período entre 2002 e 2013, os valores de SST variam entre valores mínimos de 13,5°C e valores máximos de 24,6°C.

Os valores de pH registados na água do mar para o arquipélago dos Açores, variam entre os 7,9 e os 8,1, pelo que apresentam valores adequados à produtividade de uma diversidade de espécies.

Os valores de clorofila *a* na região dos Açores, entre 2002 e 2013 e de acordo com as médias anuais variaram entre 0,04 e 0,73 mg/m³.

Tabela II. Temperatura da água do mar à superfície às 09 UTC no Arquipélago dos Açores (1971-2000).

	FLORES			GRACIOSA			SÃO JORGE			PICO			TERCEIRA			SÃO MIGUEL			SANTA MARIA		
	T _{média}	T _{máxima}	T _{mínima}	T _{média}	T _{máxima}	T _{mínima}	T _{média}	T _{máxima}	T _{mínima}	T _{média}	T _{máxima}	T _{mínima}	T _{média}	T _{máxima}	T _{mínima}	T _{média}	T _{máxima}	T _{mínima}	T _{média}	T _{máxima}	T _{mínima}
Janeiro	16,0	18,2	13,6	16,0	17,0	15,0	16,0	17,7	15,0	16,3	17,6	14,4	15,7	18,5	13,6	16,1	18,0	14,8	16,5	18,6	14,4
Fevereiro	15,6	17,4	13,4	15,5	17,0	14,0	15,7	16,7	14,7	15,9	17,2	14,8	15,2	17,0	13,6	15,6	17,0	14,4	16,0	18,5	14,0
Março	15,6	17,5	13,6	15,5	17,0	14,0	15,6	17,1	14,2	16,2	17,6	14,8	15,2	17,5	13,7	15,5	16,4	14,2	16,1	17,8	14,2
Abril	15,9	18,3	13,8	16,0	18,0	15,0	16,1	17,5	14,6	16,5	18,0	15,0	15,4	17,2	13,8	15,8	17,6	14,2	16,5	18,0	14,4
Mai	17,0	19,7	15,0	16,8	19,0	15,0	16,6	18,0	15,4	17,3	18,6	16,0	16,1	18,6	13,8	16,6	19,4	14,8	17,3	20,0	15,1
Junho	18,8	21,5	16,1	18,2	21,0	16,0	18,3	21,0	16,0	18,7	20,8	16,6	17,4	19,4	15,2	18,2	21,2	16,0	18,9	22,0	16,4
Julho	21,2	24,4	17,5	20,6	23,0	18,0	20,4	23,0	17,0	20,8	22,6	18,0	19,1	21,0	16,6	20,4	24,0	18,0	21,0	24,0	17,8
Agosto	22,5	25,2	20,0	22,1	25,5	20,0	21,9	24,3	20,0	22,3	24,4	19,8	20,6	22,6	18,6	21,8	24,0	19,0	22,7	25,0	20,5
Setembro	22,0	24,2	18,9	22,1	24,0	20,0	21,9	23,8	20,0	22,1	24,2	20,5	20,9	22,7	19,0	21,7	24,2	19,0	22,7	25,6	20,8
Outubro	20,4	23,1	17,4	20,6	22,4	19,0	20,6	22,6	18,6*	21,0	23,0	18,8	19,8	22,1	17,5	20,4	22,2	18,0	21,3	23,5	18,6
Novembro	18,5	21,8	15,6	18,8	22,0	16,0	18,8	21,8	15,5	19,4	22,0	17,0	18,2	21,2	16,3	18,8	22,0	17,0	19,3	22,0	16,8
Dezembro	17,0	19,7	14,5	17,2	20,0	15,0	17,3	20,1	15,4	17,5	20,0	16,2	17,0	20,4	14,3	17,3	20,0	12,0	17,9	20,0	15,0
ANUAL	18,4	25,2	13,4	18,4	25,5	14,0	18,4	24,3	10,6	18,9	24,4	14,4	17,5	22,7	13,6	18,3	24,2	12,0	18,9	25,6	14,0

Fonte: Instituto Hidrográfico, 2010

4.4 | Áreas de entrada de NIS

As áreas de entrada de NIS são por excelência (considerando que os principais vetores de entrada na região as incrustações dos cascos das embarcações de recreio) os portos, em particular as marinas (Fig. 12). O cruzamento da dimensão das mesmas (Tabela III) com o seu tráfego (dados solicitados a aguardar receção) e com os dados conhecidos da sua biodiversidade permitirá não só avaliar quais os principais pontos de entrada como também avaliar o risco para as suas áreas limítrofes.

Tabela III. Áreas de entrada de espécies não indígenas.

Ilha	Marina/Porto	Localização	Capacidade (nº emb)
FLO	Lajes das Flores	39°22'47"N 031°10'09"W	50
FAI	Horta	38° 31'53"N 028°37' 50"W	300
PIC	Lajes do Pico	38°23'54"N 028°15'16"W	60
SJO	Velas	38°40'48" N 028°12'10" W	76
TER	Angra do Heroísmo	38°40'09" N 027°13'01" W	260
TER	Praia da Vitória	38°43'48"N 027°03'27"W	210
SMI	Ponta Delgada	37°44'12" N 025°39'40" W	640
SMI	Vila Franca do Campo	37°42'49"N 25°25'46" W	125
SMA	Vila do Porto	36°56'45" N 025°08'54" W	120
SJO	Calheta	38°36'06"N 028°00'57"W	-
PIC	Cais do Pico (São Roque)	38°31'85"N 028°19'16"W	-
PIC	Madalena	38°32'2"N 028°31'80"W	-
GRA	Santa Cruz da Graciosa	39°05'22"N 028°00'44"W	-
GRA	Vila da Praia	39°03'25"N 027°57'97"W	-
COR	Vila Nova do Corvo	39°40'3"N 031°06'7"W	-
FLO	Santa Cruz das Flores	39°27'00"N 031°07'0"W	-

Na base de dados Atlantis não há muitos dados de distribuição das espécies marinhas não indígenas pelo que houve necessidade de fazer levantamento bibliográfico detalhado e exaustivo da georreferenciação das NIS marinhas, o que foi efectuado através da análise detalhada da informação bibliográfica, e de pesquisa nas bases de dados e coleções anteriores (eg. LusoMarBol, Macrobiomol). Apresenta-se como exemplo a informação cartográfica já compilada que resulta deste trabalho, para as espécies invasoras e outras não indígenas seleccionadas e para o conjunto de macroalgas não indígenas. Esta informação está a ser cruzada com informação de tráfego para estabelecer zonas de risco.

5 | DEFINIÇÃO DE METODOLOGIAS

Foi ainda executada a Tarefa 3.1 correspondente à adequação de metodologias aplicar para a monitorização (Ação 3.1.1 e 3.1.2) – Detalhar de acordo com a proposta e o com o que foi feito. Para a monitorização das NIS foram selecionados e considerados prioritários em termos de monitorização, os locais que já tinham sido alvo de estudo prévio (marinas de São Miguel e Santa Maria; Faial – *Caulerpa webbiana*, Santa Maria – *Phorcus sauciatatus*, São Miguel – *Amathia verticillata*), por forma a obter alguma comparação relativa ao número de espécies existentes, e considerar a possibilidade de registo de novas introduções de espécies. Adicionalmente aos protocolos já aplicados anteriormente noutros projetos, a metodologia aplicada pressupõe a quantificação de espécies através do método de fotoquadrados e determinação da biomassa, em termos de raspagens efectuadas nos substratos dominantes (dependentes dos existentes nas diversas marinas). Realização de 5 fotoquadrados em cada tipo de substrato dominante na marina, bem como a realização de 3 raspagens. Para além do tipo de substrato foi tido em conta o nível de exposição, pelo que foram efectuadas leituras/registos, num mesmo tipo de substrato, mas com maior nível de exposição (ex. lateral exterior), ou menor nível de exposição (ex. lateral interior (no mesmo passadiço, mas entre blocos)).

A metodologia a adoptar, em relação às espécies marinhas invasoras foi adaptada de modo a se enquadrar no programa nacional de monitorização NISPOR. Em particular relativamente à avaliação do estado atual e monitorização periódica da extensão e severidade da invasão da *Caulerpa webbiana*, pretende-se avaliar o estado atual (levantamento da área de distribuição) e monitorizar a extensão e severidade da invasão da *C. webbiana* de forma a atualizar os dados de distribuição mais recentes (2012) e avaliar a progressão da sua proliferação nas áreas circundantes e adjacentes à baía da Horta. Pretende-se que esta metodologia forneça informação respeitante aos indicadores Aichi-Nagoya – Meta estratégica B, objetivo 9 enquadrando-se nas metas ambientais Azo. 5, MEA04-D, MO07-III. A monitorização deverá ser realizada durante o período entre Junho e Setembro recorrendo a mergulho com escafandro autónomo, e se possível a DPVs e boias com unidades de GPS. Em mais detalhe pretende-se identificar os atuais limites de distribuição de *C. webbiana*, usando como referência os últimos dados disponíveis, e inspecionar áreas adjacentes aos limites conhecidos de distribuição, com particular interesse nos Portos e Marinas com tráfego regular com o Porto e/ou Marina da Horta; prospectar regularmente

portos/marinas (e áreas adjacentes) da Horta, Madalena, S. Roque e Velas para averiguar da presença desta espécie; georreferenciar ocorrências de *C. webbiana* e atualizar mapas de distribuição, bem como promover ações de sensibilização junto de operadores turísticos de atividades subaquáticas (Grupo Central) para disponibilizar informação relativa à ocorrência de *C. webbiana*, e criar calendário de contacto para levantamento de avistamentos.

Foi também adequada a metodologia para a avaliação do estado atual de distribuição e limites de ocorrência de *C. webbiana* a profundidades para além do limite de mergulho recreativo (40 m), de modo a identificar possíveis impactos e avaliar a profundidade que servirá de barreira natural à dispersão de *C. webbiana*. Esta metodologia encontra-se detalhada na ação A8 do plano de ação já entregue, mas a sua implementação dependerá grandemente dos meios disponíveis para a sua realização.

É também necessário conhecer a evolução da situação da espécie invasora no arquipélago *Amathia verticillata*, assim pretende-se avaliar a evolução da invasão e propor medidas de controlo da mesma, fornecendo. A metodologia a aplicada deverá fornecer informação respeitante aos indicadores Aichi-Nagoya – Meta estratégica B, objectivo 9 enquadrando-se nas metas ambientais Azo. 5, MEA04D, MO07-III. Pretende-se efetuar uma prospeção dirigida a *A. verticillata* em todas as marinas e portos da RAA e nas áreas vizinhas a estes (apneia e/ou mergulho); determinar a abundância (% cobertura e/ou biomassa) de *A. verticillata* nas marinas onde está estabelecida; efetuar estudos acerca da influência da variação da salinidade no crescimento e propagação de *A. verticillata*; aplicar modelos de dispersão e fazer prospeções anuais em áreas de maior risco, identificadas no decorrer desta monitorização, bem como desenvolver um protocolo de atuação rápida para eliminação/redução do efetivo populacional da espécie no início de novas invasões.

Relativamente à avaliação do estado atual e monitorização periódica da extensão e severidade da invasão de *Phorcus sauciatatus*, pretende-se estimar o efetivo populacional de forma sistemática, ao longo da costa da ilha de Santa Maria e manter essa informação atualizada. Pretende-se que esta metodologia forneça informação respeitante aos indicadores Aichi-Nagoya – Meta estratégica B, objectivo 9 enquadrando-se nas metas ambientais Azo. 5, MEA04D, MO07-III. Deverá se reunida a informação existente (localização das populações, taxa de crescimento estimada, velocidade estimada de dispersão) com base nos registos anteriores; percorrer a linha de costa e avaliar a presença/ausência de novas populações de *P. sauciatatus*; estimar o efetivo

populacional de *P. sauciatatus* através do método de marcação com captura/recaptura; efetuar estudos de estrutura populacional nomeadamente por medição de exemplares, bem como disponibilizar a nova informação recolhida nas campanhas anuais ao gestor da base de dados.

6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso P., Porteiro F. M., Fontes J., Tempera F., Morato T., Cardigos F. & Santos R. S. 2013. New and rare coastal fishes in the Azores islands: occasional events or tropicalization process? *Journal of fish biology* 83(2): 272-294.
- Amat J. N. & Tempera F. 2009. *Zoobotryon verticillatum* Della Chiaje, 1822 (Bryozoa), a new occurrence in the archipelago of the Azores (North-Eastern Atlantic). *Marine Pollution Bulletin* 58 (5): 761-764.
- Ardre F., Boudouresque C.-F. & Cabio'h J. 1974. Pré'sence remarquable du *Symphyclocladia marchantioides* (Harvey) Falkenberg (Rhodomélacéens, Cérámiales) aux Açores. *B Soc Phyc Fr* 19: 179-183.
- Ashton G. 2006. Rapid assessment of the distribution of marine non-native species in marinas in Scotland. *Aquatic Invasions* 1: 209-213.
- Athanasiadis A. & Tittley I. 1994. Antithamnoid algae (Rhodophyta, Ceramiaceae) newly recorded from the Azores. *Phycologia* 33: 77-80.
- Ávila S. P., Azevedo J. M. N., Gonçalves J. M., Fontes J. & Cardigos F. 1998. Checklist of the shallow-water marine molluscs of the Azores: 1 - Pico, Faial, Flores and Corvo islands. *Açoreana* 8(4): 487-523.
- Ávila S. P., Madeira P., Rebelo A. C., Melo C., Hipólito A., Pombo J., ... & Cordeiro R. 2015. *Phorcus sauciatatus* (Koch, 1845)(Gastropoda: Trochidae) in Santa Maria, Azores archipelago: the onset of a biological invasion. *Journal of Molluscan Studies* 81: 516-521.
- Backhuys W. 1975. Zoogeography and taxonomy of the land and freshwater molluscs of the Azores.
- Boury-Esnault N. & Lopes M. T. 1985. Les Démosponges littorales de l'Archipel des Açores. *Annales de l'Institut océanographique* 61(2): 149-225.
- Borja A, Elliott M, Andersen JH., Cardoso AC, Carstensen J, Ferreira JG, Heiskanen A-S, Marques JC., Neto JM, Teixeira H, Uusitalo L, Uyarra MC, Zampoukas N, Prins T, Simbora N, Berg T, Papadopoulou N, Reker J, Menchaca I (2015) Report on potential Definition of Good Environmental Status Deliverable 6.2, DEVOTES Project. 62 pp.
- Cardigos F., Tempera F., Ávila S., Gonçalves J., Colaço A. & Santos R. S. 2006. Nonindigenous marine species of the Azores. *Helgoland Marine Research* 60: 160-169.
- Castro M. L. & Viegas M. C. 1987. Contribuição para o estudo da zona intertidal (substrato rochoso) da ilha de São Miguel-Açores. Fácies de *Corallina elongata* Ellis & Solander. Resultados preliminares. *Cuadernos Marisqueros* 11: 59-69.
- Chainho P., Fernandes A., Amorim A., Ávila S. A., Canning-Clode J., Castro J. J., Costa A. C., Costa J. L., Cruz T., Gollasch S., Grazziotin-Soares C., Melo R., Micael J., Parente M. I., Semedo J., Silva T., Sobral D., Sousa M., Torres P., Veloso V. & Costa M. J. 2015. Non-indigenous species in Portuguese coastal areas, coastal lagoons, estuaries and islands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* xxx: 1-13.
- Cornelius P. 1992. The Azores hydroid fauna and its origin, with discussion of rafting and medusa suppression. *ArquipélagoLife and Marine Sciences*. 10: 75-100.
- Davies A. J. & Guinotte J. M. 2011. Global habitat Suitability for Framework-Forming Cold-Water Corals. *PLoS ONE* 6(4): e18483. doi:10.1371/journal.pone.0018483.
- Diego C. M. & Pérez-Ruzafa A. 1993. Criterios para la selection de zonas para la acuicultura. In: Aulas del Mar. Acuicultura – Cultivo y alimentación de peces y moluscos. Universidad de Murcia, 247- 277.
- Floerl O., Inglis G. J. & Hayden B. J. 2005. A risk-based predictive tool to prevent accidental introductions of nonindigenous marine species. *Environmental Management* 35(6): 765-778.
- Fredericq S., Serrão E. & Norris J. 1992. New records of marinered algae from the Azores. *Archipelago, Life and Earth*

Sciences 10: 1–4.

- Gain L. 1914. Algues provenant des campagnes de “1’Hirondelle II” (1911–1912). *Bull Inst Ocianogr* 279: 1–23.
- Gillon A., Costa A. C. & Micael J. 2016. Caprella scaura Templeton, 1836: an invasive caprellid new to the Azores archipelago. *Marine Biodiversity* 1-12.
- Gollasch S. 2002. The importance of ship hull fouling as a vector for species introduction into the North Sea. *Biofouling* 18: 105-121.
- Gray D. K., Duggan I. C. & MacIsaac H. J. 2006. Can sodium hypochlorite reduce the risk of species introductions from diapausing invertebrate eggs in non-ballasted ships? *Marine Pollution Bulletin* 52: 689-695.
- Gruvel A. 1920. Cirripédes. Résultats des Campagnes Scientifiques Accomplies sur son Yacht par Albert 1er. *Prince Souverain de Monaco* 53: 1–88.
- Hipólito P., Torres P., Costa A., Chainho P. & Costa M. J. 2010. Aspects of the biology of the invasive species Zoobotryon verticillatum (Della Chiaje, 1822) at São Miguel Island, Azores, XVI Simpósio Ibérico de Estudos de Biologia Marinha (SIEBM), Alicante, Espanha, September
- Instituto Hidrográfico 2010. Roteiro da Costa de Portugal - Arquipélago dos Açores Volume I e II edição 3. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional, Marinha, Lisboa.
- Lawson T. B. 1995. Fundamentals of Aquacultural Engineering. Chapman & Hall, NewYork, USA, 335 pp.
- Longhursts A. R., Harrison W. G. 1989. The biological pump: Profiles of plankton production and consumption in the upper ocean. *Progress in Oceanography* 22: 47-123.
- Marina J. G., Micael J. & Costa A. C. 2015. A new non-indigenous species report: Cionaintestinalis (Linnaeus, 1767) in Vila Franca do Campo marina. Seminar Marine Non-Indigenous Species. 18th February, University of the Azores, Ponta Delgada, Portugal. Poster communication.
- Martins A. M., Amorim A. S. B., Figueiredo M. P., Sousa R. J., Mendonça A. P., Bashmachnikov I. L. & Carvalho D.S. 2007. Sea Surface Temperature (AVHRR, MODIS) and Ocean Colour (MODIS) seasonal and interannual variability in the Macaronesian islands of Azores, Madeira, and Canaries. *Proc. of SPIE* Vol. 6743.
- Micael J., Marina J. G., Costa A. C. & Occhipinti-Ambrogi A. 2014. The non-indigenous Schizoporella errata (Bryozoa: Cheilostomatida) introduced into the Azores Archipelago. *Marine Biodiversity Records* 7: 133.
- Micael J., Sonsona R. & Costa A. C. 2016. The potential of marine live-bait introductions into oceanic islands. *Journal of Coastal Conservation* 20(2): 157-164.
- Micael J., Jardim N., Nuñez C., Occhipinti A. & Costa A. C. 2016 Some Bryozoa species recently introduced into the Azores: reproductive strategies as a proxy for further spread. *Helgoland Marine Research* 70(1) DOI: 10.1186/s10152-016-0458-7.
- Monniot C. 1971. Quelques ascidies infralitorales de Sao Miguel (Azores). *Bulletin du Muséum National D'Histoire Naturelle, Paris* 2(42): 6.
- Monniot C. 1974. Ascidies littorales et bathyales récoltées au cours de la campagne Biaçores: Phlébobranches et Stolidobranches. *Ile3*, P4.
- Monniot C. & Monniot F. 1994. Additions to the inventory of eastern tropical Atlantic ascidians; arrival of cosmopolitan species. *Bulletin of Marine Science* 54(1): 71-93.
- Morton B. 1967. Malacological report. In: Final Report of the Chelsea College, Azores Expedition. Chelsea College, University of London, pp. 30 - 39.
- Morton B., Britton J. C. & Martins A. D. F. 1998. Ecologia costeira dos Açores. Sociedade Afonso Chaves, Ponta Delgada.
- Morton B. & Britton J. C. 2000. Origins of the Azorean intertidal biota: the significance of introduced species, survivors of chance events. *ArquipélagoLife and MarineSciences* (Suppl. 2): 29-51.
- Neto A. I. 1989. Algas marinhas do litoral da ilha Graciosa. Graciosa/88. Relatório preliminar. Relatório e Comunicações do Departamento de Biologia da Universidade dos Açores 17:61–65
- Nobre A. 1930. Materiais para o estudo da Fauna dos Açores. Instituto de Zoologia da Universidade dos Açores. 108pp.
- Raposeiro P. M., Ramos J. C. & Costa A. C. 2009. First record of Branchiura sowerbyi Beddard, 1892 (Oligochaeta: Tubificidae) in Azores. *Aquat. Invasions* 4: 487-490.
- Rivera C. E. de, Steves B. P., Ruiz G. M., Fofonoff P. & Hines A. H. 2006. Northward spread of marine nonindigenous species along western north america: forecasting risk of colonization in alaskan waters using environmental niche modeling. PWSRCACUSFW Service, editor.
- Ruiz G. M., Fofonoff P. W., Carlton J. T., Wonham M. J. & Hines A. H. 2000. Invasion of coastal marine communities in

- North America: apparent patterns, processes, and biases. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31: 481-531.
- Occhipinti-Ambrogi A., Marchini A., Cantone G., Castelli A., Chimenz C., Cormaci M., Froglià C., Furnari G., Gambi M. C., Giaccone G., Giangrande A., Gravili C., Mastrototaro F., Mazziotti C., Orsi-Relini L. & Piraino S. 2011. Alien species along the Italian coasts: an overview. *Biological Invasions* 13: 215–237.
- Olyarnik S. V., Bracken M. E., Byrnes J. E., Hughes A. R., Hultgren K. M. & Stachowicz J. J. 2009. Ecological factors affecting community invasibility. In *Biological invasions in marine ecosystems*. pp. 215-238. Springer Berlin Heidelberg.
- OSPAR Commission. 2011b. Report of the OSPAR/MSFD workshop on approaches to determining GES for biodiversity. Workshop hosted by the Netherlands at the Ministry of Infrastructure and Environment in Utrecht, 23-24 November, 2010. ISBN 978-1-907390-94- 4. 56 pp.
- Peterson A. T. & Vieglais D. A. 2001. Predicting Species Invasions Using Ecological Niche Modeling: New Approaches from Bioinformatics Attack a Pressing Problem A new approach to ecological niche modeling, based on new tools drawn from biodiversity informatics, is applied to the challenge of predicting potential species' invasions. *BioScience* 51(5): 363-371.
- Santos M., Costa P. R., Porteiro F. M. & Moita M. T. 2014. First report of a massive bloom of *Alexandrium minutum* (Dinophyceae) in middle North Atlantic: A coastal lagoon in S. Jorge Island, Azores. *Toxicon* 90: 265-268.
- Schmidt O. C. 1929. Beiträge zur Kenntnis der Meeresalgen der Azoren II. *Hedwigia* 69: 165–172.
- Southward A. J. 1998. New observations on barnacles (Crustacea: Cirripedia) of the Azores Region. *Arquipélago Life and Marine Sciences* 16A: 11-27.
- Tempera F., Afonso P., Morato T., Prieto R., Silva M., Cruz A., Gonçalves J. & Serrão Santos R. 2001. Comunidades Biológicas dos Sítios de Interesse Comunitário do Canal Faial-Pico. Departamento de Oceanografia e Pescas da Universidade dos Açores, Horta.
- Tidwell J. H. 2012. Functions and characteristics of all aquaculture systems. In: Tidwell, J. *Aquaculture Production Systems*, pp. 51-63.
- Tittley I. & Neto A. I. 1994. Expedition Azores 1989: benthic marine algae (seaweeds) recorded from Faial and Pico. *Arquipélago* 12A: 1–13.
- Tittley I. & Neto A. I. 2005. The marine algal (seaweed) flora of the Azores: additions and amendments. *Botanica Marina* 48(3): 248-255.
- Tittley I., Neto A. I. & Parente M. I. 2009. The marine algal (seaweed) flora of the Azores: additions and amendments 3. *Botanica Marina* 52(1): 7-14.
- Torres P., Costa A. C. & Dionísio M. A. 2011. New alien barnacles in the Azores and some remarks on the invasive potential of Balanidae. *Helgoland Marine Research* 66: 513–522.
- Wallenstein F. M. 2011. Rocky Shore Macroalgae Communities of the Azores (Portugal) and the British Isles: a Comparison for the Development of Ecological Quality Assessment Tools. PhD thesis, School of Life Sciences, Heriot-Watt University, Edinburgh, Scotland, UK.
- Williams S. L. & Smith J. E. 2007. A global review of the distribution, taxonomy, and impacts of introduced seaweeds. - *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 38: 327–359.
- Xavier J. R. & Costa A. C. 2010. Porifera. In: Borges P. A. V., Costa A., Cunha R., Gabriel R., Gonçalves V., Martins A. F., Melo I., Parente M., Raposeiro P., Rodrigues P., Santos R. S., Silva L., Vieira P., Vieira V. (eds.). A list of the terrestrial and marine biota from the Azores, pp. 297-299, Princípiã, Cascais, 432 pp.
- Zibrowius H. & Bianchi C. N. 1981. *Spirorbis marioniet*, *Pileolaria berkeleyana*, Spirorbidae exotiques dans les ports de la Méditerranée nord-occidentale. *Rapport-verb. reun. Commis. Int. Explor. Sci. Mer. Mediterr. Monaco* 27: 163-164.

ANEXO I

Protocolo

1. Estimativa do nível de “fouling” (adaptação da escala de Floerl et al. 2005)

Níveis da escala:

Nível	Descrição	Estimativa de cobertura
0	Nenhuma incrustação visível. Casco totalmente limpo, sem biofilme.	zero
1	Íncio de “fouling”. Áreas de casco parcialmente ou totalmente coberto de biofilme, mas ausência de macro-fouling.	zero
2	“fouling” ligeiro. Casco coberto de biofilme e 1-2 manchas muito pequenas de macro-fouling (apenas um taxon).	1–5 % do casco
3	Incrustações consideráveis. Presença de biofilme, e macro-fouling ainda irregular, mas claramente visível e composto por um ou mais taxa.	6–15 % do casco
4	Incrustações extensivas. Presença de biofilme e incrustações abundantes compostas mais que um grupo taxonómico.	16–40 % do casco
5	Incrustações extensivas. Maioria da superfície do casco coberta.	41–100 % do casco

2. Recolha fotográfica

- fotoquadrados (200x200 mm, n=3) em cada uma das 3 principais zonas da embarcação (proa, centro, popa).
- em cada fotoquadrado anotar uma observação qualitativa das condições da pintura (bom, médio, mau estado)

Estado da pintura

Bom	não se encontram imperfeições
Médio	pequenas rachas e um reduzido desgaste de tinta visível nas camadas de base
Mau	áreas sem pintura e/ou casco nu

3. Amostragem do “fouling”

Em cada quadrado fotografado, os organismos devem ser cuidadosamente raspados com espátulas metálicas para um saco de amostragem devidamente etiquetado.

Na impossibilidade de triar e identificar o material biológico de imediato, as amostras devem ser preservadas em álcool 96% até à sua identificação.

ANEXO II

QUESTIONÁRIO

Este questionário foi desenvolvido para recolher informações sobre a embarcação, o seu casco e o seu historial de manutenção (projeto ASMAS).

DATA:

1. Identificação da embarcação:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1.1 - Nome - | 1.4 - Localização da doca-seca - |
| 1.2 - Nacionalidade - | 1.5 - Material do casco - |
| 1.3 - Porto de residência - | 1.6 - Comprimento da embarcação - |

2. Espécies exóticas:

- | |
|---|
| 2.1 - Já ouviu falar sobre a introdução de espécies exóticas? (sim; não) |
| 2.2 - Já ouviu falar sobre os problemas associados à introdução de espécies exóticas?
(sim; não) |

3. Movimentação da embarcação:

- | |
|---|
| 3.1 - A que distância geralmente se desloca da sua marina de residência (em milhas náuticas)?
(10; 50; 100; 500; 1000; mais) |
| 3.2 - Onde foi a última atracagem? |
| 3.3 - Quando foi a última atracagem? |
| 3.4 - Onde foram as últimas viagens? |
| 3.5 - Com que frequência atraca numa marina (que não seja a sua marina habitual)?
(tempo max.: 24h; 3 dias; 1 semana; 1 mês; mais) |

4. Doca seca:

- 4.1 - Qual o local da doca-seca que utiliza?
- 4.2 - Quantas vezes por ano coloca o seu barco em doca seca?
(menos de 1 x por ano; 1 x; 2 x; 3 x; mais)
- 4.3 - Remove as incrustações do casco entre docas secas? (sim; não)
- 4.4 - Com que frequência remove as incrustações do casco entre docas secas?
(menos de 1 x por ano; 1 x; 2 x; 3 x; mais)

5. Tinta anti-vegetativa:

- 5.1 - Utiliza tinta anti-vegetativa para manter o casco da sua embarcação limpo de organismos incrustantes? (sim; não)
- 5.2 - Sabe o nome da tinta anti-vegetativa que utiliza?
- 5.3 - Quando foi a última renovação da tinta anti-vegetativa da sua embarcação?
- 5.4 - Com que frequência, em média, renova a tinta anti-vegetativa da sua embarcação?
- 5.5 - Recorre a um serviço de limpeza profissional? (sim; não)
- 5.6 - Que método de remoção utiliza? (ordene por ordem de frequência; 1 (menos frequente) 6 (mais frequente))
 - 5.6.1 - eléctrico/mecânico? (sim; não) ☐
 - 5.6.2 - jacto-de-água? (sim; não) ☐
 - 5.6.3 - escova? (sim; não) ☐
 - 5.6.4 - manual? (sim; não) ☐
 - 5.6.5 - espátula? (sim; não) ☐
 - 5.6.6 - outro? (sim; não) ☐
- 5.7 - Utiliza a limpeza sub-aquática (mergulho)?