

RELATÓRIO 1.2



Relatório Preliminar sobre estado actual do conhecimento

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, Direcção Regional dos Assuntos do Mar

Elaborado por: CIBIO/Universidade dos Açores

Citação: Costa, A.C., Parente, M., Micael, J., Gabriel, D., Botelho, A.Z., Monteiro, J., Ávila, S., Fontes, J. (2016). PIMA -Relatório Preliminar sobre estado actual do conhecimento. CIBIO, Universidade dos Açores/ Fundação Gaspar Frutuoso. 70 pp.

Data: abril 2016

INDICE

1 ÂMBITO	1
2 INTRODUÇÃO.....	2
3 METODOLOGIA.....	3
4 PROJETOS SOBRE ESPÉCIES MARINHAS NÃO INDÍGENAS NOS AÇORES	5
4.1 INVASORAS - <i>Caulerpa webbiana</i>	5
4.2 SEAPROLIF - Diversity and functioning of coastal marine biomes under siege: implications of SEAweed PROLIFerations across three oceans	13
4.3 INSPECT (PTDC/MAR/73579/2006)	17
4.3.1 Metodologias	17
4.3.1.1 Substratos duros	17
4.3.1.2 Águas de lastro	21
4.3.2 Resultados	23
4.4 ASMAS (M2.1.2/I/032/2011)	28
4.4.1 Macroalgas	30
4.4.2 Macroinvertebrados	32
4.4.3 Vectores	32
4.4.3.1 Incrustações	32
4.4.3.2 Isco vivo	32
4.4.4 Potencial bio-activo de espécies marinhas não indígenas presentes nos Açores	33
5 ESPÉCIES MARINHAS NÃO INDÍGENAS DOS AÇORES	34
5.1 Padrões espaciais de distribuição e origem das espécies marinhas não indígenas	46
6 VECTORES DE INTRODUÇÃO E DISPERSÃO	52
7 BIOINVASÕES MARINHAS NOS AÇORES	61
7.1 <i>Caulerpa webbiana</i>	61
7.2 <i>Amathia verticillata</i>	62
7.3 <i>Phorcus sauciatatus</i>	62
8 AÇÕES E METODOLOGIAS PARA COLMATAR LACUNAS DE CONHECIMENTO	64
9 AGRADECIMENTOS.....	67
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1 | ÂMBITO

O acréscimo de introduções de espécies marinhas não indígenas é actualmente alvo de preocupação a nível mundial, tendo motivado o desenvolvimento de diversos instrumentos no âmbito de acordos internacionais, tais como as linhas orientadoras constantes na Convenção para a Biodiversidade (1992) ratificada por Portugal, através do Decreto n.º 21/93, de 21 de junho, tendo entrado em vigor a 21 de março de 1994; na Estratégia Global para as Espécies Exóticas Invasoras (2001); na Convenção Internacional para o Controle e Gestão das Águas de Lastro e Sedimentos (2004), seguida pela Resolução A. 828(20) da Organização Marítima Internacional (IMO); e uma Comunicação da Comissão Europeia (2008) sobre espécies exóticas invasoras, a que se seguiu a regulamentação para a prevenção e gestão da introdução e propagação de espécies exóticas invasoras, através do Regulamento nº 1143/2014, tendo sido estabelecido um grupo de trabalho em espécies exóticas invasoras (WGIAS). Na Região Autónoma dos Açores está em vigor o Decreto Legislativo Regional nº 15/2012/A de 2 de abril, que visa, entre outros, limitar a introdução (acidental ou deliberada) e a disseminação de espécies não indígenas (ICNB, 2012).

O presente relatório apresenta a primeira 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 apresentado um estudo sobre o estado do conhecimento actual sobre “non-indigenous species” (NIS) e bio-invasões marinhas registadas para as águas marinhas da Região Autónoma dos Açores (RAA), com base em informação publicada e outros documentos relevantes (Tarefa 1.1; Acções 1.1.1; 1.1.2 e 1.1.3).

2 | INTRODUÇÃO

Os ecossistemas marinhos estão em constante mudança e as espécies deparam-se com cada vez menos barreiras à sua dispersão (Streftaris et al. 2005). O rápido crescimento do comércio e transporte marítimo implica que somos agora capazes de mover mais organismos pelo mundo num mês, do que éramos num século.

Uma vez que as características de uma comunidade se alteram com o aumento ou diminuição do número de espécies e a população de uma determinada espécie varia em dimensão e diversidade genética, a introdução de espécies não indígenas (NIS) num novo local pode ter consequências graves, com o ecossistema receptor a ficar sujeito a alterações na dinâmica das suas comunidades (predação e competição), isto é, alterações a diferentes níveis, tais como: (1) nas interações existentes entre as espécies ou redes tróficas; (2) na mistura de genes exóticos, ou seja, produzindo híbridos com espécies nativas e, consequentemente, mudando a diversidade biológica e genética; ou (3) na introdução de agentes patogénicos ou parasitas que podem causar diretamente a extinção de populações de hospedeiros nativos (Carlton 1999). No entanto, as consequências destas introduções marinhas em novas áreas geográficas, não se limitam a alterações que se podem observar no funcionamento dos ecossistemas e perda de biodiversidade nativa, mas podem também ter implicações a nível económico, por exemplo, os danos causados a infraestruturas, tais como a presença de incrustações em instalações industriais de produção e energia, aquacultura, estruturas de atracagem das marinas e portos, etc; e a nível da saúde pública, por exemplo, através da introdução de organismos patogénicos em zonas balneares (IMO 2000-2012).

Sendo um arquipélago oceânico remoto, as ilhas do Açores são particularmente vulneráveis às introduções marinhas, sobretudo pela sua limitada resistência biótica devido à elevada disponibilidade de nichos não preenchidos (Micael et al. 2014; Ávila et al. 2015).

3 | METODOLOGIA

Considerando que existem vários critérios que são utilizados para definir uma espécie como não indígena numa determinada região, no âmbito do presente trabalho, uma espécie é considerada não indígena (NIS) na RAA, quando:

- a) foi introduzida, intencionalmente ou não nos Açores, fora da sua área de distribuição nativa (*sensu* Rosenthal 1980; Carlton 1985; Williamson and Fitter 1996; Eno et al. 1997; Williams and Smith 2007);
- b) a sua presença nos Açores revela uma descontinuidade geográfica relativamente à sua área de distribuição nativa;
- c) está associada com vectores e/ou rotas de introdução (e.g., ocorrem incrustadas em cascos de navios ou águas de lastro, ocorrem com maior densidade em portos);
- d) é uma espécie historicamente desconhecida e é reportada como introduzida noutras regiões.

Similarmente, consideramos criptogénicas, de acordo com Carlton (1996), as espécies que não são claramente nativas nem obviamente não indígenas. A classificação como criptogénica de uma espécie poderá ser alterada de acordo com o aumento do conhecimento relativamente aos seus mecanismos de dispersão ou em função de estudos genéticos que revelem a sua origem.

Procedeu-se à realização dos trabalhos propostos na Tarefa 1.1 do PIMA e que consistem na revisão e análise do conhecimento existente e das lacunas deste, sobre NIS e bio-invasões marinhas nas águas dos Açores. Actualizou-se a lista já elaborada no âmbito do projeto ASMAS (M2.1.2/I/032/2011), indicando-se para cada espécie, ano do primeiro registo nos Açores e respectiva referência bibliográfica, bem como origem geográfica da espécie e possível vector de introdução na RAA e respectiva presença nas várias ilhas do arquipélago. A informação para cada uma das espécies foi actualizada com base em pesquisa bibliográfica sobre a presença/ocorrência e dispersão no arquipélago, bem como com informação dos projetos Atlantis Mar (M2.1.2/F/027/2011), LUSOMARBOL (PTDC/MAR/69892/2006) INSPECT (PTDC/MAR/73579/2006), MOST (PTDC/AAC-AMB/104714/2008), MACROBIOMOL (PTDC/MAR/114613/2009) e

ASMAS (M2.1.2/I/032/2011). Procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica dirigida à obtenção de dados acerca da autoecologia de espécies selecionadas, nomeadamente por consulta de informação disponível em bases de dados internacionais tais como: Information system on Aquatic Non-Indigenous and Cryptogenic Species (AquaNIS); Invasive Species Compendium (CABI-ISC); Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE); European Alien Species Information Network (EASIN); Global Invasive Species Database (GISD); National Estuarine and Marine Exotic Species Information System (NEMESIS) (Ação 1.1.1). Avaliou-se também o nível de conhecimento da situação das espécies NIS marinhas no arquipélago dos Açores em cada uma destas bases de dados.

Foi feito o levantamento da informação relevante para os Açores presente nos relatórios dos projetos nacionais e regionais com focus nas NIS marinhas (INSPECT (PTDC/MAR/73579/2006), ASMAS (M2.1.2/I/032/2011) e INVASORAS – *Caulerpa webbiana* (Santos et al. 2012) e SEAPROLIF), e nas publicações deles resultantes (ex. Chainho et al. 2011; Torres et al. 2011; Micael et al. 2014 a,b).

A sistematização dos dados está em curso, por inclusão da informação obtida na base de dados em formato FileMarker, já existente composta por 8 temáticas principais: taxonomia, historial de introdução, ocorrência no arquipélago, ecologia, impactos, gestão, referência(s) bibliográfica(s) e “hyperlinks”.

4 | PROJETOS SOBRE ESPÉCIES MARINHAS NÃO INDÍGENAS NOS AÇORES

4.1 | INVASORAS - *Caulerpa webbiana*

Em 2007, a crescente preocupação face às características desta alga e ao aumento da sua área de distribuição (Fig. 1) motivou a implementação do projeto INVASORAS – *Caulerpa webbiana* pelo Centro do IMAR da Universidade dos Açores com os objectivos de: i) avaliar de forma sistemática e exaustiva a extensão da distribuição de *C. webbiana*, e; ii) avaliar a eficiência e aplicabilidade de métodos de controlo e erradicação de *Caulerpa*, face às características locais (onde dominam fundos rochosos bastante irregulares).

Esta espécie de *Caulerpa* não apresenta características de invasora noutros locais onde ocorre (ex: Madeira, Canárias), o que poderá estar associado a um controlo natural através de predação e/ou equilíbrio ecológico. Nos Açores, os dados obtidos entre 2002 e 2008 sugerem que, sem intervenção, a expansão e aumento da sua cobertura em zonas infestadas poderá tomar proporções desastrosas. A taxa de crescimento, a resistência, a produção de toxinas e a reprodução vegetativa potencia de forma dramática a expansão da distribuição desta alga. Entre 2007 e 2008 foram estabelecidas as bases para um plano operacional de contenção, com testes de métodos e técnicas de erradicação/controlo de *C. webbiana* e um levantamento e mapeamento da distribuição da alga. Esta iniciativa-piloto serviu de ponto de partida para um programa e plano de monitorização, desenvolvimento e optimização de técnicas e metodologias de erradicação/controlo aplicáveis à escala da distribuição de *C. webbiana*. Em 2009 procedeu-se a um levantamento e mapeamento da distribuição de *C. webbiana* (Fig. 2), à formação e preparação de uma equipa de operacionais de mergulho para o desenvolvimento e optimização de metodologias e técnicas de controlo e erradicação. A fase seguinte foi dedicada à contenção de *C. webbiana* dentro dos limites de distribuição e ao controlo/erradicação em zonas infestadas, zonas de risco e de intervenção prioritária. Durante esta segunda fase do projeto procedeu-se ainda à monitorização da distribuição de *Caulerpa* de modo a identificar zonas de risco e definir de forma continuada a estratégia de ação. Adicionalmente testou-se de forma controlada a eficácia de diferentes tratamentos químicos de controlo/erradicação e métodos/técnicas de controlo alternativas.

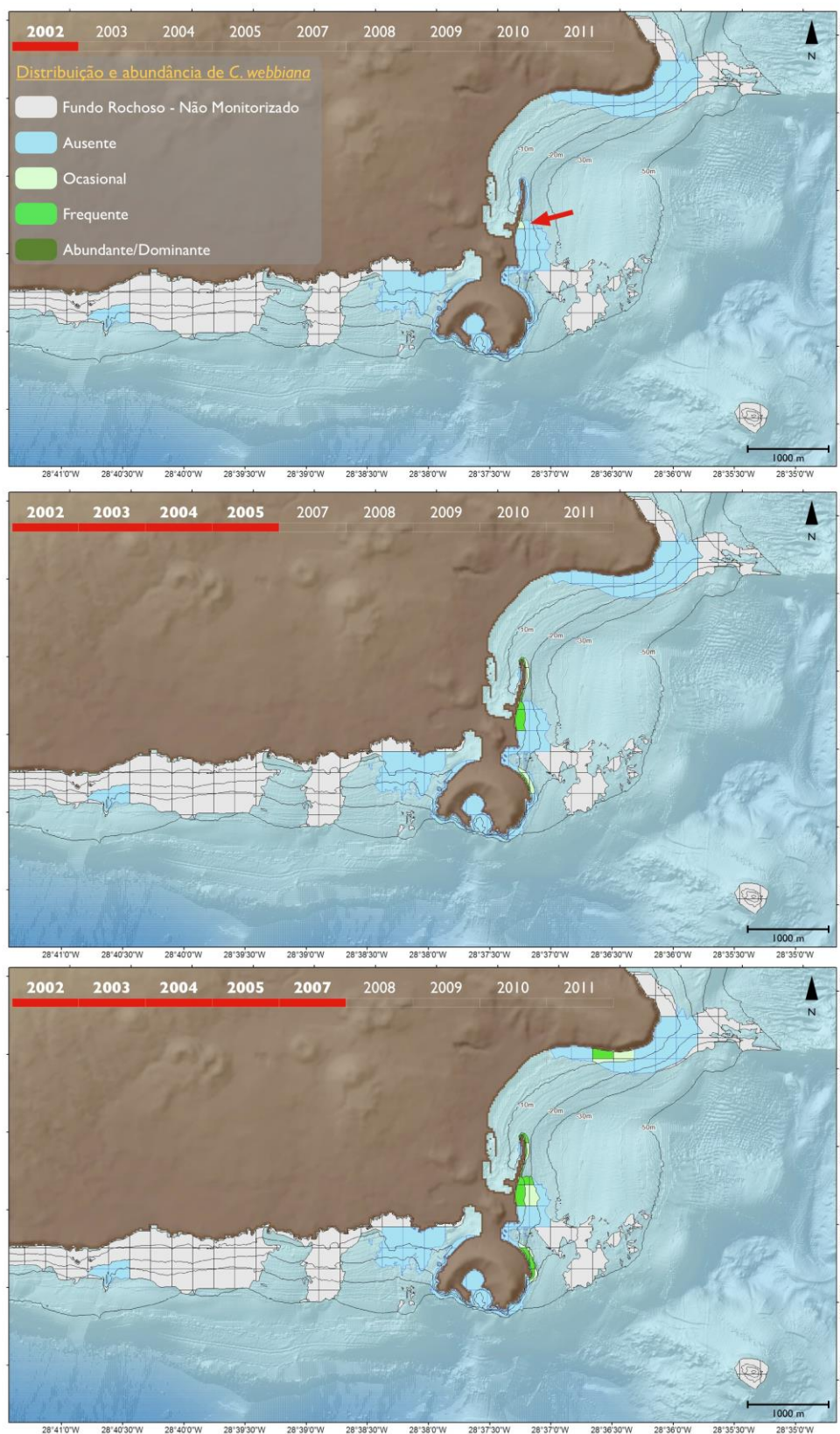


Figura 1. Evolução na distribuição de *Caulerpa webbiana* na ilha do Faial no período 2002-2007.

Entre 2002, altura em que foi avistada pela primeira vez, até ao início deste projeto em 2009, a distribuição de *Caulerpa webbiana* aumentou significativamente (Figs. 1 e 2). À data de início do programa operacional de monitorização e contenção, foi realizado um levantamento exaustivo dos limites de distribuição de *C. webbiana* tendo como referência a situação de agosto de 2008. De acordo com este mapeamento (Fig. 2) esta alga teria, à altura, uma distribuição desde a ponta dos Radares, no Monte da Guia, até à costa da Espalamaca voltada a Sul, ou seja, ainda estaria confinada ao interior da baía da Horta. A área afectada (i.e. com presença de *C. webbiana*) seria de aproximadamente 9.900 m². As maiores extensões encontravam-se no interior e exterior do molhe. A Norte foram identificadas inúmeras colónias na costa Leste da Espalamaca que, no entanto, ainda não haviam atingido a potencial barreira constituída pela grande extensão arenosa da Praia do Almoxarife. A Sul verificou-se a expansão mais significativa, com povoamentos individualizados e relativamente dispersos nas vertentes Leste, Sul e Sudoeste do Monte da Guia, entre os 5 e os 38 metros de profundidade. Foram ainda identificadas algumas “manchas” de *C. webbiana* na zona do Pasteleiro adjacente ao Monte da Guia (Fig. 2). Após os primeiros meses de intervenções, os limites de distribuição, quer a Sul quer a Norte foram substancialmente reprimidos (Fig. 2). O recuo a Sul ficou a dever-se quase exclusivamente à ação intensiva da equipa de intervenção. Já a Norte, o recuo terá ocorrido devido a causas naturais, provavelmente uma combinação entre temperaturas relativamente baixas (14 a 15°C) e agitação marítima intensa e persistente devido ao inverno particularmente rigoroso. Provavelmente pela mesma razão, observou-se uma redução muito significativa da biomassa de *C. webbiana* (Fig. 2) na costa Norte do Monte da Guia (Entremontes). Durante o Inverno, a equipa concentrou esforços no interior e no redondo da doca (maioritariamente nas paredes internas do molhe) o que resultou na redução drástica na percentagem de cobertura (por *C. webbiana*) na zona de maior densidade, que incluía o redondo do farol e a zona de atracagem de embarcações de maior calado.

A equipa de intervenção era usualmente composta por quatro mergulhadores experientes, responsáveis por aplicarem os tratamentos químicos de controlo/erradicação de *C. webbiana*, e efectuarem também diversas missões de prospecção para busca e mapeamento das fácies com *C. webbiana*. Ao longo do tempo, esta equipa de intervenção ajustou e optimizou os pormenores (técnicos) da execução e implementação do plano de ação, bem como contribuiu para o desenvolvimento das metodologias e técnicas, e para o plano estratégico de intervenção. A estratégia e planos de ação foram ajustados ao longo do projeto, consoante as necessidades, a progressão do trabalho e a evolução da situação, de forma a optimizar meios e recursos e aumentar a eficiência.

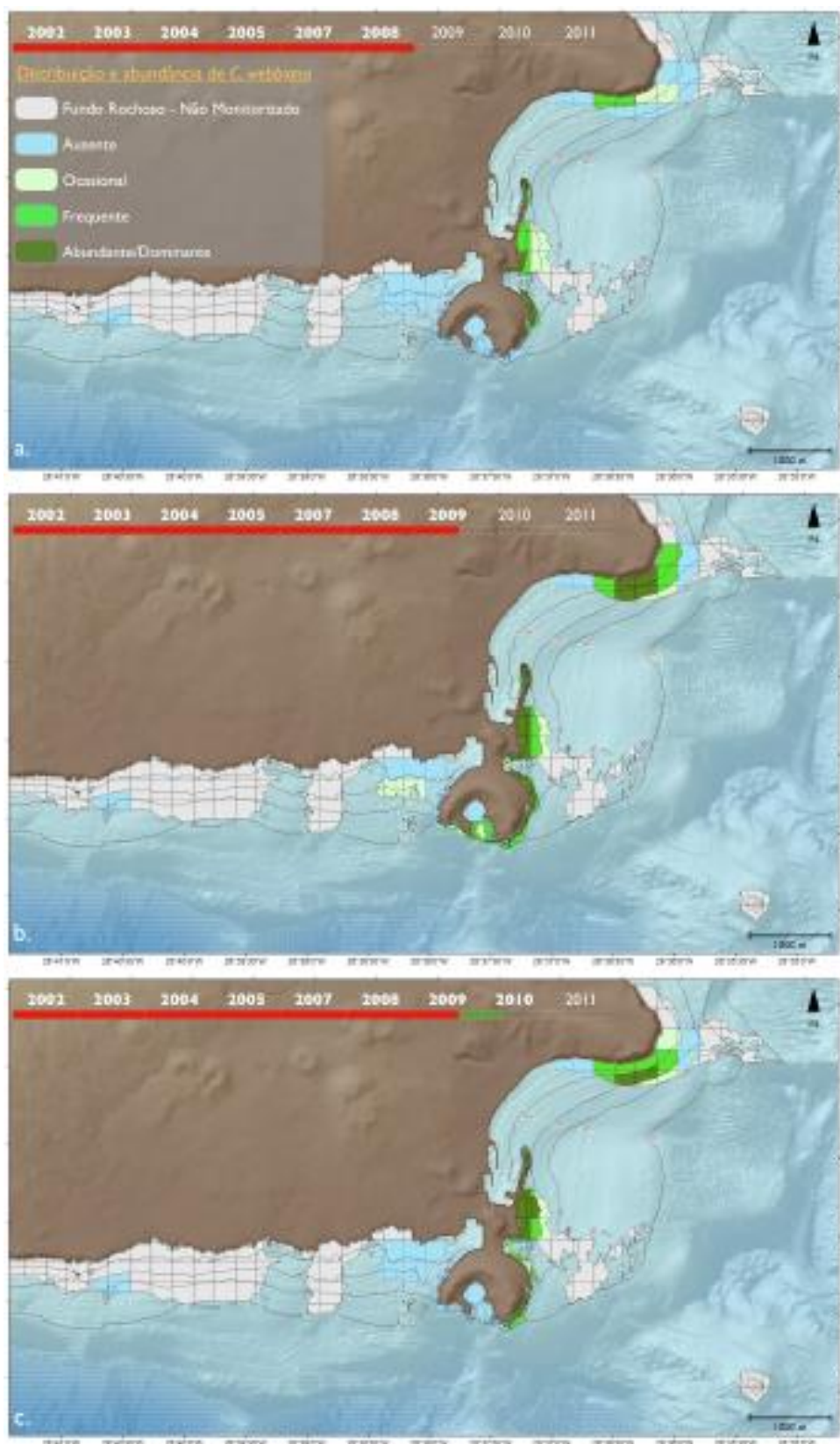


Figura 2. Evolução da distribuição de *C. webbiana* na Baía da Horta e zonas adjacentes no período 2008-2010. Dados de distribuição em 2008 (Projeto INVASORAS 2007-2008) (a.); distribuição no início do programa de controlo e erradicação (b.); distribuição 7 meses após o início do programa de controlo e erradicação (c.).

As técnicas e metodologias implementadas incluíram dois tipos de tratamento químico, um à base de Sulfato de Cobre e outro à base de Cloro. Ambos os métodos apresentam elevadas taxas de sucesso no tratamento de áreas infestadas, no entanto, para além de serem tóxicos para outras espécies, apresentam algumas limitações associadas aos métodos de aplicação (Santos et al. 2012). Adicionalmente, foi implementada uma outra medida de controlo, recorrendo à deposição de inertes sobre áreas infestadas por *C. webbiana* (Fig. 3). O método revelou-se eficaz para eliminar *C. webbiana* em zonas de pouco relevo e planas (ou quase planas), mas não eliminou a alga em superfícies não horizontais ou com muito relevo. Outras considerações na implementação deste método deverão incluir a avaliação da alteração promovida no relevo e natureza do fundo.

Em 2012, em paralelo com os trabalhos de dragagem para aprofundar a área interna do novo molhe do Porto da Horta, foi implementado um plano operacional recorrendo ao uso de inertes para soterrar parte da área exterior ao antigo molhe do Porto da Horta (Fig. 3 – Zona 1). No total foram depositados cerca de 145.000 m³ de inertes, essencialmente areia mas também alguma pedra rolada de pequena dimensão (0.5 m de diâmetro máximo). Nesta área de intervenção, a redução na densidade de *Caulerpa* foi drástica. No entanto, a deposição de grandes volumes de inertes implicou a alteração do fundo marinho: o substrato passou a ser quase exclusivamente arenoso (em vez de rochoso) e verificou-se uma diminuição de profundidade (cerca de 2 m) na área de depósito dos inertes.

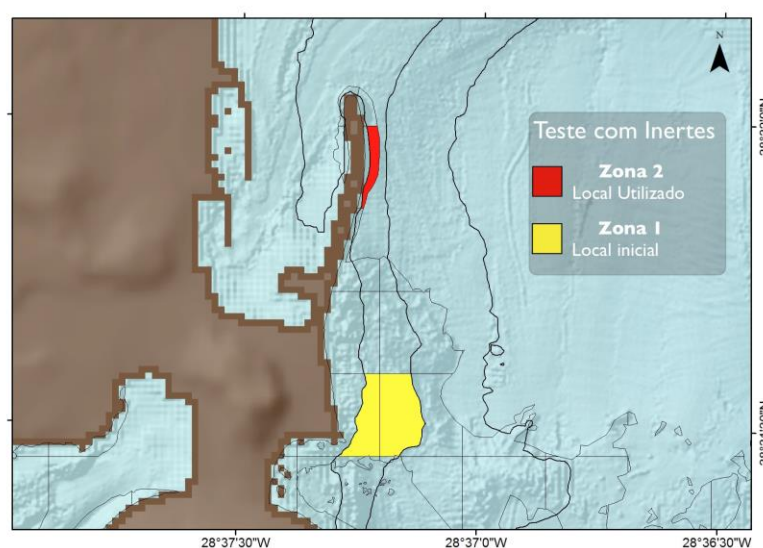


Figura 3. Localização das zonas consideradas para testar o uso de inertes como método de controlo/erradicação.

Ao longo do projeto de controlo de *Caulerpa* foram testados ainda as seguintes formas alternativas de controlo/erradicação de *C. webbiana*: o stress térmico (que demonstrou alguma eficácia, mas carecia de desenvolvimento tecnológico para a sua aplicação *in situ* de forma alargada), o controlo biológico por ouriços *Paracentrotus lividus* e *Sphaerechinus granularis* (que se revelou ineficaz) e a apanha (que apresenta sérias limitações no que toca ao esforço/sucesso e apresenta elevada probabilidade de propagação por fragmentação).

A implementação do projeto de controlo de proliferação de *Caulerpa webbiana* e a estratégia e plano de ação exigiram uma capacidade logística e de meios significativa. Os métodos utilizados necessitam de uma logística complexa e de pessoal especializado. A estratégia de combate e monitorização da infestação por *C. webbiana* focou-se essencialmente em intervenções de erradicação desta alga. Em 2012 as operações foram interrompidas entre janeiro e junho, essencialmente por falta de recursos humanos e logísticos. Os trabalhos foram retomados em junho com uma fase de avaliação da situação e verificou-se que tinha havido uma grande recuperação em extensão e abundância das manchas de *C. webbiana* (Fig. 4).

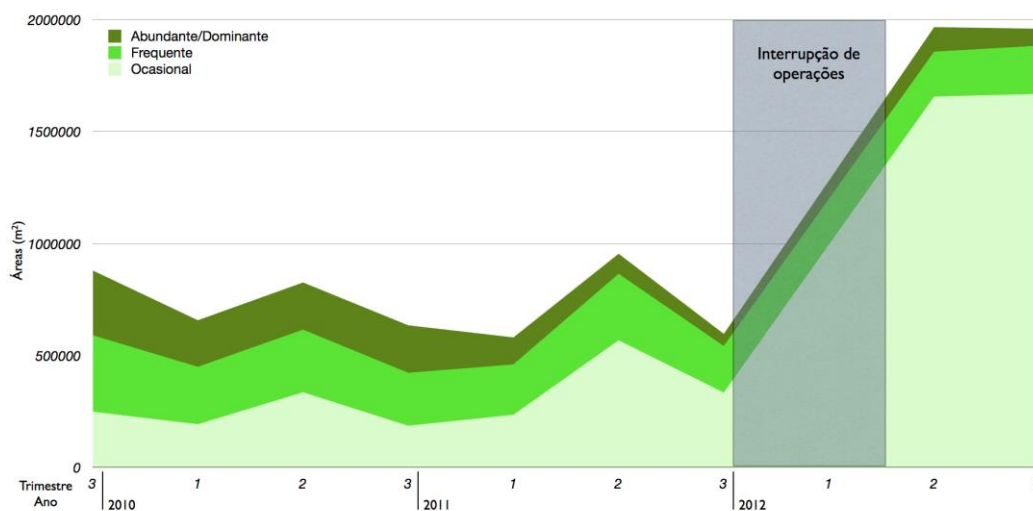


Figura 4. Evolução da situação relativa à invasão por *C. webbiana* durante o decorrer do projeto.

A grande dimensão da área passível de ser colonizada por *C. webbiana* (fundo rochoso até aos 50 m de profundidade) não foi monitorizada em toda a sua extensão, tendo sido parte dela apenas inspeccionada em 2012 (ex: Ponta Furada). As missões de prospeção foram concentradas em áreas-chave fora dos limites conhecidos de distribuição, onde: i) havia registos anteriores de ocorrências de *Caulerpa* (ex: em locais de intervenções anteriores e onde se tinha eliminado

colónias de *C. webbiana*); ii) em locais distribuídos “aleatoriamente” em zonas adjacentes a zonas onde havia registo de ocorrências, ou; iii) em locais onde havia sido reportada a ocorrência de *C. webbiana* por entidades ou indivíduos externos ao projeto (ex: empresas de mergulho e mergulhadores locais). A situação no final do projeto é a que se apresenta na Fig. 5.

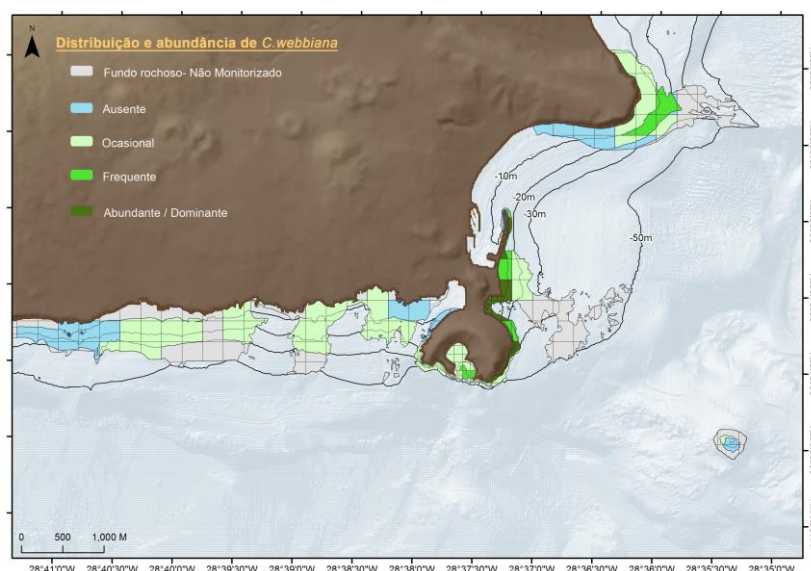


Figura 5. Distribuição e abundância de *C. webbiana* na Baía da Horta e zonas adjacentes em dezembro de 2012.

Nas ações de controlo e erradicação da *Caulerpa webbiana* utilizaram-se sobretudo métodos químicos. Apesar de se terem testado outros métodos alternativos, aqueles métodos (cobertores impregnados com sulfato de cobre e a aplicação de cloro) foram mais eficazes. O uso de ambos tem algumas limitações e aspectos negativos. Estes químicos podem ser encarados como agentes poluentes e tóxicos, pelo que o seu uso deve ser ponderado tendo em consideração o grau de toxicidade e os impactos negativos na fauna e flora. O método com sulfato de cobre é relativamente seletivo, afectando as algas de forma geral mas com diferentes graus, sendo que as algas coralináceas erectas e incrustantes parecem ser as mais tolerantes à exposição a este algicida. O sulfato de cobre demonstrou ser eficaz na remoção de *Caulerpa*. Em zonas em que as manchas desta alga são tratadas e eliminadas, a maioria da rocha deixada exposta após tratamento é recolonizada em poucos meses por uma mistura exuberante de algas nativas (ex.: *Halopteris*, *Dictyota*, *Cystoseira*) e algumas exóticas (ex.: *Asparagopsis* sp.). No entanto, o método de aplicação (cobertores impregnados) apresenta uma limitação no que toca ao controlo da aplicação. O sulfato de cobre nem sempre dispersa e atua uniformemente em toda a área coberta pelo cobertor, o que implica que por vezes parte da área não é devidamente tratada

(especialmente em zonas verticais ou quase verticais em que o sulfato de cobre não fica retido de forma eficaz). A aplicação de Cloro permite maior controlo, por parte do mergulhador, da zona tratada, pois é possível controlar o fluxo e área exata da aplicação do tratamento. No entanto, o cloro é altamente tóxico e letal para a maioria das espécies (fauna e flora), e portanto muito pouco seletivo. O método e tecnologia de aplicação de cloro também têm algumas limitações, que se prendem com o elevado desgaste do material e exige precauções para evitar qualquer forma de contacto do operador com o cloro. Outra limitação e dificuldade encontrada nas operações de controlo e erradicação da *C. webbiana* é a grande extensão das áreas de intervenção, sua topografia irregular e ampla gama de profundidade e a capacidade de crescimento e de dispersão de *C. webbiana*. A recolonização de zonas tratadas é feita por novos fragmentos e por crescimento de manchas adjacentes. Isto significa que, apesar da inexistência de sobrevivência dentro de áreas tratadas, a presença de pequenas plantas não detectadas ou de grandes manchas nas proximidades (onde não há intervenção em tempo útil) leva a uma rápida recolonização das áreas onde se tinha eliminado a *Caulerpa*. Esta limitação é agravada pela dificuldade de identificar plantas ou fragmentos de pequenas dimensões, especialmente quando misturadas com outras algas. A profundidade até à qual a *Caulerpa webbiana* se distribui também constitui um problema já que a sua presença abaixo do limite operacional de mergulho implica ainda a possibilidade da existência de manchas de dimensões desconhecidas.

Verificou-se que a capacidade de prospecção e mapeamento e de intervenção, com os meios e recursos disponíveis, é insuficiente para a dimensão da área de risco e da área de distribuição. A expansão da distribuição, apesar de abrandada pelas intervenções e tratamentos, continuava a crescer. Em zonas densamente povoadas por *C. webbiana*, com fundos planos, e com uma comunidade autóctone pobre, a deposição de inertes para soterrar a área, pode ser a solução mais eficaz e de maior escala. Este tipo de intervenção afecta, pelo menos, toda a comunidade bentónica sésil e deve ser cuidadosamente ponderada caso a caso, em função dos potenciais impactes no local.

Os resultados obtidos ao longo do programa de controlo de *Caulerpa webbiana* sugerem que: i) a não intervenção facilita a expansão rápida de *C. webbiana*; ii) a perspectiva de erradicar um NIS como a *C. webbiana* só deve ser considerada em situações em que se detecta a “chegada” de uma NIS numa fase precoce do seu estabelecimento; iii) programas de controlo de NIS marinhas deverão ser vistos como planos operacionais de mitigação e que exigem continuidade e não como actividades esporádicas para eliminar um problema de proliferação de uma espécie.

4.2 | SEAPROLIF - Diversity and functioning of coastal marine biomes under siege: implications of SEAweed PROLIFerations across three oceans

Este projeto internacional (financiado pelo programa ERA-NET NETBIOME) estabeleceu uma plataforma de estudo tendo por base uma abordagem de multi-escala implementada em dois hemisférios e três oceanos (as ilhas caribenhas de Guadalupe, as ilhas portuguesas dos Açores e da Madeira, o Mediterrâneo, a ilha da Reunião no Índico ocidental, e os arquipélagos da Nova Caledónia e Polinésia francesa no Pacífico), com o objectivo de estudar as proliferações de macroalgas nos ambientes tropicais e subtropicais, usando o género *Asparagopsis* (Rhodophyta) listado pela IUCN entre as “100 piores espécies invasoras” em áreas subtropicais e temperadas, utilizando a mesma metodologia para todas as áreas em estudo.

Através de análises filogeográficas foram registadas 5 linhagens de *Asparagopsis*, sendo descoberta uma nova linhagem mitocondrial (L5) dentro da espécie *A. taxiformis* e uma nova espécie críptica dentro das amostras identificadas como *A. armata* (uma descoberta também suportada por marcadores nucleares e do cloroplasto), ambas restritas ao Oceano Pacífico. Para as regiões estudadas, a linhagem 2, correspondente às populações invasoras no Atlântico Leste (Portugal continental e Açores) e Mar Mediterrâneo, foi confirmada e registada pela primeira vez nas Ilhas da Reunião. Nova informação sobre várias linhagens e a sua distribuição geográfica foi obtida (ex. L3 - Caraíbas (Guadalupe e Martinica) e Cabo Verde; L4 - Reunião, Mayotte e Polinésia Francesa; L5 - Polinésia Francesa). Os resultados obtidos pelos diversos parceiros deste projeto não apontam que as algas do género *Asparagopsis* tenham geralmente um carácter invasor em ecossistemas costeiros tropicais em detrimento das comunidades de coral.

Asparagopsis armata e *Asparagopsis taxiformis* ocorrem em todas as ilhas dos Açores, sobre substrato rochoso até pelo menos 40 m de profundidade. Variação espacial e preferência de habitat do género foi avaliada em dois locais diferentes em outubro 2012, na ilha do Faial, e repetida com a adição de um terceiro local em julho e outubro de 2013. Em cada local, imagens de três foto-transectos (20 quadrados de 1m²) foram obtidas em três intervalos de profundidade (8-10 m, 14-16 m e 19-21 m). Imagens dos quadrados (um total de 1.440) foram analisadas usando o software CPCe (Kohler et al. 2006) para avaliar a abundância relativa do género

Asparagopsis e de outros organismos sésseis. A abundância relativa foi estimada para cada transecto e foi determinada a média para cada categoria (Fig. 6).

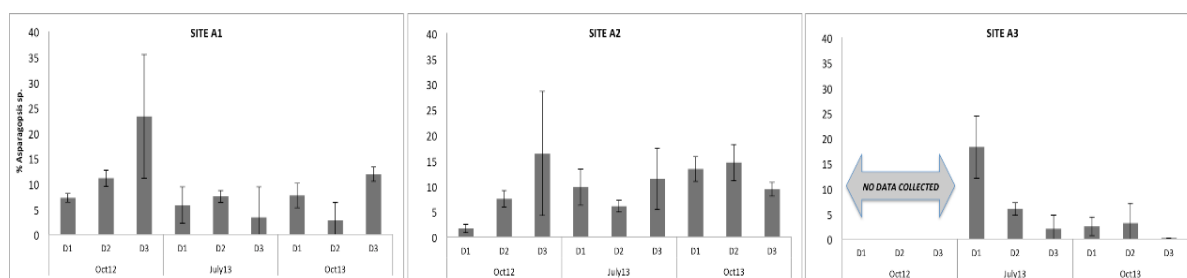


Figura 6. Médias das abundâncias relativas *Asparagopsis* spp. (\pm SD) em locais A1, A2 e A3, através de classes de profundidade D1, D2 e D3 (8-10 m, 14-16 m e 19-21 m, respectivamente), em outubro de 2012, julho e outubro de 2013, nos Açores.

A análise dos dados foi feita usando o software PRIMER v6, onde cinco agrupamentos de organismos sésseis foram discriminados usando a rotina SIMPROF (Fig. 7). Os organismos gametófiticos de *Asparagopsis* spp. e seus equivalentes tetraesporófitos "*Falkenbergia*" estão dentro dos taxa com maior correlação nas ordenações (Fig. 7e-f), confirmando que *Asparagopsis* promove fortes desvios nas comunidades sésseis locais. As comunidades apresentam-se significativamente diferentes entre Locais, Profundidade, Estação e factores Hidrodinâmicos (Fig. 7a-d). As imagens de nMDS sugerem que *Asparagopsis* spp. e "*Falkenbergia*" são mais abundantes em amostras classificadas como tendo hidrodinamismo médio e no Outono. No entanto a abundância relativa de *Asparagopsis* spp. e "*Falkenbergia*" foi testada (ANOSIM) e revelou não haver padrões significativamente diferentes entre as duas em relação a profundidades, áreas, hidrodinamismo e estações do ano.

Observações adicionais no período 2012-2014 e mergulhos exploratórios nos Açores também revelaram que *Asparagopsis* é comum onde outras espécies não indígenas são dominantes e têm potenciado a "deslocação" de outros organismos sésseis (Fig. 8) o que aponta para a existência de mecanismos de vantagens competitivas e/ou de tolerância relativamente a outras espécies não-autóctones (e.g. *Caulerpa webbiana*). Outra observação que evidencia a tolerância de *Asparagopsis* a condições ambientais é a sua ocorrência em locais de intensa desgaseificação natural e baixo pH. Observações num campo hidrotermal de baixa profundidade (5-10 m) revelaram que *A. armata* era comum em áreas com baixas emissões e estava presente nas áreas com emissões fortes. Pedacos de *A. armata* em suspensão foram também observados noutro

campo termal (<40 m), onde alguns fragmentos se tinham fixado às crostas formadas pelos depósitos das fontes. A variação sazonal de *A. armata*, *A. Taxiformis* e “*Falkenbergia*” foi avaliada por levantamentos semelhantes num único local (A2) entre 8-12 m. Apesar do possível enviesamento induzido pela dificuldade de discriminar em fotoquadrados as duas espécies de *Asparagopsis* (especialmente quando ocorrem em simultâneo), os dados demonstraram dois picos claros de abundância: as populações de *A. armata* crescem na Primavera e têm picos de abundância no início do Verão, enquanto que os picos de abundância de *A. taxiformis* ocorrem no Outono (Fig. 9).

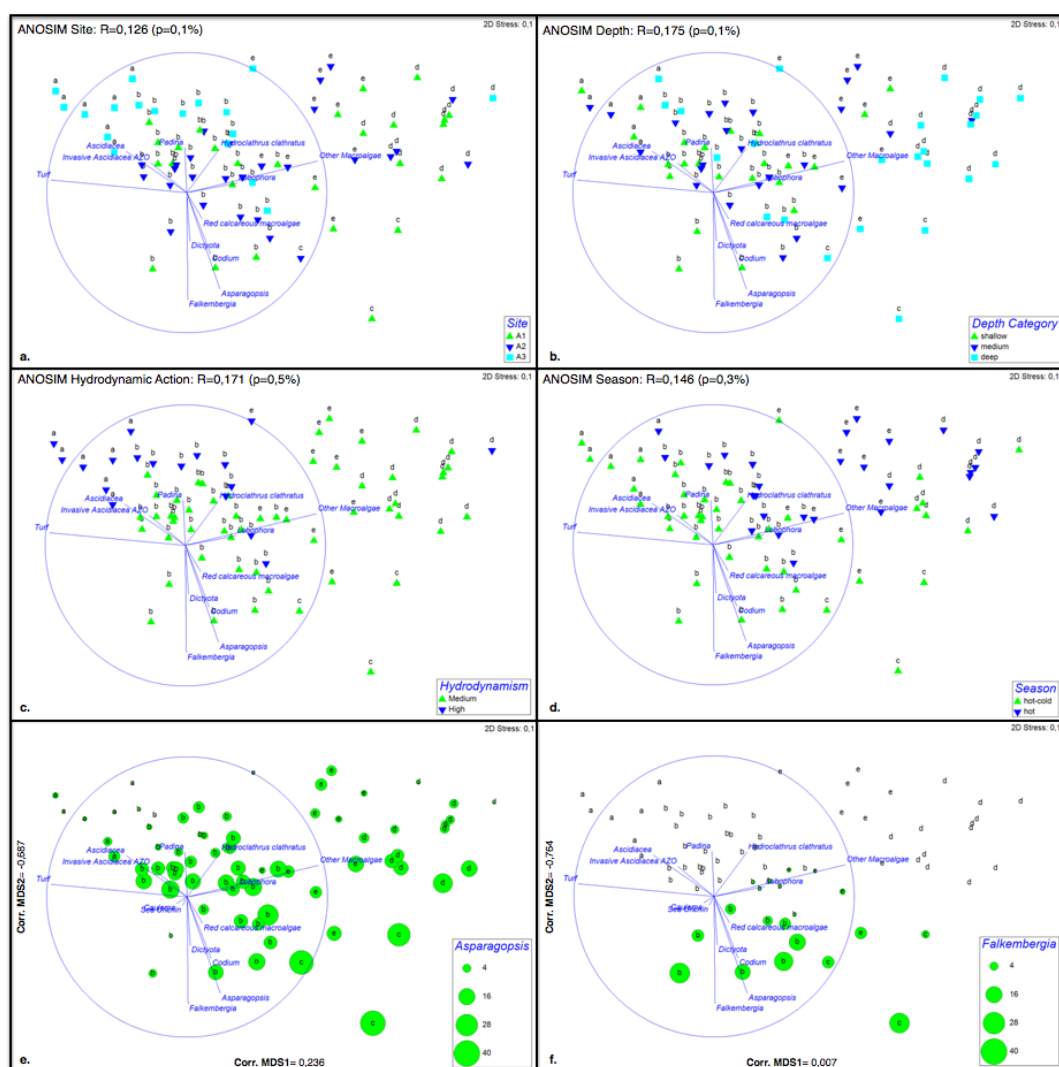


Figura 7. Diagramas de Escalamento Multidimensional Não Métrico (nMDS) a partir do índice de similaridade de Bray-Curtis dos dados de abundância relativa e testes ANOSIM. As amostras estão legendadas com os grupos significativamente diferentes obtidos pela rotina SIMPROF e Local - Site (a.), Profundidade - Depth Category (b.), Hidrodinamismo - Hydrodynamic action (c.), Estação do ano - Season (d.), *Asparagopsis* spp. (e.) e “*Falkenbergia*”(f.) os ciclos são proporcionais às abundâncias e os vectores – correlação com o eixo, todos os vectores são proporcionais à correlação entre o eixo da ordenação e as abundâncias relativas dos taxa (>0,2).



Figura 8. *A. taxiformis* em locais dominados por espécies não indígenas (a. e b.) e *A. armata* campos hidrotermais de baixa profundidade com emissões fracas (c.) e intensas (d.) e sobre num campo hidrotermal sobre tapetes microbianos a 40m (e.).

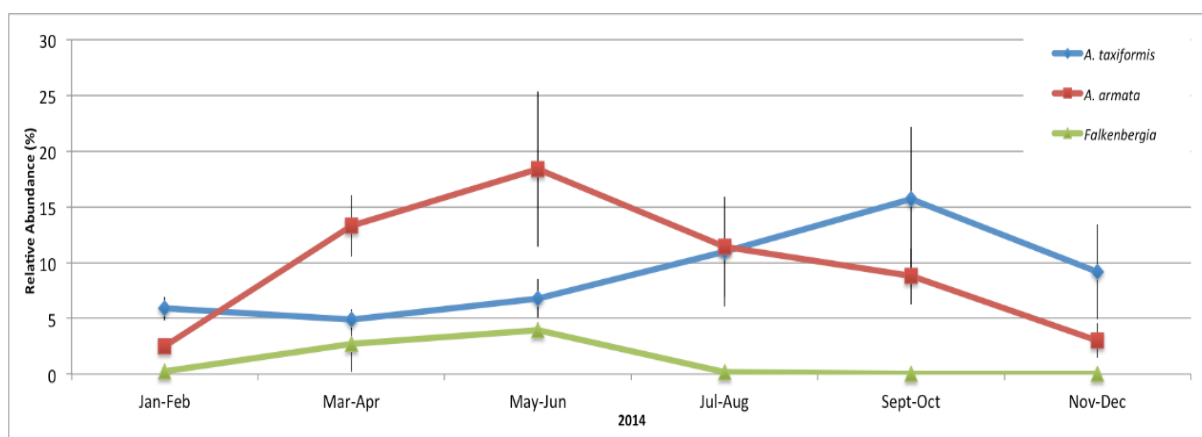


Figura 9. Variação da média da abundância relativa (\pm SD) de *A. taxiformis*, *A. armata* e *Falkenbergia* durante 2014.

4.3 | INSPECT (PTDC/MAR/73579/2006)

O principal objectivo do projeto foi investigar a ocorrência de espécies exóticas marinhas nos estuários e zonas costeiras portuguesas, avaliar a ocorrência de condições ambientais favoráveis à fixação de potenciais espécies invasoras e contribuir para a sensibilização do público para esta ameaça. O estudo teve uma abrangência espacial nacional, incluindo os arquipélagos da Madeira e Açores, incidindo sobre diferentes grupos taxonómicos, nomeadamente fitoplâncton, zooplâncton, macroalgas e invertebrados em substrato móvel e rochoso, através da utilização de técnicas adequadas. Foram realizadas amostragens em diferentes sistemas estuarinos e costeiros, nomeadamente os estuários do Tejo, Sado e Mira, diversas marinas ao longo de todo o território nacional e as áreas portuárias de Lisboa, Sines e Ponta Delgada e respectivas zonas adjacentes, assim como em tanques de lastro de nove navios selecionados nos portos mencionados.

4.3.1 | Metodologias

4.3.1.1 | Substratos duros

No segundo e terceiro anos do projeto realizaram-se várias campanhas de amostragem em substrato fixo subtidal pela equipa das Universidades dos Açores, nas marinas de Ponta Delgada e Vila Franca do Campo. Foram feitas também algumas amostragens de oportunidade nos seguintes portos e marinas dos Açores: Vila do Porto – Santa Maria, Praia da Vitória – Terceira, Velas - São Jorge, Lages – Pico, Horta – Faial, Santa Cruz – Flores, Praia - Graciosa. Os objectivos foram procurar novas espécies exóticas e determinar abundâncias relativas (semi-quantitativas) e distribuições (presença/ausência) de espécies selecionadas, nomeadamente: *Asparagopsis taxiformis*, *Styela clava* e *Amathia verticillata* (= *Zoobotryon verticillatum*). Estas amostragens tiveram início em abril de 2009, a maioria no porto e marina de Ponta Delgada (Fig. 10 – áreas A e B) e zonas costeiras adjacentes.

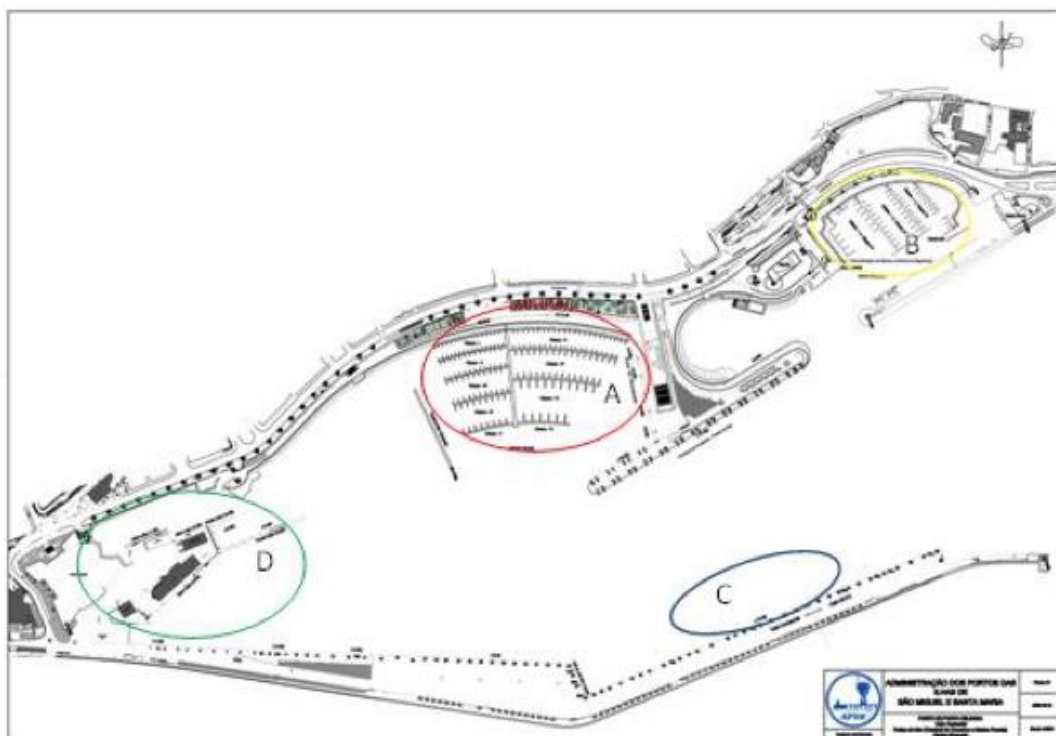


Figura 10. Porto de Ponta Delgada. A - Marina nova; B - Marina velha; C – Cais comercial; D - Porto de pesca.

Durante esse período efectuaram as seguintes atividades:

- a) realizaram-se cerca de 15 campanhas de prospeção e amostragem qualitativa de macroalgas e macroinvertebrados não indígenas e nativos em substratos duros subtidais, incluindo pontões, cabos, pedras, paredes até cerca de 10 m de profundidade e outras estruturas flutuantes (pontões, passadiços, boias), nas marinas de Ponta Delgada e Vila Franca do Campo, com recurso a mergulho em apneia e com escafandro autónomo;
- b) coletaram-se macroalgas e macroinvertebrados não indígenas e nativos em cascos de embarcações em doca seca na marina de Ponta Delgada, por raspagens (Fig. 11);
- c) em laboratório identificaram-se/confirmaram-se as determinações de macroalgas e macroinvertebrados amostrados, com recurso a manuais de identificação e observação com microscopia óptica.



Figura 11. Raspagem do casco de uma embarcação em doca seca.

d) no decurso da XIV Expedição Científica do Departamento de Biologia SANTA MARIA 2009, no início do mês de julho, realizaram-se 3 mergulhos no porto e marina da ilha de Santa Maria (Fig. 12).



Figura 12. Operação de mergulho realizada no porto da ilha de Santa Maria.

Com base na literatura e campanhas de amostragem efectuadas, foram identificadas 25 espécies não indígenas. Todas estas espécies foram incluídas numa base de dados previamente elaborada, com base em prospeção bibliográfica (Fig. 13). Foi ainda analisada a origem das espécies não indígenas encontradas nas marinas e cruzou-se esta informação com os dados de tráfego marítimo das mesmas, nomeadamente com a origem das embarcações que frequentam os diferentes portos e marinas.

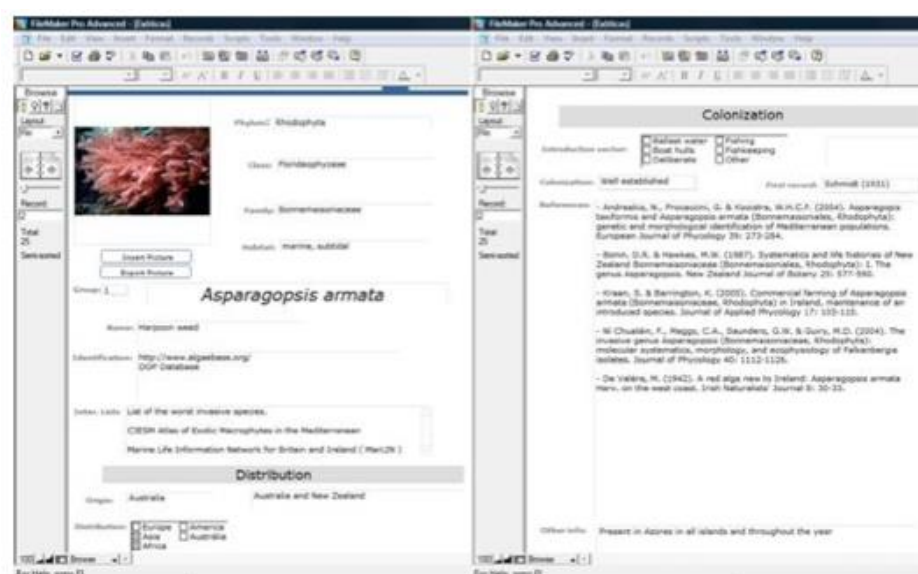


Figura 13. Base de dados de NIS marinhas elaborada no âmbito do projeto INSPECT.

Foi realizado também um estudo da distribuição do briozoário invasor *Amathia verticillata* nas marinas da ilha de São Miguel (Açores) e a caracterização do habitat e dos parâmetros óptimos de crescimento desta espécie nos Açores. Com este objectivo, realizaram-se de novembro de 2009 a maio de 2010, 17 mergulhos para amostragem na marina de Vila Franca do Campo e na marina nova de Ponta Delgada, ambas em São Miguel. Durante os mergulhos, as colónias do briozoário *Amathia verticillata* foram contadas, marcadas e medidas (Fig. 14; A e B). As zonas circundantes das colónias amostradas foram registadas, assim como o tipo de substrato e fauna acompanhante. A temperatura foi medida *in situ*, enquanto que o pH e a salinidade foram determinados em laboratório a partir de amostras de água.



Figura 14. Medição (A) e marcação (B) de colónias de *Amathia verticillata*.

4.3.1.2 | Águas de lastro

No âmbito deste projeto foi realizado um estudo das águas de lastro na rota Lisboa-Açores-Lisboa a bordo do navio-contentores INSULAR, da companhia Transinsular. A Administração da Transinsular e os seus técnicos prontificaram-se a apoiar o projeto INSPECT, permitindo que a equipa do projeto participasse numa viagem da rota comercial regular Lisboa-Açores-Lisboa e cedeu os meios necessários para a realização dos seguintes ensaios: a) comparação entre a composição da comunidade planctónica recolhida no meio natural e a encontrada dentro dos tanques de lastro, após tomada de água; b) taxas de sobrevivência de organismos planctónicos (fito e zooplâncton) em tanques de lastro; c) avaliação das trocas de água de lastro em alto mar, como medida para minimizar a quantidade de organismos vivos transportados entre zonas costeiras; d) composição das comunidades planctónicas em tanques de lastro resultantes de trocas parciais de água, durante os procedimentos de carga e descarga de contentores. Para o estudo da abundância e taxas de sobrevivência de fito e zooplâncton em tanque de lastro foi cheio um tanque de lastro, de novo, em Ponta Delgada, que foi seguido até ao regresso a Lisboa. Foram realizadas amostragens de água de 8 em 8 horas, aproximadamente, durante todo o período após a tomada de água no porto de Ponta Delgada. As colheitas foram efectuadas através de bombagem de água diretamente do tanque. Foi utilizado um sistema especialmente adaptado para o efeito e que implicou a abertura das portas de visita de acesso ao tanque para cada amostragem. A água bombeada (100 litros) foi filtrada sequencialmente por um tubo com malha de 55 μ m (amostra zooplâncton) e uma rede de 10 μ m (amostra fitoplâncton). As amostras de zooplâncton foram observadas à lupa para registo qualitativo e posteriormente fixadas para análise em laboratório. As amostras fitoplâncton foram sub-divididas e colocadas, em vivo em

frascos de cultivo (com e sem meio de cultura) e outra sub-amostra fixada para análise em laboratório. Para avaliar o estado fisiológico das comunidades de fitoplâncton no interior do tanque durante a viagem, utilizou-se como indicador o estado do sistema fotossintético (fotossistema II) avaliado pela fluorescência em vivo (razão F_v/F_m) utilizando o “PAM-pulse amplitude-modulated fluorescence”. Em simultâneo com todas as amostras de plâncton foram registados parâmetros ambientais, temperatura, salinidade, concentração de oxigénio na água e pH. As comunidades planctónicas dos portos onde o navio atracou foram igualmente estudadas. Efectuaram-se arrastos de plâncton no mar a partir da borda do navio e para a amostragem de fitoplâncton e realizaram-se arrastos verticais com uma rede com malha de 10 μm , abertura. Para colheitas de zooplâncton utilizaram-se duas redes distintas, ambas com malha de 55 μm , uma rede pequena e uma rede WP2, com abertura 60 cm e 2 m de comprimento. Os arrastos foram superficiais e efectuados na horizontal ao longo do convés do navio. As amostras de zooplâncton foram fixadas para análise em laboratório enquanto as colheitas para fitoplâncton foram colocadas em frascos de cultivo (com e sem meio de cultura). Em simultâneo com todas as amostras de plâncton foram registados parâmetros ambientais, temperatura, salinidade, concentração de oxigénio na água e pH. A avaliação da eficiência das trocas de lastro em condições oceânicas vs costeiras foi realizada amostrando por sistema de overflow, em três ocasiões: (1) troca oceânica 1 - 10 de julho, 37°58'5" N, 20°0.1'2" W (Fig. 15), na viagem Lisboa-Açores (recolha de amostra da água existente no tanque, seguida de troca de água durante 1,5 horas e recolha de amostra da água logo após enchimento do tanque); (2) troca costeira 1 – no porto de Ponta Delgada (recolha de amostra da água existente no tanque (de (1)), seguida de troca de água durante 1,5 horas e recolha de amostra da água logo após enchimento do tanque); (3) troca oceânica 2 -17 de julho, 38° 0.6' N, 15°53.8' W (Fig. 15), na viagem Açores-Lisboa (recolha de amostra da água existente no tanque (água de (2)), seguida de troca de água durante 1,5 horas e recolha de amostra da água logo após enchimento do tanque). A água de overflow foi filtrada (100 litros) sequencialmente por um tubo com malha de 55 μm (amostra zooplâncton) e uma rede de 10 μm (amostra fitoplâncton). As amostras de zooplâncton foram observadas à lupa para registo qualitativo e posteriormente fixadas para análise em laboratório. As amostras fitoplâncton foram processadas como para os ensaios de sobrevivência. Em simultâneo com todas as amostras de plâncton foram registados parâmetros ambientais, temperatura, salinidade, concentração de oxigénio na água e pH.

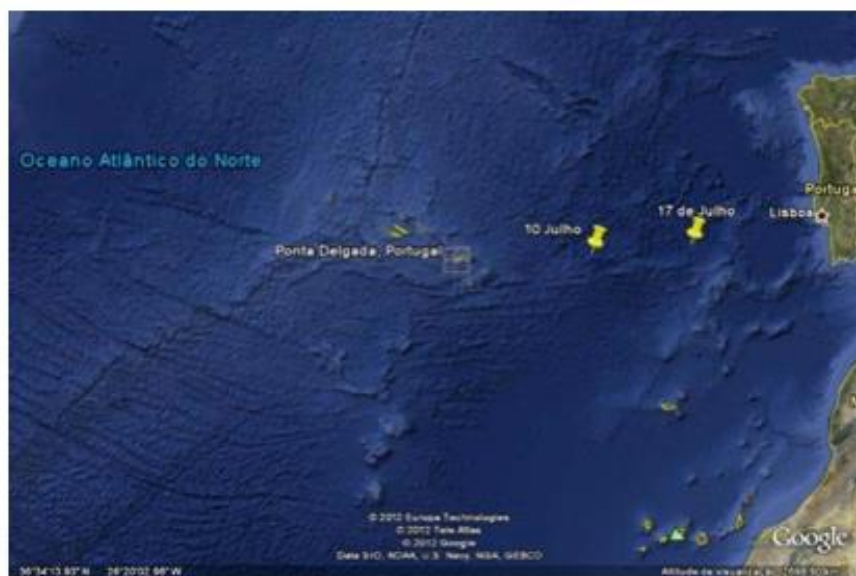


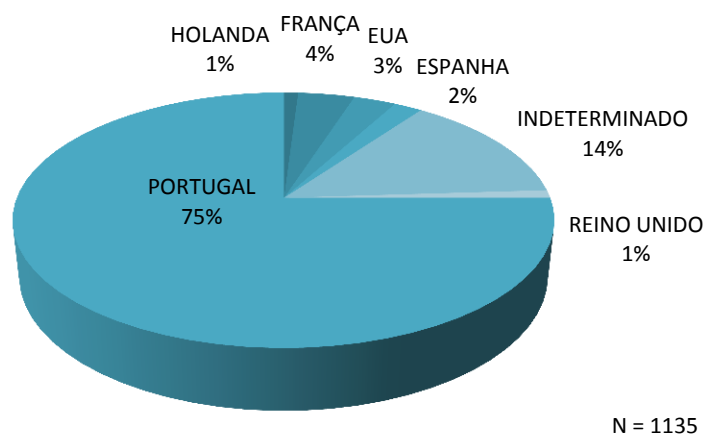
Figura 15. Localização das trocas de lastro do navio-contentores INSULAR, durante uma viagem Lisboa-Açores-Lisboa.

4.3.2 | Resultados

Em Portugal houve um aumento significativo do número de registos de espécies marinhas não indígenas em resultado do projeto INSPECT, um projeto nacional financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Este projeto, liderado pela Universidade de Lisboa teve a colaboração de diversas universidades nacionais, incluindo a Universidade dos Açores, e desenvolveu-se entre 2009 e 2012. O trabalho realizado, quer por pesquisa e revisão bibliográfica quer por amostragens dirigidas em Portugal continental, Madeira e Açores, resultou num registo de 68 espécies marinhas não indígenas em Portugal continental, 39 na Madeira e 64 nos Açores. A maioria das espécies não indígenas apresenta distribuição restrita, como por exemplo foram registadas 27 espécies exclusivamente para os Açores, tendo os Filos Bryozoa e Rhodophyta apresentado o maior número de espécies exclusivas. A percentagem de espécies não indígenas estabelecidas encontrada foi de 20%; 13 espécies não estarão estabelecidas e não se conhece o estado populacional de 21 espécies não indígenas. Os dados do INSPECT revelaram que 40% das espécies introduzidas nos Açores eram originárias do Indo-Pacífico 33% do Atlântico e 13% do Mediterrâneo.

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 (Fig. 16). O facto da maioria das espécies não indígenas registadas ter distribuições nativas no Pacífico, Ásia e Austrália indica que grande parte das introduções será provavelmente secundária. Foi ainda efectuada uma análise dos tipos de navio mais frequentes no porto de Ponta Delgada o qual opera sobretudo com porta-contentores. O tipo de navios a operar em cada porto tem potencial relevância para a introdução de espécies não indígenas, tendo em conta as necessidades diferenciadas de efectuar trocas de lastro consoante o tipo de operação de carga/descarga que é efectuada. Os porta-contentores têm pouca necessidade de efectuar trocas de lastro, tendo em conta que carregam e descarregam volumes aproximados, no entanto são frequentes as operações de lastragem/deslastragem de pequena volumetria, para equilíbrio dos navios durante essas operações. Assim, foi investigado o papel dos Açores como zona dadora/receptora de espécies não indígenas por via do lastro e a eficiência das trocas de águas de lastro em alto mar, tendo os resultados indicado que, tanto os organismos fitoplanctónicos como os zooplanctónicos apresentam taxas de sobrevivência bastante significativas após 7 dias de viagem. As trocas em alto mar parecem ser uma forma eficaz de minimizar a introdução de espécies costeiras, uma vez que os resultados obtidos indicam alguma dificuldade de adaptação de espécies oceânicas a zonas costeiras. Foi também abordada neste projeto outra via de introdução bastante relevante, a bioincrustação em cascos de embarcações comerciais e de recreio, com dados obtidos da marina de Ponta Delgada. O registo do porto de origem das embarcações permitiu concluir que a maioria delas era proveniente de outras marinas nacionais (Fig.17), indicando que esta via de transporte de espécies poderá potenciar as introduções secundárias. Por outro lado, esta via parece ser também potenciadora da dispersão destas espécies pelas várias ilhas do arquipélago.

A. Porto de Ponta Delgada



B. Volume de Tráfego - Porto de Ponta Delgada

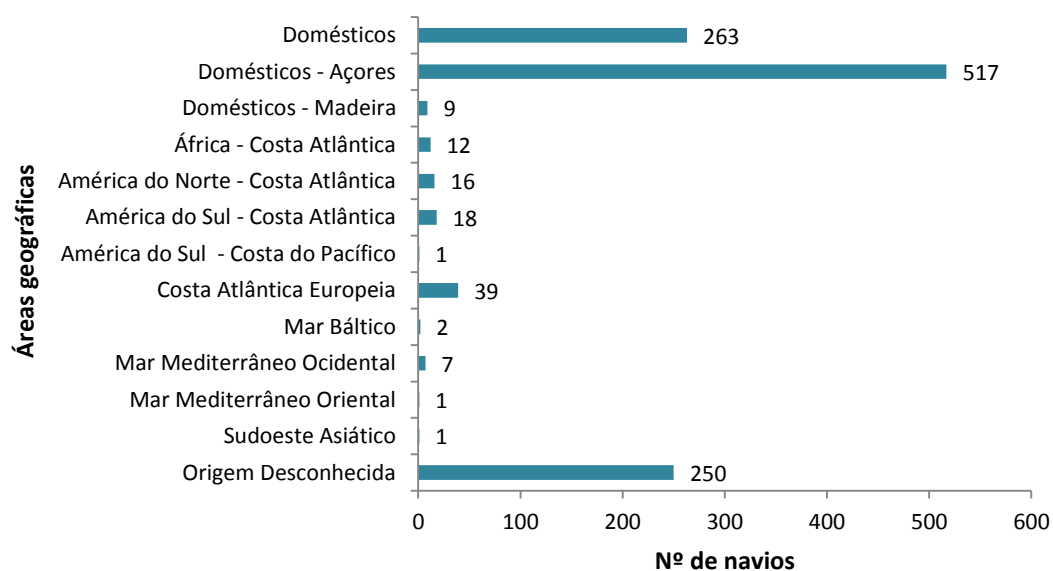


Figura 16. Países (A) e regiões geográficas (B) do porto de origem dos navios comerciais que atracaram no Porto de Ponta Delgada entre 2006 e 2008.

Volume de Tráfego - Marina de Ponta Delgada

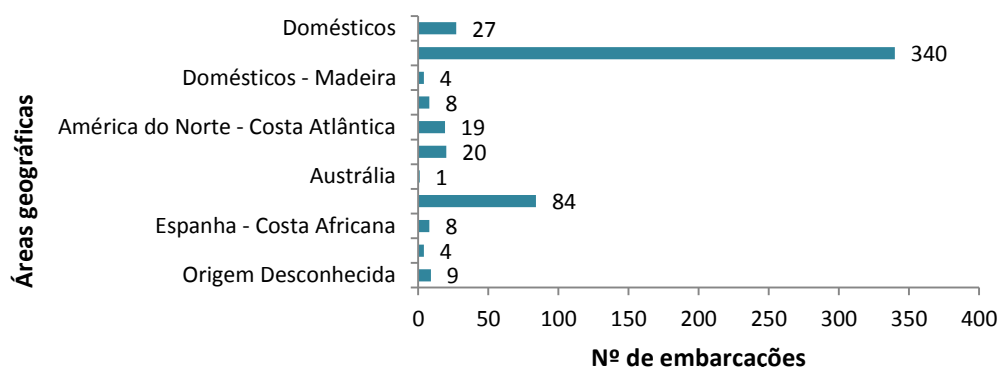


Figura 17. Regiões do porto de origem das embarcações de recreio que entraram na marina de Ponta Delgada entre 2006 e 2008.

Os resultados de monitorização de fitoplâncton de portos e marinas indicaram que as comunidades de quistos de dinoflagelados nas marinas e portos estudados, no Continente e nos Açores, estão dominadas por espécies do género *Scrippsiella* (Fig. 18). Estas são, de um modo geral, um grupo cosmopolita, oportunista, capaz de formar populações densas (blooms) e que provavelmente beneficia das condições de menor hidrodinamismo e concentrações mais elevadas em nutrientes que ocorrem em marinas e portos, independentemente da sua localização geográfica. Apesar de *Gymnodinium catenatum*, um dinoflagelado tóxico, ser a segunda espécie mais abundante no continente este não foi detectado nos sedimentos da marina de Ponta Delgada, nem à superfície nem em sedimentos correspondentes a vários anos de sedimentação (Fig. 18). Foi possível concluir que esta espécie não está ainda estabelecida em águas costeiras de S. Miguel. Por outro lado, dada a observação de elevadas concentrações e a elevada viabilidade registada dos quistos de *G. catenatum* presentes em tanques de lastro de navios que lastraram na costa Portuguesa, estes resultados sugeriram que na rota Lisboa-Açores, os Açores são sobretudo exportadores de lastro e não receptores. As características oligotróficas do Arquipélago também poderão ser um impedimento ao estabelecimento de espécies com características neríticas ou, como no caso de *G. catenatum*, associadas a águas ricas em nutrientes características do sistema de afloramento costeiro de Portugal continental. Assim sendo, considerou-se que o risco de introdução nos Açores de espécies fitoplanctónicas com origem no continente, via águas de lastro, é baixo.

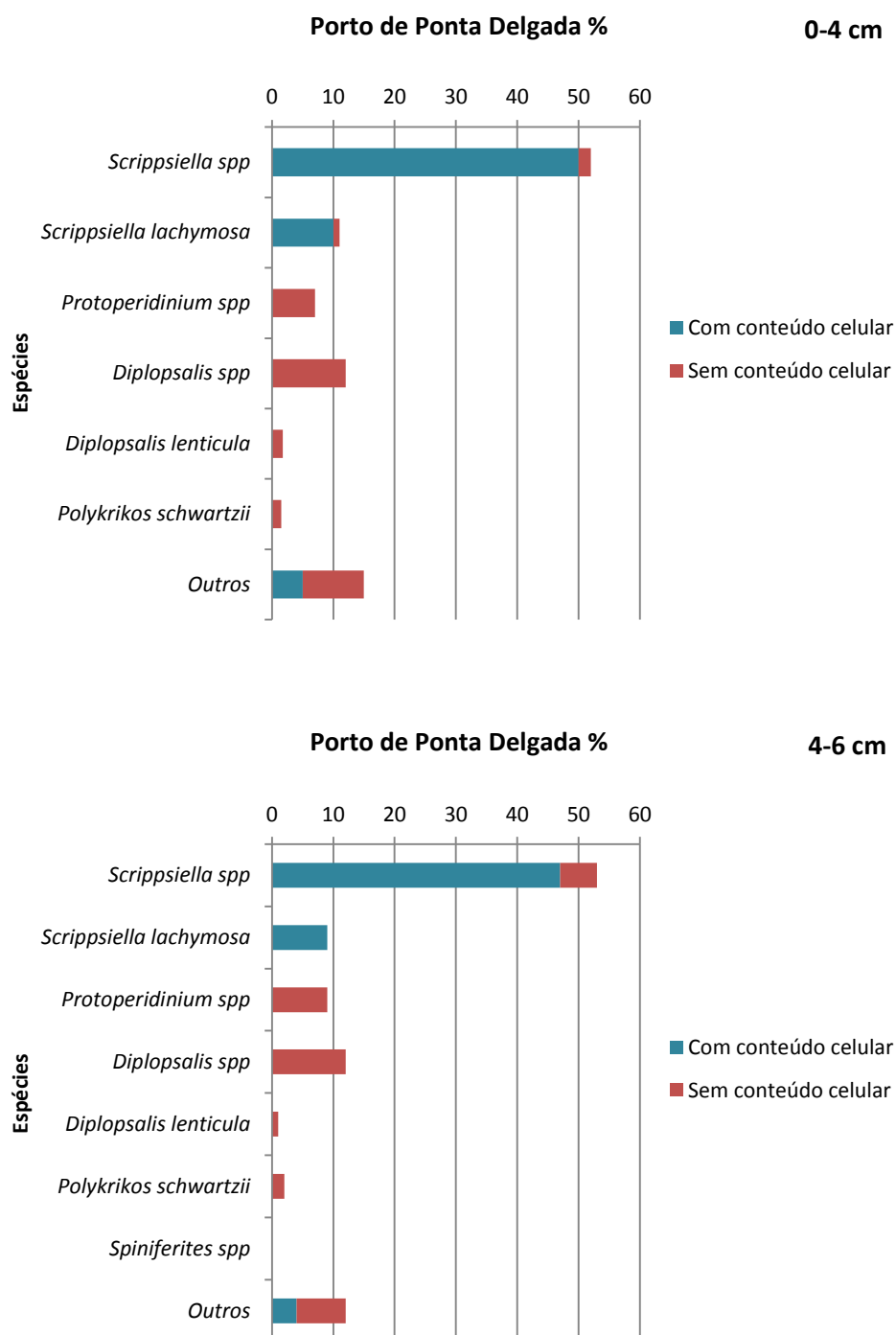


Figura 18. Comunidade de quistos de dinoflagelados nos sedimentos no porto de Ponta Delgada, Açores, à superfície e em profundidade.

No continente identificou-se uma correlação entre o número de marinas e embarcações com o número de espécies não indígenas marinhas presentes em estuários e lagoas costeiras. As ilhas

surgem mais vulneráveis à introdução de espécies marinhas devido à disponibilidade de nichos. Verificou-se também que Portugal continental partilha mais espécies marinhas não indígenas com outros países do que com os Açores, embora algumas espécies não indígenas encontradas nos Açores possam ter sido introduzidas a partir de Portugal continental (introduções secundárias).

4.4 | ASMAS (M2.1.2/I/032/2011)

A lista de espécies marinhas não indígenas (macroalgas e macroinvertebrados), que foi criada durante o projeto INSPECT para os Açores, foi actualizada constituindo-se uma base de dados regional de NIS marinhas. Disponibilizou-se uma versão simplificada desta base na página web desenvolvida no âmbito do projeto (<http://marnis-azores.webs.com>). A presença de espécies marinhas não indígenas nos Açores e, em particular, as potencialmente invasoras, foi avaliada tendo sido efectuado o levantamento exaustivo das espécies não-indígenas que ocorrem em 4 marinas do Grupo Oriental: marina de Vila do Porto (Santa Maria); marina nascente de Ponta Delgada, marina poente de Ponta Delgada; e marina de Vila Franca do Campo (São Miguel). Foram ainda realizadas observações detalhadas dirigidas a alguns grupos taxonómicos para confirmar a identificação de algumas espécies que suscitavam dúvidas para o que foi especificamente colectado material biológico, eg. Hydrozoa, Cirripedia, Caprellidae, Bryozoa e Tunicata. As amostragens realizadas durante o projeto providenciaram dados sobre a presença de espécies que não estavam previamente registadas na região como *Schizoporella errata*, *Caprella scaura* e *Ciona intestinalis* entre outras. A lista de espécies marinhas não indígenas dos Açores foi actualizada para 69 espécies, a maioria macroalgas (26 espécies) e tunicados (11 espécies). Considerou-se ainda existirem nos Açores 41 espécies criptogénicas.

As marinas de São Miguel e Santa Maria foram amostradas, já que estas áreas foram consideradas prioritárias na vigilância para a presença de espécies marinhas não indígenas. Foram encontradas algumas diferenças na composição em termos de espécies não indígenas para cada uma das marinas amostradas, e que são aparentes mesmo quando só um grupo taxonómico é considerado, e.g. Briozoários. Algumas espécies são encontradas exclusivamente numa determinada marina e.g. *Bugulina simplex* (= *Bugula simplex*) e *Amathia gracilis* (= *Bowerbankia gracilis*) ocorrem apenas na marina de Vila Franca do Campo enquanto *Virididentula dentata* (= *Bugula dentata*) só foi encontrada na marina nova de Ponta Delgada.

Comprovou-se a necessidade de monitorizar as marinas já que são os pontos de entrada destas espécies, como foi demonstrado pelo elevado número de novos registos que foi encontrado na marina de Vila do Porto, Santa Maria, onde uma primeira avaliação tinha sido feita 4 anos antes. Algumas espécies foram consideradas de maior preocupação: *Alexandrium minutum*, *Codium fragile*, *Amphibalanus amphitrite*, *Clavelina lepadiformis*, *Microcosmos squamiger*, *Watersipora subtorquata* e *Tricellaria inopinata*.

A incrustação de cascos de embarcações de recreio foi considerado o principal vector de introdução de NIS nos Açores e por isso este foi um aspecto a que foi dada particular atenção no desenvolvimento do projeto. Os cascos das embarcações de recreio foram inspecionados quando levados para manutenção em doca seca em Ponta Delgada e os donos e/ou skippers das embarcações questionados relativamente aos detalhes das viagens e manutenção dos cascos. Vinte e uma espécies marinhas não indígenas foram encontradas nestes cascos, algumas com um histórico de invisibilidade à escala global.

Também o isco vivo foi estudado como potencial vector para a introdução de espécies marinhas não indígenas, para o que foram prospectadas as lojas de venda deste material em São Miguel e Santa Maria e foram consultados os dados de importação de organismos vivos, cedidos pela GNR.

A informação sobre as condições óptimas para o estabelecimento de cada espécie marinha não indígena presente nos Açores também foi recolhida para tentar avaliar o risco de estabelecimento em face das condições ambientais que encontram nos Açores. Fizeram-se algumas experiências sobre o ciclo reprodutivo de algumas espécies seleccionadas e.g. *Bugula neritina* e *Amanthia verticillata*.

Foi dado parecer técnico à administração da marina de Vila do Porto relativamente às condições aconselhadas para manutenção (limpeza) dos cascos das embarcações tendo em vista minimizar os problemas associados com a dispersão destas espécies.

O potencial biotecnológico de algumas espécies seleccionadas foi também abordado no projeto e.g. as macroalgas *Asparagopsis armata*, *Asparagopsis taxiformis*, *Codium fragile* subsp. *fragile*, e os invertebrados *Microcosmus squamiger*, *Bugula neritina*, *Tricellaria inopinata* e *Amathia verticillata*. Assim, foram preparados extractos de exemplares destas espécies colectadas em Santa Maria (SMA) e em São Miguel (SM). No que respeita à actividade anticolinesterásica, que poderá ser indicativa da existência de compostos com potencial no tratamento da Doença de

Alzheimer (DA), obtiveram-se resultados de destaque em quatro extractos. O extracto de metanol de *M. squamiger* (SMA) apresentou uma actividade superior à galantamina, um medicamento utilizado no tratamento da DA. Obtiveram-se também actividades elevadas nos extractos de diclorometano de *B. neritina* (SMA), de *A. taxiformis* e de *A. verticillata*. Foram testadas as actividades antitumorais in vitro dos extractos contra três linhagens celulares de carcinomas humanos, HeLa (cancro de colo do útero), A549 (pulmão) e MCF7 (mama), usando-se Vero (rim de macaco) como linhagem de controlo não tumoral.

4.4.1 | Macroalgas

Considerando o panorama mundial, cerca de 3% das espécies de macroalgas são espécies não indígenas, contrastando com o número de espécies de macroalgas não indígenas descritas para os Açores onde a percentagem se encontra acima dos 6%. Das 26 espécies registadas, 20 encontram-se estabelecidas, estando 7 na categoria de espécies com potencial invasor: *Asparagopsis armata*, *Asparagopsis taxiformis*, *Bonnemaisonia hamifera*, *Caulerpa webbiana*, *Codium fragile* subsp. *fragile*, *Grateloupia turuturu* e *Symphyclocladia marchantioides*. Destas, todas à excepção da *Caulerpa webbiana*, estão presentes em mais de uma ilha. Uma vez que estas espécies estão incluídas na lista das 100 piores NIS no Mar Mediterrâneo (Streftaris e Zenetos 2006), considerou-se que deve ser dada especial atenção às suas populações e que se devem desenvolver programas de monitorização e mitigação locais, a fim de evitar e prevenir impactos ecológicos negativos a longo prazo.

Além disso, 40 espécies são identificadas como macroalgas criptogénicas. São Miguel apresenta o maior número de NIS de macroalgas (18 espécies) e a Ilha do Corvo o menor número (2 espécies). Foi também para São Miguel o primeiro registo de introdução nos Açores para 69% das macroalgas NIS. Isto não é surpreendente, pois São Miguel não só é a maior e principal ilha do arquipélago, como tem maior movimento de tráfego marítimo, e também está localizada no grupo geográfico do arquipélago mais próximo ao continente. A ilha do Faial, um local importante de escalas de vela conta com 15% dos primeiros registos. Corvo, a ilha mais pequena do arquipélago, quase 600 km distante de São Miguel não tem primeiros registos de NIS de macroalgas e apresenta apenas 2 registos, representando 8% do total de macroalgas NIS dos Açores.

A distribuição taxonómica de macroalgas NIS nos Açores inclui 84% Rhodophyta, 8% Chlorophyta e 8% Ochrophyta. Este padrão Açoreano de NIS é significativamente diferente do padrão global taxonómico conhecido e também contrasta com o padrão regional de composição de espécies nativas de macroalgas: 65% Rhodophyta, 17% Chlorophyta e 18% Ochrophyta. A principal diferença está na proporção de Rhodophyta, o grupo mais representativo, e representado sobretudo pelos grupos funcionais filamentoso e corticado.

Vinte e duas das macroalgas NIS registadas nos Açores têm a sua origem nativa nos oceanos Índico e/ou Pacífico, enquanto apenas três espécies são originárias do Atlântico ocidental e uma espécie do nordeste do Atlântico. A maioria das espécies introduzidas com sucesso nos Açores são nativas do Indo-Pacífico, que apresenta os maiores níveis de biodiversidade para diferentes grupos taxonómicos, incluindo macroalgas (Kerswell 2006; Williams e Smith 2007). Esta origem Indo-Pacífica é semelhante à origem nativa global de macroalgas NIS.

O tráfego marítimo parece ser o vector mais comum para introdução de macroalgas nos Açores. Isto foi confirmado para cerca de 69% das macroalgas introduzidas, sendo que 56% destas resultarão de introduções por incrustações 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, parece haver 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 conhecido de introduções de macroalgas, por exemplo, a distribuição descontínua em relação à área nativa ou introdução em outros locais da costa atlântica europeia.

O elevado número de macroalgas NIS observado nos Açores contrasta claramente com outras áreas geográficas do mundo, e esse 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. Este estudo destaca a vulnerabilidade das ilhas remotas para a introdução de macroalgas e a necessidade de desenvolver mais estudos sobre outros arquipélagos para entender se a vulnerabilidade observada é geralmente característica das ilhas oceânicas. É realçada a necessidade de desenvolver programas de mitigação e monitorização local e de implementar medidas regulamentares e preventivas para o vector tráfego marítimo.

4.4.2 | Macroinvertebrados

Os filos de macroinvertebrados que englobam espécies marinhas não indígenas nos Açores são: Chordata - 12 espécies introduzidas + 2 registos novos (projeto ASMAS); Bryozoa - 6 espécies introduzidas + 3 registos novos (projeto ASMAS); Mollusca - 7 espécies introduzidas; Arthropoda - 5 espécies introduzidas + 1 registo novo (projeto ASMAS); Cnidária - 3 espécies introduzidas; Annelida - 3 espécies introduzidas; Porifera - 2 espécies introduzidas. No total, são 44 espécies introduzidas, incluindo os 6 novos registos adicionados pelo projeto ASMAS.

4.4.3 | Vectores

4.4.3.1 | Incrustações

Dezasseis vias de introdução de espécies não indígenas marinhas estão identificadas à escala global. No arquipélago dos Açores, a náutica de recreio parece desempenhar um papel crucial na propagação destas espécies. Uma análise das comunidades incrustantes no casco de algumas embarcações, permitiu identificar os 2 principais filos introduzidos por esta via: Bryozoa (7 espécies) e Chordata (6 espécies). As 13 espécies identificadas têm um potencial invasivo histórico a nível global. A probabilidade de introdução de espécies não indígenas no Arquipélago através das embarcações de recreio está dependente da história da manutenção do casco, dos portos de atracagem e dos hábitos do usuário.

4.4.3.2 | Isco vivo

Foi analisada a possibilidade de introdução de espécies marinhas não indígenas nos ecossistemas costeiros de São Miguel através da utilização de isco vivo pela pesca recreativa. Uma pesquisa nas lojas de venda de produtos e equipamentos para pesca revelou que apenas espécies de *Polychaeta* são importadas como isco vivo para a ilha. Os espécimens identificados revelaram ser *Perinereis lineata*, uma espécie nativa do Pacífico. Além disso Segundo o SEPNA são importadas mais de 11.000 caixas de isco deste tipo para São Miguel por ano. Inquéritos feitos aos utilizadores, pescadores de cana, revelaram que 1/3 destes descartam os restos não usados no mar. Apesar de não ter sido

ainda detectado o estabelecimento desta espécie nos Açores, parece poder ser apenas uma questão de tempo. O risco do seu estabelecimento pode ser minorado por adopção de medidas simples, como a sensibilização dos pescadores sobre a melhor maneira de descartarem o isco não utilizado e produzir legislação relativamente à utilização de isco vivo. O cultivo de espécies de poliquetas nativos poderá ser uma solução a considerar e providenciar uma indústria nova local.

4.4.4 | Potencial bio-activo de espécies marinhas não indígenas presentes nos Açores

Foi feita uma avaliação do potencial de algumas espécies marinhas não nativas como fonte de compostos bio-activos com aplicação como drogas terapêuticas, biopesticidas ou aditivos alimentares. Neste contexto, extractos das seguintes espécies; *Asparagopsis taxiformis*, *Asparagopsis armata*, *Codium fragile* subsp. *fragile*, *Bugula neritina* Linnaeus, *Tricellaria inopinata*, *Amathia verticillata* e *Microcosmus squamiger* foram avaliados in vitro para actividade Antitumoral, Anticolinesterásica e Antioxidante. Embora nenhum dos extractos tivesse apresentado uma actividade antioxidante forte, 38.9% dos extractos testados mostraram actividade contra células tumorais, em particular contra a linhagem MCF7 de células cancerígenas de cancro da mama humano. O extracto com maior efetividade, o de *A. verticillata*, apresentou selectividade entre as células cancerosas e as normais. Este último extracto foi também o único que se mostrou activo contra células HeLa. Quatro dos 18 extractos testados mostraram um efeito anticolinesterásico extremamente activo, apontando para a presença de compostos que podem ter uma utilização como biopesticidas ou na terapia da doença de Alzheimer. Foram isolados 3 compostos puros e a sua estrutura determinada por técnicas de NMR e MS. Ficou patente o interesse em continuar estes trabalhos, nomeadamente no que diz respeito à caracterização química dos extractos activos e à identificação de outras moléculas responsáveis por estas actividades.

No que respeita à actividade antivegetativa, foram efectuados até ao momento testes de mortalidade do esperma de uma espécie de tunicado com extractos de metanol de *A. verticillata*, *C. fragile* subsp. *fragile* e *B. neritina*, e extracto de diclorometano de *A. taxiformis*. O extracto de *C. fragile fragile* foi o único a apresentar actividade espermicida, estando actualmente estes testes a ser efectuados com outras concentrações do mesmo extracto. Foram também realizados ensaios de assentamento de larvas em superfície tratada com extractos. Até ao momento, os resultados que indicam maior potencial de exploração económica referem-se à actividade anticolinesterásica.

5 | ESPÉCIES MARINHAS NÃO INDÍGENAS DOS AÇORES

Neste momento estão registadas 71 espécies marinhas não indígenas, pertencentes a 11 filos, que se apresentam na Tabela I. No entanto, verifica-se que as bases de dados internacionais sobre esta temática estão muito incompletas relativamente à ocorrência de muitas destas espécies nos Açores (Tabela II, Fig. 19).

A aplicação dos critérios enumerados na metodologia, levou a que várias espécies classificadas em anteriores listas de NIS dos Açores fossem retiradas da lista agora apresentada (e.g. *Ligia oceanica* – amostragens dirigidas a esta espécie nos últimos anos foram inconsequentes pelo que considerámos este registo como duvidoso, por não estabelecimento da espécie na região ou identificação errónea; *Sabella spallanzanni* por consideramos o seu status nativa/não indígena nos Açores e portanto criptogénica). Para além destas, outras alterações foram feitas à lista apresentada na Estratégia Marinha para a subdivisão dos Açores; corrigimos alguns erros taxonómicos relativamente às espécies de algas, *Antithamnion pectinatum* foi substituído por *Antithamnion nipponicum* de acordo com Cho et al. (2005), *Codium vermilara* foi considerada nativa, uma vez que não apresenta descontinuidade na sua distribuição (é originária do Mediterrâneo e está presente no Nordeste Europeu, incluindo Portugal e Espanha). *Sphaerotrichia divaricata* foi considerada criptogénica. Retiramos *Engina turbinella* porque os exemplares assim identificados por Morton et al (1998) foram posteriormente identificados por Ávila et al. 2000) como *Pollia dorbignyi*. A obtenção de mais informação acerca das espécies criptogénicas poderá resultar num acréscimo à lista de NIS marinhas no arquipélago.

Os registos mais antigos de espécies consideradas não indígenas nos Açores foram dados por Gruvel (1920) das cracas do Indo-pacífico *Balanus trigonus* e *Amphibalanus amphitrite* encontradas no Faial em 1887. Desde essa data têm-se vindo a registar um aumento crescente das espécies marinhas não indígenas presentes no arquipélago (Fig. 20).

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 vector de introdução.

	Data do 1º Registo	Referência do 1º Registo	Distribuição nativa	Vector de introdução
MIOZOA				
<i>Alexandrium minutum</i> Halim, 1960	2013	Santos et al. (2014)	Mediterrâneo Oriental	aquacultura?
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 densus</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>Spongoconium 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 & Briton (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 Ambrogi, 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>Polia 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	Monnot & 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, 1927	2009	Marc Rius (<i>pers. comm.</i>)	Índico	embarcações
<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	?

Tabela II. Registo da ocorrência nos Açores das NIS marinhas listadas para o arquipélago, nas bases de dados internacionais sobre a temática.¹ Information system on Aquatic Non-Indigenous and Cryptogenic Species; ² Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe; ³ National Estuarine and Marine Exotic Species Information System.

TAXA	AquaNIS ¹	DAISIE ²	NEMESIS ³
MIOZOA			
<i>Alexandrium minutum</i> Halim, 1960			
CHLOROPHYTA			
<i>Caulerpa webbiana</i> Montagne, 1837	x	x	
<i>Codium fragile</i> subsp. <i>Fragile</i> (Suringar) Hariot, 1889	x		
OCHROPHYTA			
<i>Papenfussiella kuromo</i> (Yendo) Inagaki, 1958			
<i>Petalonia binghamiae</i> (J. Agardh) K.L.Vinogradova, 1973			
RHODOPHYTA			
<i>Aglaothamnion cordatum</i> (Børgesen) Feldmann-Mazoyer, 1941			
<i>Antithamnion densum</i> (Surh) M.A. Howe, 1914			
<i>Antithamnion diminutum</i> Wollaston, 1968	x	x	
<i>Antithamnion nipponicum</i> (Montagne) J. Brauner		x	
<i>Antithamnionella ternifolia</i> (J.D. Hooker & Harvey) Lyle, 1922			
<i>Asparagopsis armata</i> Harvey, 1855	x	x	
<i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan de Saint-Léon, 1845	x		
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> Hariot, 1891	x	x	
<i>Ceramium cingulatum</i> Weber-van Bosse, 1923			
<i>Corynomorpha prismatica</i> (J. Agardh) J. Agardh, 1876			
<i>Grallatoria reptans</i> M.A. Howe, 1896			
<i>Grateloupia turuturu</i> Yamada, 1941			
<i>Hypnea flagelliformis</i> Greville ex J. Agardh, 1851	x		

TAXA	AquaNIS ¹	DAISIE ²	NEMESIS ³
RHODOPHYTA			
<i>Laurencia brongniartii</i> J. Agardh, 1841	x		
<i>Laurencia chondrioides</i> Børgesen, 1918			
<i>Laurenciadendroidea</i> J. Agardh, 1852			
<i>Neosiphonia harveyi</i> (J. Bailey) M.-S. Kim, H.-G. Choi, Guiry & G.W. Saunders, 2001	x		
<i>Neosiphonia sphaerocarpa</i> (Børgesen) M.-S. Kim & I.K. Lee, 1999			
<i>Pterosiphonia pinnulata</i> (Kützinger) Maggs and Hommersand, 1993	x		
<i>Scageliopsis patens</i> Wollaston, 1981	x	x	
<i>Spongoclonium caribaeum</i> (Børgesen) M.J. Wynne, 1981	x		
<i>Symphycladia marchantioides</i> (Harvey) Falkenberg, 1897	x	x	
PORIFERA			
<i>Desmacella meliorata</i> Wiedenmayer, 1977			
<i>Paraleucilla magna</i> (Klautau, Monteiro & Borojevic, 2004)	x		
CNIDARIA			
<i>Ectopleura crocea</i> (Agassiz, 1862)			x
<i>Kirchenpaueria halecioides</i> (Alder, 1859)	x		
<i>Tubularia indivisa</i> Linnaeus, 1758			
ANNELIDA			
<i>Branchiura sowerbyi</i> Beddard, 1892	x		
<i>Hydroides elegans</i> (Haswell, 1883)	x	x	x
<i>Spirorbis (Spirorbis) marioni</i> Caullery, Mesnil, 1897		x	
BRYOZOA			
<i>Amathia gracilis</i> Leidy, 1855			
<i>Amathia verticillata</i> (delle Chiaje, 1822)	x		x

TAXA	AquaNIS ¹	DAISIE ²	NEMESIS ³
BRYOZOA			
<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1758)	x		x
<i>Bugulina simplex</i> Hincks, 1886	x		x
<i>Bugulina stolonifera</i> Ryland, 1960	x		x
<i>Schizoporella errata</i> (Waters, 1878)			x
<i>Tricellaria inopinata</i> d'Hondt & Occhipinti Ambrogi, 1985			
<i>Watersipora subtorquata</i> (d'Orbigny, 1852)			x
MOLLUSCA			
<i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758)	x		
<i>Mytilus edulis</i> Linnaeus, 1758	x		x
<i>Phorcus sauciatu</i> s (Koch, 1845)			
<i>Pinctada imbricata radiata</i> (Leach, 1814)	x	x	
<i>Pollia dorbignyi</i> (Payraudeau, 1826)	x		
<i>Ruditapes decussatus</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	
<i>Truncatella subcylindrica</i> (Linnaeus, 1758)			x
ARTHROPODA			
<i>Amphibalanus amphitrite</i> (Darwin, 1854)			x
<i>Amphibalanus eburneus</i> (Gould, 1841)	x	x	x
<i>Balanus trigonus</i> Darwin, 1854	x	x	
<i>Caprella scaura</i> Templeton, 1836			
<i>Perforatus perforatus</i> Bruguiere, 1789			
CHORDATA / Urochordata			
<i>Alloeocarpa loculosa</i> C. Monniot, 1974	x	x	
<i>Ascidia interrupta</i> Heller, 1878			

TAXA	AquaNIS ¹	DAISIE ²	NEMESIS ³
CHORDATA / Urochordata			
<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1766)	x	x	x
<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1767)			
<i>Clavelina lepadiformis</i> (O.F. Müller, 1776)	x	x	x
<i>Clavelina oblonga</i> Herdman, 1880	x	x	
<i>Distaplia corolla</i> Monniot, 1975	x	x	
<i>Microcosmus squamiger</i> Michaelsen, 1927	x		x
<i>Molgula plana</i> Monniot C., 1971			
<i>Perophora viridis</i> Verrill, 1871	x		
<i>Polyclinum aurantium</i> Milne-Edwards, 1841			
<i>Pyura tessellata</i> (Forbes, 1848)			
<i>Styela clava</i> (Herdman, 1881)			
<i>Styela plicata</i> (Lesueur, 1823)	x		x
CHORDATA / Vertebrata			
<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hillaire, 1817)			

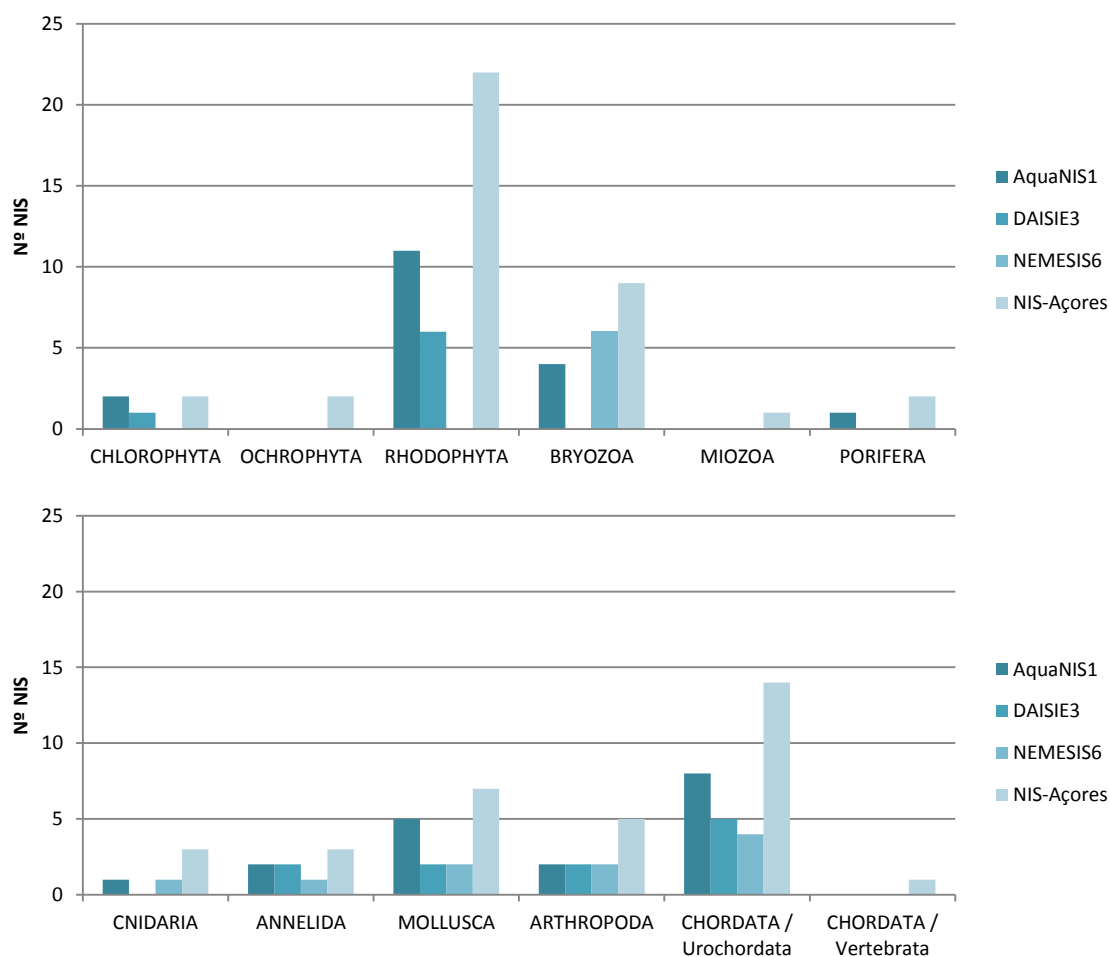


Figura 19. Comparação entre as NIS marinhas registadas para os Açores presentes nas bases de dados internacionais (Tabela II) e a lista actual (Tabela I) por grupo taxonómico.

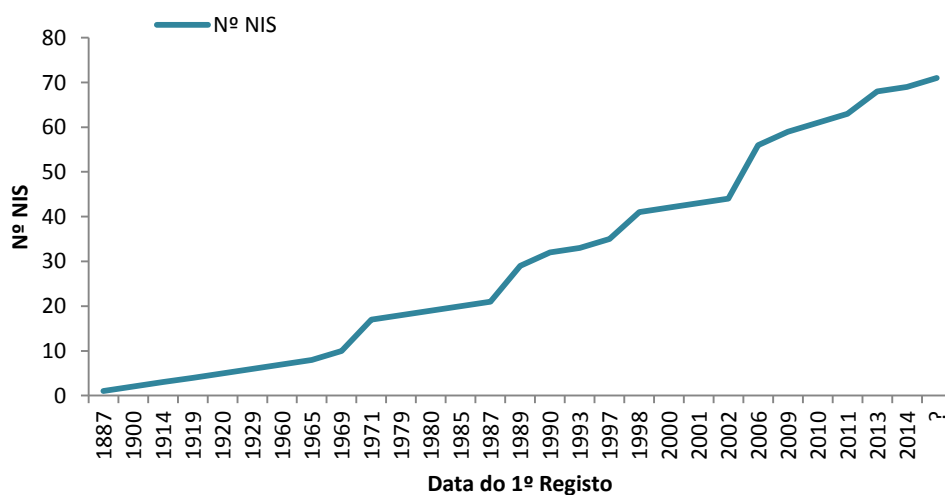


Figura 20. Evolução do número de NIS marinhas registadas no Arquipélago dos Açores.

As macroalgas incluem o grupo mais representado em número de espécies marinhas não indígenas do arquipélago, i.e. as algas vermelhas, Rhodophyta (31%) (Fig. 21) enquanto o grupo mais representado de animais são os Urochordata (ascídeas) (21%). O número e área de distribuição de macroalgas não nativas nos Açores tem vindo a aumentar consideravelmente nos últimos anos (Araújo et al. 2009).

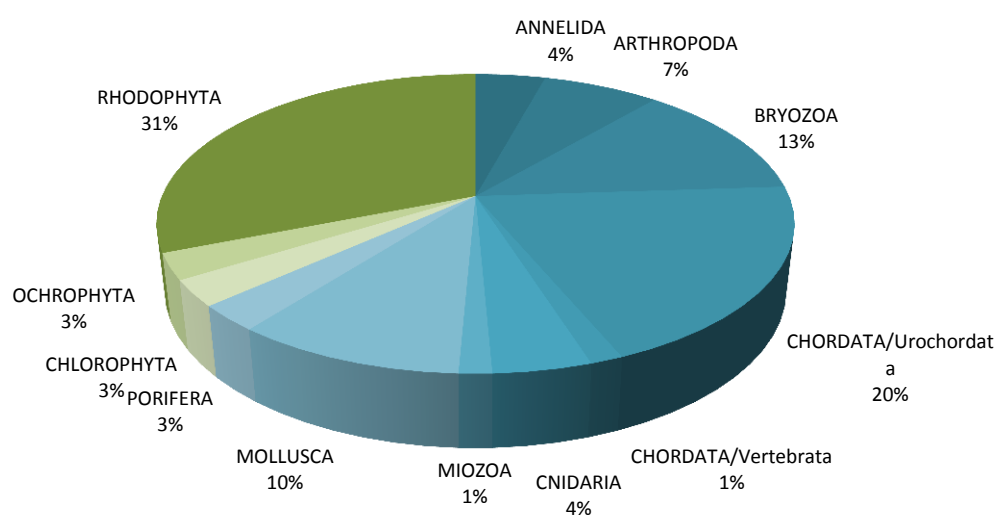


Figura 21. Distribuição por grupo taxonómico das NIS marinhas presentes nos Açores.

Nos Açores são actualmente reconhecidas 439 espécies de macroalgas marinhas, das quais 26 são provavelmente introduzidas. A proporção de espécies de macroalgas não indígenas ronda os 6%, contrastando com os 3% a nível global. A distribuição taxonómica de macroalgas não indígenas nos Açores inclui 84% Rhodophyta, 8% Chlorophyta e 8% Ochrophyta, contrastando com o padrão regional de composição de espécies nativas de macroalgas: 65% Rhodophyta, 17% Chlorophyta e 18% Ochrophyta. A principal diferença está na maior proporção de Rhodophyta, o grupo mais representado que apresentam hábito filamentoso e corticado. Esta proporção pode estar relacionada com a capacidade das algas filamentosas se reproduzirem por fragmentação, característica inerente à maioria das Rhodophyta (Williams & Smith 2007) e por serem espécies pioneiras e frequentemente encontradas em ambientes perturbados como portos (Williams & Smith 2007). Por sua vez o morfotipo corticado também bem representado entre as macroalgas não indígenas nos Açores é característico de habitats com baixa perturbação física (Steneck & Dethier 1994). Das espécies de macroalgas não indígenas registadas nos Açores, 20 encontram-se

estabelecidas (77%), estando 7 na categoria de espécies com potencial invasor: *Asparagopsis armata*, *Asparagopsis taxiformis*, *Bonnemaisonia hamifera*, *Caulerpa webbiana*, *Codium fragile* subsp. *fragile*, *Grateloupia turuturu* e *Symphyocladia marchantioides*. Da mesma forma, um inventário de 2001 reconhece 359 espécies de macroalgas marinhas para o arquipélago da Madeira (Neto et al. 2001). Destas, apenas 8 espécies parecem ser não indígenas (2%) pertencendo todas elas à classe Rhodophyta.

A ocorrência de taxa invasores entre os Porifera não é comum. Apenas três espécies de entre mais de 30 registos de espécies de esponjas não indígenas no mundo, são consideradas invasoras (Longo et al. 2007). Destas, apenas *Paraleucilla magna*, ocorre em águas portuguesas, onde apenas se registam mais três espécies de porifera não indígenas. A distribuição original do género *Paraleucilla* é o Indo-Pacífico e o mar Vermelho e os seus registos no Atlântico e Mediterrâneo são recentes (Klautau et al. 2004, Longo et al. 2007). O vector sugerido como responsável para a introdução de *P. magna* nestas localidades - fauna acompanhante de ostras importadas para aquacultura (Longo et al. 2007)-, terá que ser descartado no presente caso, uma vez que esta atividade não existe nos arquipélagos. Assim, a chegada recente desta esponja estará neste caso mais provavelmente relacionada com transporte no casco de embarcações.

Os briozoários são um grupo de organismos cuja distribuição mundial tem vindo a aumentar muito para além daquilo que seria expectável considerando unicamente as suas capacidades de dispersão natural. Esta sua grande dispersão tem vindo a ser atribuída ao transporte pelo tráfego marítimo quer em águas de lastros quer, sobretudo, em cascos de embarcações (Hipólito et al. 2011). Esta situação é particularmente evidente nas ilhas onde a representatividade do grupo no contexto das espécies marinhas não indígenas é bastante grande. A maior parte dos registos de espécies NIS deste grupo é muito recente, sendo todos posteriores a 1997 e com várias espécies identificadas nos Açores depois de 2001, ex. *Bugula neritina*, *Viridentula dentata*.

São conhecidas 7 espécies de moluscos introduzidos nos Açores, 4 gastrópodes e 3 bivalves. A amêijoia-boia (*Ruditapes decussatus*), tal como o mexilhão (*Mytilus edulis*), são espécies NIS introduzidas no arquipélago dos Açores, a primeira pelo seu interesse económico enquanto recurso explorável (Morton 1967).

Existem actualmente 7 espécies de Artrópodes cuja presença já foi registada nos Açores, sendo todos, à excepção do anfípode caprellídeo *Caprella scaura* a cirrípedes. Os cirrípedes

Amphibalanus amphitrite e *Ballanus trigonus* estão referenciados para o arquipélago dos Açores desde 1887 (Gruvel 1920) e são actualmente frequentes em várias ilhas dos Açores.

Dentro do Filo Chordata, 14 das 15 NIS marinhas registadas nos Açores são tunicados, sendo este de momento o táxon animal com maior representação de NIS marinhas na Região. O sargo-safia, *Diplodus vulgaris*, actualmente frequente nas costas dos Açores, era virtualmente desconhecido no arquipélago antes de 1997. O estudo de Stefanni et al. (2015) sugere uma colonização contemporânea já que a espécie terá chegado há 80 a 150 anos, a que se terá seguido uma mais recente expansão demográfica facilitada pelas alterações climáticas, não excluindo a possibilidade de colonizações sucessivas. Apesar da maioria dos tunicados ocorrer quase exclusivamente nas áreas das marinas recreativas (e.g. *Microcosmus squamiger*, *Styela plicata*, *Styela clava*), algumas espécies colonizaram os ecossistemas naturais com sucesso, como é o caso de *Botryllus schlosseri* e *Clavelina lepadiformis*.

5.1 | Padrões espaciais de distribuição e origem das espécies marinhas não indígenas

Grande parte das espécies não indígenas marinhas ocorre em Portugal continental, e destas 23 espécies foram registadas no arquipélago dos Açores e 12 espécies no arquipélago da Madeira. Os dois arquipélagos partilham 21 espécies marinhas não indígenas (Costa et al., in prep.). A maioria das espécies marinhas não indígenas que ocorrem nos Açores têm distribuição nativa na zona do Índico e Indo-Pacífico (Fig. 22).

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 até pelo menos 40 m de profundidade.

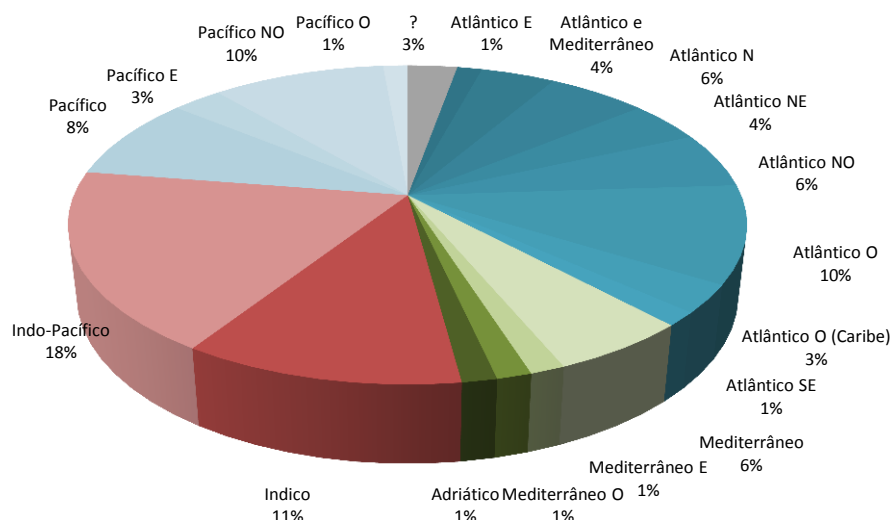


Figura 22. Origem geográfica das NIS marinhas presentes nos Açores.

O elevado número de espécies marinhas não indígenas observado nos Açores contrasta claramente com outras áreas geográficas do mundo, e 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 distribuição das NIS marinhas no arquipélago é apresentada na Tabela III. 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 (Fig. 23) e onde se concentram a maior parte dos estudos em biodiversidade marinha, e em particular em São Miguel, que não só é a maior ilha mas também aquela aonde têm sido efectuados mais estudos em NIS marinhas. Será no entanto interessante sublinhar a presença de alguns registos exclusivos à ilha mais meridional, Santa Maria. No entanto, há várias espécies cuja dispersão já está confirmada em todo o arquipélago (ex., *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. Será necessário realizar amostragens em todas as ilhas dirigidas a estas espécies para actualizar estes dados de distribuição.

Tabela III. Distribuição pelas ilhas do arquipélago dos Açores das espécies marinhas não indígenas (x – presença; + - primeiro registo no arquipélago).

	COR	FLO	FAI	PIC	SJO	GRA	TER	SMI	SMA
MIOZOA									
<i>Alexandrium minutum</i> Halim, 1960					x+				
CHLOROPHYTA									
<i>Caulerpa webbiana</i> Montagne, 1837			x ⁺						
<i>Codium fragile</i> subsp. <i>fragile</i> (Suringar) Howe, 1914								x ⁺	
OCHROPHYTA									
<i>Papenfussiella kuromo</i> (Yendo) Inagaki, 1958								x ⁺	
<i>Petalonia binghamiae</i> (J. Agardh) K.L.Vinogradova, 1973			x	x			x ⁺	x	
RHODOPHYTA									
<i>Aglaothamnion cordatum</i> (Børgesen) Feldmann-Mazoyer, 1941				x ⁺		x ⁺			
<i>Antithamnion densum</i> (Surh) M.A. Howe, 1914				x ⁺					
<i>Antithamnion diminutum</i> Wollaston, 1968			x ⁺	x	x	x		x	
<i>Antithamnion nipponicum</i> (Montagne) J. Brauner, 1935			x ⁺						
<i>Antithamnionella ternifolia</i> (J.D.Hooker & Harvey) Lyle, 1922								x ⁺	
<i>Asparagopsis armata</i> Harvey, 1855	x	x	x	x	x	x ⁺	x	x	x
<i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan de Saint-Léon, 1845		x ⁺		x				x ⁺	x ⁺
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> Hariot, 1891			x			x ⁺	x		
<i>Ceramium cingulatum</i> Weber-van Bosse, 1923				x ⁺	x ⁺		x ⁺	v	
<i>Corynomorpha prismatica</i> (J.Agardh) J.Agardh, 1876									
<i>Grallatoria reptans</i> M.A. Howe, 1896								x ⁺	
<i>Grateloupia turuturu</i> Yamada, 1941		x		x	x	x	x	x ⁺	x

	COR	FLO	FAI	PIC	SJO	GRA	TER	SMI	SMA
RHODOPHYTA									
<i>Hypnea flagelliformis</i> Greville ex J. Agardh, 1851				x ⁺				x ⁺	
<i>Laurencia brongniartii</i> J. Agardh, 1841				x ⁺	x ⁺	x ⁺			
<i>Laurencia chondrioides</i> Børgesen, 1918				x ⁺	x ⁺	x ⁺		x ⁺	
<i>Laurenciadendroidea</i> J. Agardh, 1852				x ⁺	x ⁺	x ⁺		x ⁺	
<i>Neosiphonia harveyi</i> (J. Bailey) M.-S. Kim, H.-G. Choi, Guiry & G.W. Saunders, 2001						x ⁺			
<i>Neosiphonia sphaerocarpa</i> (Børgesen) M.-S. Kim & I.K. Lee, 1999				x ⁺			x ⁺	x ⁺	
<i>Pterosiphonia pinnulata</i> (Kützinger) Maggs and Hommersand, 1993						x ⁺		x ⁺	x ⁺
<i>Scageliopsis patens</i> Wollaston, 1981			x ⁺					x	
<i>Spongoclonium caribaeum</i> (Børgesen) M.J. Wynne, 1981				x ⁺				x ⁺	
<i>Symphyocladia marchantioides</i> (Harvey) Falkenberg, 1897						x ⁺		x ⁺	x ⁺
PORIFERA									
<i>Desmacella meliorata</i> Wiedenmayer, 1977			x ⁺						
<i>Paraleucilla magna</i> (Klautau, Monteiro & Borojevic, 2004)		x ⁺	x						
CNIDARIA									
<i>Ectopleura crocea</i> (Agassiz, 1862)			x ⁺						
<i>Kirchenpaueria halecioides</i> (Alder, 1859)			x ⁺						
<i>Tubularia indivisa</i> Linnaeus, 1758			x ⁺						
ANNELIDA									
<i>Branchiura sowerbyi</i> Beddard, 1892								x ⁺	
<i>Hydroides elegans</i> (Haswell, 1883)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Spirorbis (Spirorbis) marioni</i> Caullery & Mesnil, 1897			x ⁺					x ⁺	

	COR	FLO	FAI	PIC	SJO	GRA	TER	SMI	SMA
BRYOZOA									
<i>Amathia gracilis</i> Leidy, 1855								x	
<i>Amathia verticillata</i> (delle Chiaje, 1822)			x	x	x		x	x	x
<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1758)			x ⁺	x	x			x	x
<i>Bugulina simplex</i> Hincks, 1886								x	
<i>Bugulina stolonifera</i> Ryland, 1960								x	
<i>Schizoporella errata</i> (Waters, 1878)								x ⁺	
<i>Tricellaria inopinata</i> d'Hondt & Occhipinti Ambrogi, 1985								x	x
<i>Watersipora subtorquata</i> (d'Orbigny, 1852)								x	x
MOLLUSCA									
<i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758)			x					x	
<i>Mytilus edulis</i> Linnaeus, 1758								x ⁺	
<i>Phorcus sauciatatus</i> (Koch, 1845)									x ⁺
<i>Pinctada imbricata radiata</i> (Leach, 1814)			x ⁺					x ⁺	
<i>Polia dorbignyi</i> (Payraudeau, 1826)			x	x				x	
<i>Ruditapes decussatus</i> (Linnaeus, 1758)					x				
<i>Truncatella subcylindrica</i> (Linnaeus, 1758)					x	x	x		
ARTHROPODA									
<i>Amphibalanus amphitrite</i> (Darwin, 1854)			x ⁺					x ⁺	
<i>Amphibalanus eburneus</i> (Gould, 1841)			x ⁺					x	
<i>Balanus trigonus</i> Darwin, 1854			x ⁺		x	x	x	x	x
<i>Caprella scaura</i> Templeton, 1836								x ⁺	
<i>Perforatus perforatus</i> Bruguiere, 1789								x ⁺	

	COR	FLO	FAI	PIC	SJO	GRA	TER	SMI	SMA
CHORDATA / Urochordata									
<i>Alloeocarpa loculosa</i> C. Monniot, 1974							x ⁺		
<i>Ascidia interrupta</i> Heller, 1878								x ⁺	
<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1766)								x ⁺	
<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1767)								x ⁺	
<i>Clavelina lepadiformis</i> (O.F. Müller, 1776)			x	X	x			x ⁺	x
<i>Clavelina oblonga</i> Herdman, 1880			x ⁺	x	x				
<i>Distaplia corolla</i> Monniot, 1975			x ⁺	x	x			x	x
<i>Microcosmus squamiger</i> Michaelsen, 1927			x ⁺					x	
<i>Molgula plana</i> Monniot C., 1971								x ⁺	
<i>Perophora viridis</i> Verrill, 1871								x ⁺	
<i>Polyclinum aurantium</i> Milne-Edwards, 1841								x ⁺	
<i>Pyura tessellata</i> (Forbes, 1848)							x ⁺		
<i>Styela clava</i> (Herdman, 1881)								x ⁺	
<i>Styela plicata</i> (Lesueur, 1823)								x ⁺	
CHORDATA / Vertebrata									
<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hillaire, 1817)			x ⁺						

Nos Açores, desde o primeiro levantamento dirigido às espécies marinhas não indígenas realizado em 2006 (Cardigos et al. 2006), assistiu-se a um aumento no seu número, nomeadamente, de várias cracas no porto de Ponta Delgada e de algumas invasões que, de momento, se mantêm limitadas a portos e respectivas áreas circundantes, mas cujas densidades e expansão da área de ocupação levam a alguma preocupação, ex. *Codium fragile* subsp. *fragile* em Vila do Porto (Santa Maria), *Amathia verticillata* um pouco por toda a costa Sul de São Miguel e, o caso mais problemático, a *Caulerpa webbiana* na Horta (Faial).

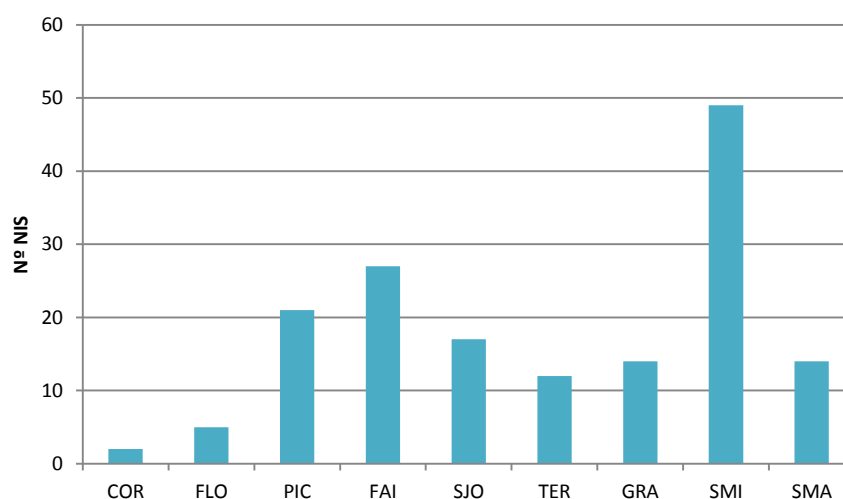


Figura 23. Distribuição das NIS marinhas nas diferentes ilhas do arquipélago.

6 | VECTORES DE INTRODUÇÃO E DISPERSÃO

A navegação tem sido apontada como o principal vector de introdução de espécies não indígenas marinhas. No entanto, são identificadas outras formas de introdução mediadas por outras atividades humanas, como maricultura e pescas (libertações acidentais e intencionais), aquariofilia, navegação de recreio, canais de navegação, construções e movimentação de estruturas artificiais, espécies associadas como organismos incrustantes de ostras ou parasitas e patógenos de mariscos comercialmente explorados e 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 no escuro nos compartimentos de lastro, se encontram células fitoplanctónicas 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 foram o mais antigo vector 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 controle 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 (Fofonoff et al. 2000, Gollasch 2002, Ashton 2006). 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).

O conhecimento sobre as potenciais vias de introdução das espécies não indígenas identificadas indica o tráfego marítimo como vector de introdução mais significativo, com 44% das espécies potencialmente introduzidas através de incrustação em cascos de embarcações (Tabela I, Fig. 24).

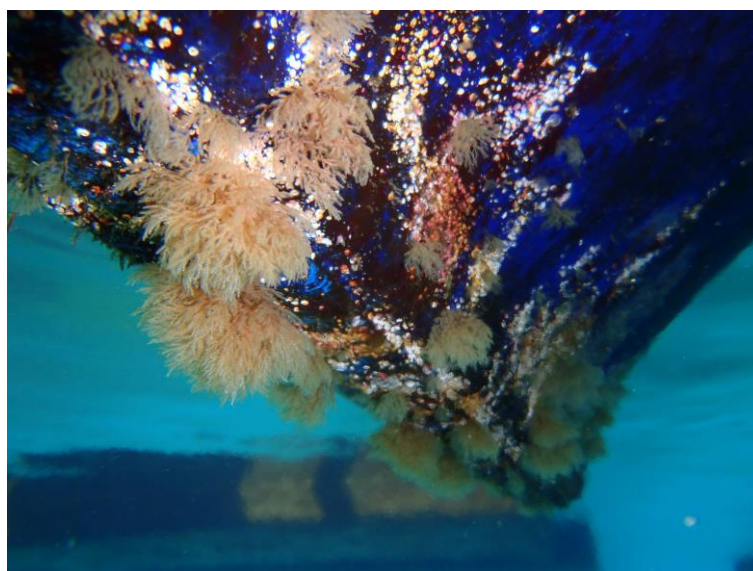


Figura 24. Espécies não indígenas incrustadas em cascos de embarcações na marina de Ponta Delgada.

A náutica de recreio será nos Açores, o principal vector de introduções de espécies marinhas não indígenas, facto a que não será alheia a circunstância de o arquipélago se localizar numa zona privilegiada das rotas transatlânticas de embarcações de recreio à vela, entre o continente europeu e as Caraíbas e Bermuda, numa rota circular que envolve também os arquipélagos da Madeira, Canárias e Cabo Verde (Fig. 25), sendo o principal ponto de paragem na rota de regresso à Europa (Parrain 2011).

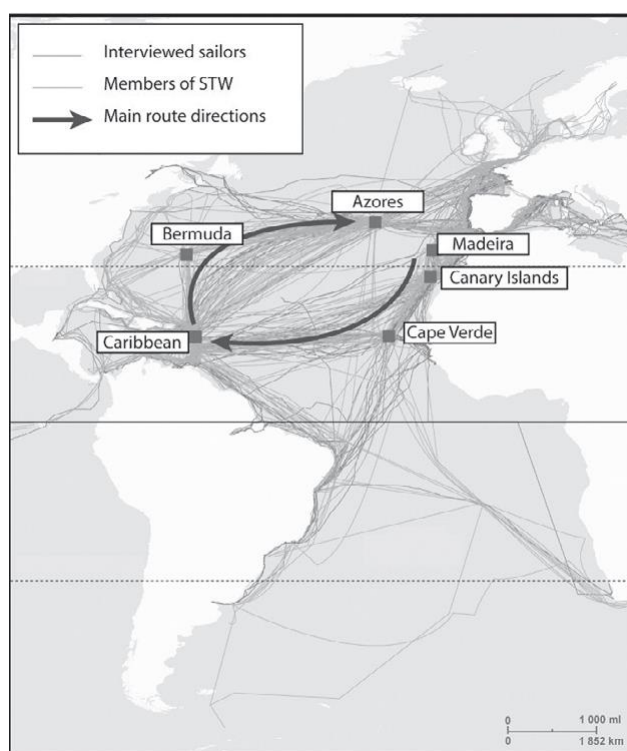


Figura 25. Principais rotas de navegação de recreio no Atlântico segundo Parrain (2011).

Segundo Parrain (2011) nos Açores dão entrada cerca de 1000 embarcações por ano, sendo que o tráfego é mais intenso de Maio a Julho. No entanto dados mais recentes, indicam que nos anos de 2011 e 2012, por exemplo, visitaram essa marina 2.121 embarcações SRAM (2015). Cerca de 54% das embarcações que dão entrada no porto da Horta têm como proveniência as Caraíbas e 16% a Bermuda. As principais marinas dos Açores, são a mais antiga (de 1986) e com o maior tráfego a da Horta no Faial (Fig. 26), a que se seguem o conjunto das duas marinas na ilha Terceira e as duas de São Miguel. A marina das Velas de São Jorge, muito recente, tem vindo a crescer em número de estadas nos últimos anos. No entanto, em termos de tráfego transatlântico Parrain (2011) indicava que 12% das embarcações que se dirigiam à Horta provenientes de Oeste paravam nas Flores que pela sua posição mais ocidental se apresentam como a primeira paragem

possível desde a partida. Após paragem na Horta, estas embarcações partem para E parando ainda na Terceira ou em São Miguel (Fig. 27, Parrain 2011). Estas serão rotas importantes para a distribuição das espécies não indígenas no arquipélago.

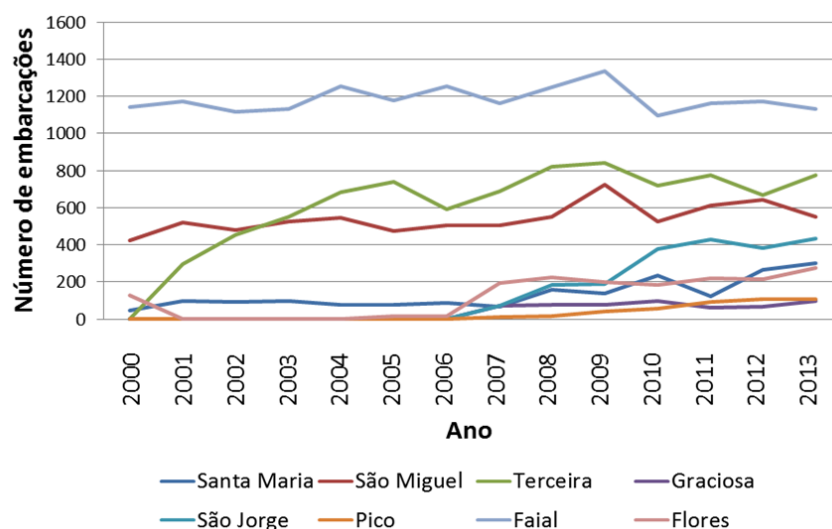


Figura 26. Movimento de náutica de recreio por ilha do arquipélago (SRMCT, 2014).

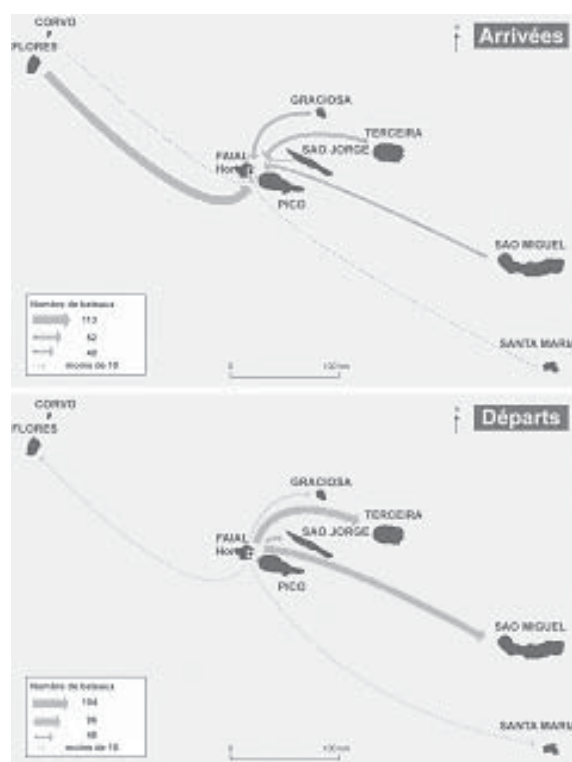


Figura 27. Chegadas e partidas de embarcações de recreio ao porto da Horta no ano de 2007 (Parrain, 2011).

A aquacultura foi o vector com menor importância pois terá sido responsável por apenas 2 introduções: a amêijoia *Ruditapes decussatus* e *Alexandrium minutum*. Em setembro de 2013 foi registado pela primeira vez, nos Açores, o dinoflagelado tóxico *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 e 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 àquela lagoa e as incipientes 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 consequências económica e de saúde pública negativas resultante da introdução de uma espécie nos Açores.

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 se desconhecer para 31% das introduções de macroalgas nos Açores o respectivo vector de transporte, há fortes evidências de essas espécies terem 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.

Existem numerosas espécies cujo status é ainda desconhecido na região, consideradas actualmente como criptogénicas. Um melhor estudo sobre as mesmas poderá resultar num acréscimo à lista de NIS marinhas dos Açores. Na Tabela IV, apresenta-se a lista das macroalgas actualmente incluídas na categoria de criptogénicas.

Tabela IV. Lista das macroalgas criptogénicas nos Açores.

TAXA	1º Registos nos Açores	Data do 1º Registo	Referência do 1º Registo	Outros registos/distribuição Açores	Referência
RHODOPHYTA					
<i>Aglaothamnion feldmanniae</i> Halos	Azores	1986	South & Tittley 1986	?	?
<i>Aglaothamnion tenuissimum</i> (Bonnemaison) Feldmann-Mazoyer	Azores	1986	South & Tittley 1986	FAI; GRA; PIC	Tittley & Neto 1994 Wallenstein 2011
<i>Anotrichium furcellatum</i> (J. Agardh) Baldock	GRA; PIC; SMA; SMI	2005-2007	Wallenstein 2011	-	-
<i>Antithamnionella boergesenii</i> (Cormaci & G. Furnari) Athanasiadis	PIC; SMI	2005-2007	Wallenstein 2011	-	-
<i>Caulacanthus ustulatus</i> (Mertens ex Turner) Kützting	TER	1897	Trelease 1897	FAI; PIC; SJO; SMA; SMI; TER	Schmidt 1931 Wallenstein 2011
<i>Ceramium gaditanum</i> (Clemente) Cremades	FLO	1990	Neto & Azevedo 1990	PIC	Wallenstein 2011
<i>Chondria coerulescens</i> (J. Agardh) Falkenberg	GRA; PIC; SMA; SMI; TER	2005-2007	Wallenstein 2011	-	-
<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodward) C. Agardh	PIC; GRA; SJO; SMA; SMI; TER	2005-2007	Wallenstein 2011	-	-
<i>Chondrus crispus</i> Stackhouse	SMI	1914	Gain 1914	COR; FLO; GRA	Neto 1989 Neto & Baldwin 1990
<i>Cryptonemia seminervis</i> (C. Agardh) J. Agardh	SMI	2001	Tittley & Neto 2005	-	-

TAXA	1º Registos nos Açores	Data do 1º Registo	Referência do 1º Registo	Outros registos/distribuição Açores	Referência
RHODOPHYTA					
<i>Ctenosiphonia hypnoides</i> (Welwitsch ex J. Agardh) Falkenberg	SMI	2002	Tittley & Neto 2005	GRA; PIC; SJO; SMA; SMI; TER	Wallenstein 2011
<i>Dasya baillouviana</i> (S.G. Gmelin) Montagne	SMI	1997	Tittley et al. 2001	-	-
<i>Erythrodermis traillii</i> (Holmes ex Batters) Guiry & Garbary	COR	1990	Neto & Baldwin 1990	FAI; SMI	Neto 1991 Tittley & Neto 1994 Wallenstein 2011
<i>Erythrotrichia carnea</i> (Dillwyn) J. Agardh	FAI; PIC	1989	Tittley & Neto 1994	PIC	Wallenstein 2011
<i>Griffithsia corallinoides</i> (Linnaeus) Trevisan	FLO	1990	Neto & Baldwin 1990	PIC	Wallenstein 2011
<i>Haliptilon virgatum</i> (Zanardini) Garbary & H.W. Johansen	FAI	1889	Piccone 1889	GRA; PIC; SJO; SMA; SMI; TER	Gain 1914 Wallenstein 2011
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamouroux	FAI; SMI	1929	Schmidt 1931	FLO; GRA; PIC; SJO; SMA; SMI	Neto & Baldwin 1990 Neto et al. 1991 Tittley & Neto 1994 Wallenstein 2011
<i>Jania longifurca</i> Zanardini	Azores	1986	South & Tittley 1986	FLO; GRA; PIC; SMA; SMI; TER	Neto & Azevedo 1990 Neto 1991 Neto et al. 1991 Wallenstein 2011
<i>Lomentaria clavellosa</i> (Lightfoot ex Turner) Gaillon	PIC; TER	2005-2007	Wallenstein 2011	-	-
<i>Lomentaria orcadensis</i> (Harvey) F.S. Collins	PIC; TER	2005-2007	Wallenstein 2011	-	-
<i>Lophosiphonia reptabunda</i> (Suhr) Kylin	FAI; PIC	1989	Tittley & Neto 1994	GRA; SJO; SMA; SMI; TER	Wallenstein 2011

TAXA	1º Registos nos Açores	Data do 1º Registo	Referência do 1º Registo	Outros registos/distribuição Açores	Referência
RHODOPHYTA					
<i>Mastocarpus stellatus</i> (Stackhouse) Guiry	SMI	1987	Castro & Viegas 1987	GRA; SMI	Wallenstein 2011
<i>Polysiphonia brodiei</i> (Dillwyn) Sprengel	FAI; PIC	1989	Tittley & Neto 1994	-	-
<i>Polysiphonia denudata</i> (Dillwyn) Greville ex Harvey	COR	1989	Neto & Baldwin 1990	GRA; PIC; SJO; SMA; SMI; TER	Neto et al. 1991 Wallenstein 2011
<i>Polysiphonia fucooides</i> (Hudson) Greville	TER	1960	Larkum 1960	COR; FLO; SMA; SMI	Neto & Baldwin 1990 Neto et al. 1991
<i>Ptilothamnion pluma</i> (Dillwyn) Thuret	GRA	2005-2007	Wallenstein 2011	-	-
<i>Schottera nicaeensis</i> (J.V.Lamouroux ex Duby) Guiry & Hollenberg	COR; FLO	1990	Neto & Baldwin 1990	PIC; SMA; SMI	Neto 1991 Neto et al. 1991 Wallenstein 2011
CLOROPHYTA					
<i>Anadyomene stellata</i> (Wulfen) C. Agardh	PIC	1990	Fralick & Hehre 1990	FAI; PIC	Tittley & Neto 1994 Wallenstein 2011
<i>Cladophora dalmatica</i> Kützinger	PIC	2005-2007	Wallenstein 2011	-	-
<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kützinger	GRA	1989	Neto 1989	FAI; FLO; SMA; TER	Neto & Baldwin 1990 Fralick & Hehre 1990
<i>Cladophoropsis membranacea</i> (Hofman Bang ex C.Agardh) Børgesen	Azores	1986	South & Tittley 1986	FAI; GRA; PIC; SJO; SMI; TER	Tittley & Neto 1994 Wallenstein 2011

TAXA	1º Registos nos Açores	Data do 1º Registo	Referência do 1º Registo	Outros registos/distribuição Açores	Referência
CLOROPHYTA					
<i>Codium effusum</i> (Rafinesque) Delle Chiaje	PIC	2007	León-Cisneros et al. 2012	PIC	Wallenstein 2011
<i>Derbesia tenuissima</i> (Moris & De Notaris) P.L. Crouan & H.M. Crouan	GRA	2005-2007	Wallenstein 2011	-	-
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus	PIC; SMI; TER	2005-2007	Wallenstein 2011	-	-
OCHROPHYTA					
<i>Cutleria multifida</i> (Turner) Greville	FAI; TER	1929	Schmidt 1931	FLO	Neto & Baldwin 1990
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye	Azores	1929	Schmidt 1931	SMI	Tittley & Neto 2005 Wallenstein 2011
<i>Fucus spiralis</i> Linnaeus	TER	1960	Larkum 1960	GRA; PIC; SMA; SMI; TER	Neto 1989 Castro & Viegas 1987 Neto et al. 1991 Tittley & Neto 1994 Wallenstein 2011
<i>Leathesia marina</i> (Lyngbye) Decaisne	SMA	1897	Trelease 1897	FAI; GRA; SMA; SMI; TER	Schmidt 1931 Neto 1989 Neto et al. 1991 Tittley & Neto 1994
<i>Sphacelaria fusca</i> Hudson) S.F. Gray	FAI	1989	Tittley & Neto 1994	SMI	Wallenstein 2011
<i>Sphacelaria tribuloides</i> Meneghini	SMI	1897	Trelease 1897	FAI; PIC	Tittley & Neto 1994 Wallenstein 2011
<i>Sphaerotrichia divaricata</i> (C. Agardh) Kylin	SMI	1991	Neto 1991	-	-

7 | BIOINVASÕES MARINHAS NOS AÇORES

À semelhança do que se passa relativamente ao conceito de espécies não indígenas, é possível encontrar várias definições de bioinvasão, embora relativamente concordantes. Assim, no âmbito do presente trabalho consideramos como bio-invasões marinhas, as perpetradas por NIS marinhas que se estabeleceram e se espalharam agressivamente numa determinada área e causaram impacte significativos a nível ecológico, ou de saúde pública. De momento não existem dados suficientes para caracterizar os impactos económicos das bio-invasões marinhas já identificadas no Arquipélago, nomeadamente as apontadas no caderno de encargos deste programa: *Caulerpa webbiana*, *Amathia verticillata* e *Phorcus sauciatus*.

Uma espécie invasora pode desempenhar um papel significativo no ecossistema receptor, tornando-se dominante ou ocupando o lugar de espécies-chave, portanto, impactando o equilíbrio ecológico de uma determinada área. Outros impactos poderão ser mudanças na diversidade, biomassa, estrutura e composição da comunidade, bem como alterações nas cadeias alimentares, na produção primária, ciclos de nutrientes e regimes de perturbação (Klein et al. 2005).

7.1 | *Caulerpa webbiana*

A macroalga *Caulerpa webbiana* apesar de não apresentar características invasoras noutros locais onde ocorre (ex: Madeira, Canárias), estabeleceu-se com uma grande proliferação no porto da Horta onde chegou em 2002, e rapidamente dominou a flora local do porto atingindo proporções preocupantes (Cardigos et al. 2006). A taxa de crescimento, a resistência, a produção de toxinas anti-herbivoria e a reprodução vegetativa potenciam de forma dramática a expansão da distribuição desta alga. Entre 2007 e 2008 foram estabelecidas as bases para um plano operacional de contenção, com testes de métodos e técnicas de erradicação/controlo de *C. webbiana* e um levantamento e mapeamento da distribuição da alga. A expansão da sua área de distribuição, apesar de abrandada pelas intervenções e tratamentos, não se conseguiu controlar e os dados obtidos entre 2002 e 2008 sugerem que na região este controlo não existe e que, sem intervenção, a expansão e aumento da sua cobertura em zonas infestadas poderá tomar proporções desastrosas.

7.2 | *Amathia verticillata*

Nos Açores, verifica-se que várias espécies que se encontram estabelecidas se reproduzem durante todo o ano apresentando um risco crescente de expansão para fora dos portos e marinas onde têm sido encontradas em elevadas abundâncias, o que já aconteceu em São Miguel com *Amathia verticillata*. Nos Açores, a taxa de dispersão entre as ilhas, mediada pelo tráfego local de embarcações também é bastante rápida. Por exemplo em apenas 3 anos *A. verticillata* espalhou-se desde o local onde foi primeiramente detectada em 2008 para quatro das nove ilhas do arquipélago (Hipólito et al. 2011). O sucesso no estabelecimento destas espécies prende-se não só com as suas características reprodutoras mas também com a sua resistência a certos contaminantes incluindo químicos anti-vegetativos o que facilita a sua dispersão e estabelecimento em portos, mas também à falta de predadores naturais nestes locais.

7.3 | *Phorcus sauciatu*s

Em Julho de 2013, na zona da Prainha (costa Sul da ilha de Santa Maria; Fig. 28), foram descobertos pela primeira vez, 7 exemplares do gastrópode troquídeo *Phorcus sauciatu*s, vulgarmente conhecido pela designação de “burrié”. A mesma área tinha sido investigada em Junho de 2006, 2008 e 2009, não tendo nessa altura sido detectados indivíduos desta espécie (Ávila et al. 2015).

Através do método de Crothers (2001), as idades inferidas para os exemplares deste troquídeo apontam para uma chegada inicial entre 5 e 8-9 anos antes da sua detecção inicial em 2013, logo para uma data de colonização algures entre 2005 e 2008-2009 (Fig. 29). No Verão do ano de 2007 foram registadas por Ávila (observação pessoal) várias jangadas de grandes dimensões contendo espécies pouco comuns ou mesmo desconhecidas até aí no Arquipélago (ex: *Dosima fascicularis*). 95% dos 668 indivíduos analisados e medidos em Junho de 2014 possuem uma idade inferior a 5 anos. A taxa de expansão desta espécie é de cerca de 1 km/ano (Ávila et al. 2015), pelo que se prevê uma rápida colonização da totalidade da costa rochosa da ilha de Santa Maria. Embora a densidade ainda seja relativamente baixa (em média, cerca de 0,45 ind/m de linha de costa, em 2014), prevê-se um aumento desta densidade nos próximos anos.

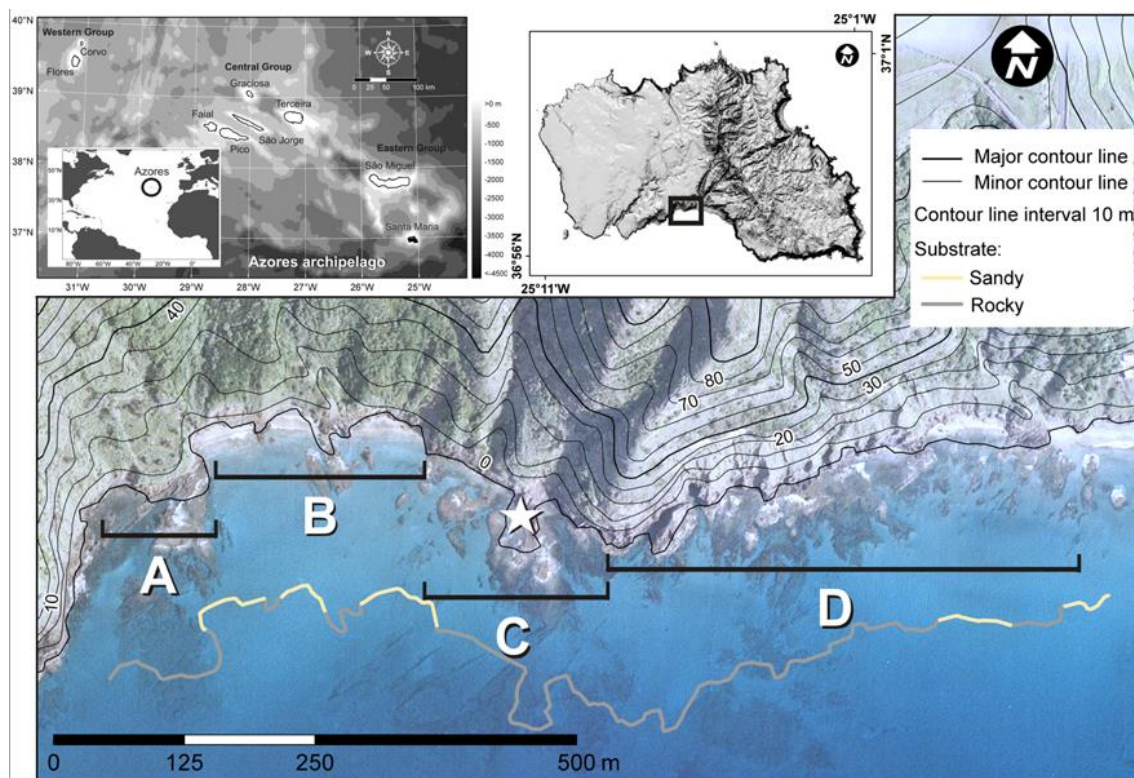


Figura 28. Localização da área amostrada na zona da Prainha. A estrela branca marca o provável ponto de chegada natural /introdução (antrópica ?) desta espécie em Santa Maria (Ávila et al. 2015).

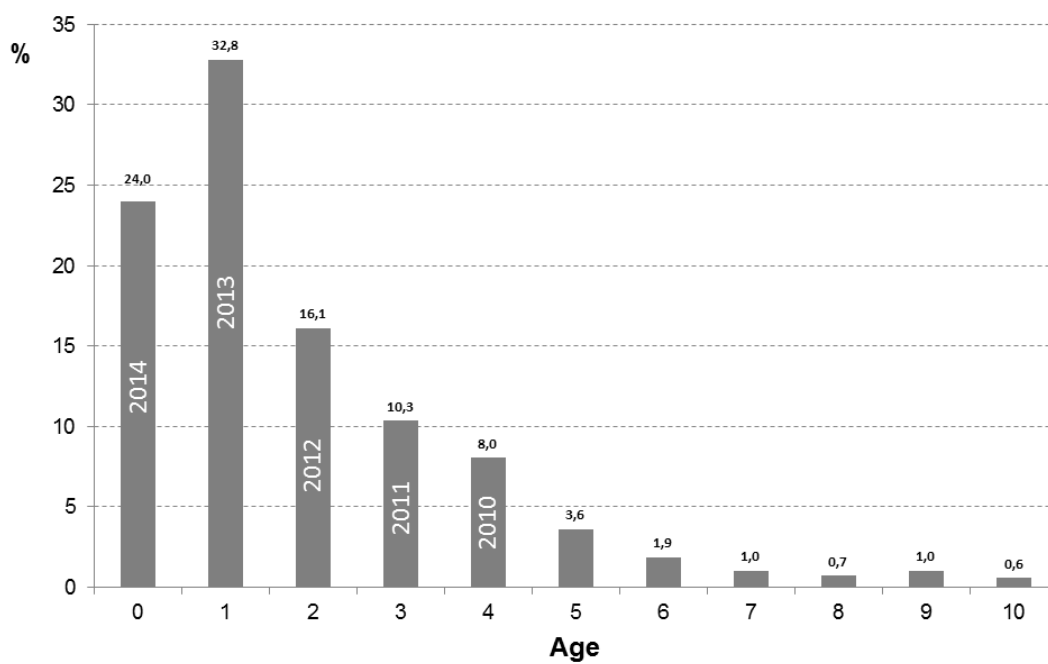


Figura 29. Coortes e respectivos anos, inferidos para a população de *Phorcus sauciatu* da Prainha (n=668) (Ávila et al. 2015).

A espécie congénérica *Phorcus lineatus* pode atingir os 35 mm de comprimento máximo e uma longevidade de 15 anos (Crothers 2001). Os exemplares de maiores dimensões encontrados em 2014 em Santa Maria tinham idades inferidas superiores a 8 anos e cerca de 27 mm de comprimento máximo (Fig.30).

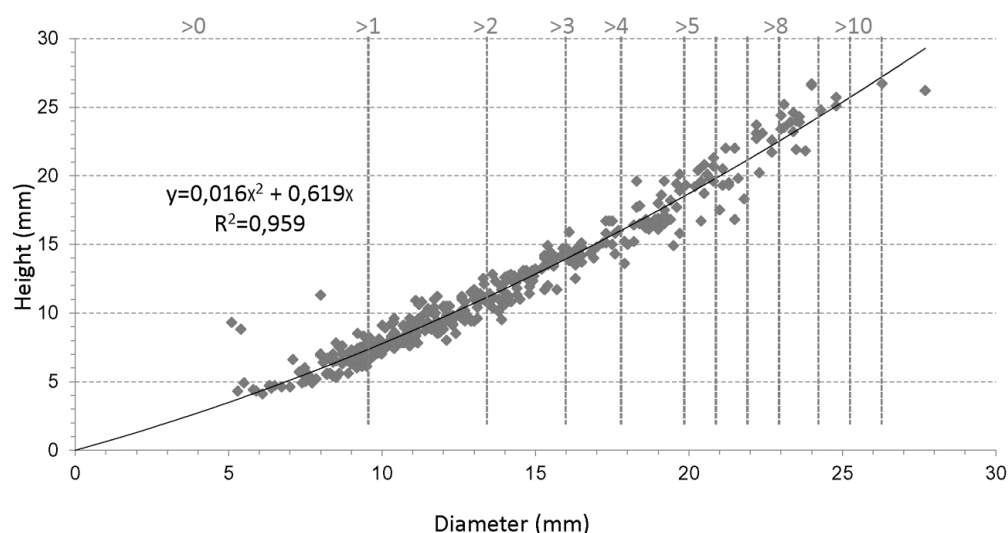


Figura 30. Relação altura versus diâmetro e idades médias inferidas através da dimensão das conchas de *Phorcus sauciatus* (Ávila et al. 2015).

A baixa biodiversidade da malacofauna existente na zona entre-marés, no Arquipélago dos Açores, pode prenunciar um impacto ecológico negativo desta espécie de média dimensão sobre as restantes espécies existentes neste habitat, em particular sobre as lapas, competidoras naturais pelo espaço e, parcialmente, também pelo alimento. As populações naturais de lapas nos Açores, já de si depauperadas devido a sobre-exploração (Martins et al. 2008) podem, assim, ser impactadas pela expansão populacional deste “burrié”.

8 | AÇÕES E METODOLOGIAS PARA COLMATAR LACUNAS DE CONHECIMENTO

Várias são as lacunas de conhecimento encontradas no decorrer dos trabalhos para a elaboração do presente relatório. Na Tabela V, encontram-se identificadas as lacunas de conhecimento enumeradas e possíveis ações e metodologias a utilizar para as colmatar.

Tabela V. Lacunas de conhecimento e respectivas ações e metodologias para as colmatar, numeradas de 1 a 18.

	LACUNAS DE CONHECIMENTO	AÇÕES E METODOLOGIAS	AÇÕES E METODOLOGIAS RELACIONADAS
1	Númerosas espécies criptogénicas cujo status é passível de ser alterado em face a um melhor conhecimento (morfológico, biológico e genético) sobre as mesmas	Desenvolvimento de estudos dirigidos às várias espécies consideradas criptogénicas, em particular para aquelas que outros autores já consideraram como NIS ex. <i>Sabella spallanzanii</i> , <i>Hypnea musciformis</i> , espécies de <i>Polysiphonia</i>	-
2	Desconhecimento a nível internacional da situação relativa às NIS marinhas dos Açores	Enviar informação actualizada aos gestores das bases de dados internacionais	-
3	Desconhecimento do estado actual da invasão da <i>Caulerpa webbiana</i> e da respectiva evolução desde 2012	Realizar o trabalho, previsto no âmbito do presente programa de avaliação e monitorização da situação relativa à <i>Caulerpa webbiana</i> no Faial e ilhéus da Madalena.	-
4	Falta de informação sobre a presença da maior parte das NIS na totalidade dos portos e marinas da região	Realização de levantamentos dirigidos às NIS marinhas em todas as marinas da Região	5 e 10
5	Informação insuficiente sobre o potencial de dispersão das NIS marinhas por todas as ilhas do arquipélago	Realização de levantamentos dirigidos às NIS marinhas em todas as marinas da Região. Realização de prospeções dirigidas às NIS marinhas em todas as ilhas fora dos portos/marinas	4 e 6
6	Inexistência de um programa de detecção precoce e combate a novas NIS e das já consideradas problemáticas nas marinas e portos.	Criação de uma “task force” que realize prospeções regulares dirigidas às NIS marinhas em todos os portos e marinas e áreas adjacentes, com capacidade de intervenção rápida para eliminação dos focos iniciais.	5
7	Falta de informação sobre a presença/abundância fora das marinas e portos nas NIS e em particular das já consideradas problemáticas	Realização de prospeções dirigidas às NIS marinhas em todas as ilhas fora dos portos/marinas	5
8	Desconhecimento do risco de invasão nos Açores para a quase totalidade das NIS marinhas já estabelecidas	Aplicar “modelos de dispersão” às NIS estabelecidas. É necessário recolher a informação relativa às espécies e as características ambientais relevantes na RAA.	10
9	Falta de conhecimento sobre a autoecologia da maior parte das NIS registadas para os Açores	Recolha de informação dos parâmetros biológicos e autoecológicos de cada uma das NIS marinhas do arquipélago, e.g. reprodução e capacidade de dispersão (necessárias para avaliar o risco de invasão nos Açores para NIS marinhas)	8
10	Inexistência de uma lista de espécies de grande potencial invasor e ainda ausentes da RAA, mas para as quais deverá ser implementado um plano de alerta	Levantamento das espécies mais problemáticas presentes nos principais portos de origem das embarcações de recreio que aportam no arquipélago e cruzar a informação relativa à autocolónia destas espécies com os parâmetros ambientais locais e determinar quais os que têm maior probabilidade de se estabelecer na Região Autónoma dos Açores; bem como determinar quais as espécies não marinhas indígenas que constam da lista de importação in vivo, e avaliar a probabilidade de escape e sobrevivência das mesmas nas condições naturais do arquipélago.	-
11	Falta de evidência casuística entre as rotas de tráfego e a presença de NIS marinhas nas várias ilhas que permitam estabelecer as principais rotas dispersão dentro do arquipélago	Este conhecimento obtém-se por cruzamento da informação do tráfego de todas as ilhas dos Açores, incluindo dados da sua proveniência, com amostragens nos respectivos cascos, e com a realização de levantamentos dirigidos às NIS marinhas em todas as marinas da Região.	4 e 12

	LACUNAS DE CONHECIMENTO	AÇÕES E METODOLOGIAS	AÇÕES E METODOLOGIAS RELACIONADAS
12	Desconhecimento do nível de susceptibilidade à invasão do litoral costeiro das várias ilhas. Inexistência de uma lista de zonas de risco de invasibilidade por NIS no arquipélago	Com base na informação das principais rotas de tráfego marítimo mencionadas nos pontos 10 e 12 e das características abióticas dos vários troços de litoral e aplicação de técnicas de SIG, e de um modelo de análise/modelo hierárquico conseguir-se-á propor uma classificação de risco para os vários troços do litoral das ilhas relativamente ao seu risco de invasibilidade por NIS marinhas.	11, 13, 15
13	Desconhecimento (inexistente ou largamente insuficiente) de parâmetros ambientais (correntes costeiras, natureza do substrato, temperatura e salinidade da água, e batimetria fina) numa escala adequada (pequena) e para o litoral de todas as ilhas, necessário para incluir nos modelos preditivos	Levantamentos hidrográficos e batimetria de escala fina para todas as ilhas do arquipélago	12
14	Desconhecimento do impacto real e respectiva quantificação e impacto potencial da presença das várias NIS inclusive das invasoras sobre os ecossistemas locais	Estudos de avaliação do impacto nos ecossistemas naturais da presença de NIS já presentes no arquipélago, por exemplo: <ul style="list-style-type: none"> • comparação do impacto na biodiversidade local; • comparação entre a biodiversidade nativa em zonas com diferentes graus de presença de NIS marinhas; • estudo do efeito nas abundâncias e composição específica das comunidades de herbívoros/predadores nas mesmas zonas; • experiências de palatidade por herbívoros; avaliação no efeito da epifauna; • comparação entre espécies nativas e não nativas; • compilação e integração dos resultados decorrentes de todos estes trabalhos de investigação. 	-
15	Desconhecimento da previsibilidade da expansão e de eventuais invasões sob diversos cenários ambientais inclusive o previsível em função das alterações climáticas	Aplicação das técnicas, mencionadas no ponto 11 em cenários previstos para as condições hidrológicas dos Açores num contexto de alterações climáticas.	12
16	Falta de conhecimento taxonómico e estudos de base em biodiversidade marinha para confirmar o status de muitas espécies actualmente consideradas criptogénicas	Aplicação de técnicas de genética populacional para confirmar a origem aleopátrica de algumas espécies consideradas criptogénicas nomeadamente algumas cuja região de origem levante dúvidas relativamente ao seu status nos Açores (ex. espécies com distribuições nativas do Atlântico NE e/ou Mediterrâneo), ou outras técnicas moleculares que permitam avaliar o grau de semelhança/diferença com outras espécies similares de outras zonas geográficas (ex. COI-5P; DNA Barcoding)	-
17	Falta de levantamentos exaustivos de biodiversidade que permitam utilizar indicadores previstos na Estratégia Marinha - subdivisão Açores	Realização de workshops de taxonomia (realizados por especialistas locais e/ou estrangeiros na falta dos primeiros), dirigidos aos técnicos responsáveis pela realização de levantamentos e eventuais candidatos a esses estudos com o objectivo de aumentar a expertise taxonómica nos vários grupos taxonómicos; realização de levantamentos de biodiversidade marinha em todas as ilhas do arquipélago e para todo o espectro taxonómico	-
18	Desconhecimento da importância do vector incrustações das embarcações de grande porte – navios comerciais e de cruzeiro	Cruzamento de informação relativa à inspeção e amostragem em cascos de navios e com a informação do ponto de origem dos navios que escalam os portos dos Açores.	

9 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos os contributos e argumentos científicos fornecidos pelo Prof. António Frias Martins, Prof^a. Ana Amorim e Doutora Joana Xavier.

10 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta H. & Forrest B. 2009. The spread of marine non-indigenous species via recreational boating: A conceptual model for risk assessment based on fault tree analysis *Ecological modelling* 220: 1586–1598.
- 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.
- Araújo R., Bárbara I., Tibaldo M., Bercebar E., Tapia P. D., Pereira R., Santos R. & Sousa-Pinto I. 2009. Checklist of benthic marine algae and cyanobacteria of northern Portugal. *Botanica Marina* 52: 24–46.
- Ardre F., Boudouresque C.-F. & Cabio'h J. 1974. Présence remarquable du *Symphyocladia marchantioides* (Harvey) Falkenberg (Rhodomélacées, 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, Ceramiales) 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.
- 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.
- Carlton J. T. 1985. Transoceanic and interoceanic dispersal of coastalmarine organisms: the biology of ballast water. *Oceanography and Marine Biology* 23: 313–371.
- Carlton J. T. 1996. Biological Invasions and Cryptogenic Species. *Ecology* 77(6): 1653–1655.
- Carlton J. T. 1999. The scale and ecological consequences of biological invasions in the world's oceans, p. 195-212. In: Sandlund O. T., Schei P. J. & Viken Å., eds., *Invasive Species and Biodiversity Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- 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.
- Cho T.O., Won B.Y. & Fredericq S. 2005. *Antithamnion nipponicum* (Ceramiaceae, Rhodophyta), incorrectly known as *A. pectinatum* in western Europe, is a recent introduction along the North Carolina and Pacific coasts of North America. *European Journal of Phycology* 40: 323-335.
- Cornelius P. 1992. The Azores hydroid fauna and its origin, with discussion of rafting and medusa suppression. *Arquipélago Life and Marine Sciences*. 10: 75-100.
- Costa A. C., Parente M. I., Micael J., Canning-Clode J., Amorim A. & Cháinho P. *in prep.* Espécies marinhas não indígenas em Portugal (continente e ilhas). In: *Invasões Biológicas em Portugal*. CIBIO.
- Crothers J. H. 2001. Common topshells: an introduction to the biology of *Osilinus lineatus* with notes on other species in the genus. *Field Studies*, 10: 115–160.
- Eno N. C., Clark R. A. & Sanderson W. G. (eds). 1997. Nonnative marinespecies in British waters: a review and directory. JNCC, Peterborough.
- 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: I–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. Cirripèdes. *Résultats des Campagnes Scientifiques Accomplies sur son Yacht par Albert 1er. Prince Souverain de Monaco* 53: 1–88.
- Hewitt C. L., Campbell M. L. & Gollasch S. 2006. *Alien Species in Aquaculture. Considerations for responsible use*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. viii + 32 pp.
- IMO 2000-2012. International Maritime Organization. www.imo.org.
- Johnson C. H., Winston J. E. & Woollacott R. M. 2012. Western Atlantic introduction and persistence of the marine bryozoan *Tricellaria inopinata*. *Aquatic Invasions* 7(3): 295-303.
- Kerswell A. P. 2006. Global biodiversity patterns of benthic marine algae. *Ecology* 87: 2479–2488.
- Klautau M., Monteiro L. & Borojevic R. 2004. First occurrence of the genus *Paraleucilla* (Calcarea, Porifera) in the Atlantic Ocean: *P. Magna* sp. nov. *Zootaxa* 710: 1–8.
- Kohler K. & Gill S. 2006. Coral Point Count with Excel Extensions (CPCe): a Visual Basic Program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology ,” *Computers and Geosciences*, vol. 32: 1259–1269.
- Longo C., Mastrototaro F. & Corriero G. 2007. Occurrence of *Paraleucilla magna* (Porifera, Calcarea) in the Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 87 (6): 1749-1755.
- Loope L. & Mueller-Dombois D. 1989. Characteristics of invaded islands, p. 257–80. In: Drake, J.A., et al., eds., *Ecology of biological invasions: a global synthesis*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- 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 G. M., Jenkins S. R., Hawkins S. J., Neto A. I. & Thompson R. C. 2008. Exploitation of rocky intertidal grazers: population status and potential impacts on community structure and functioning. *Aquatic Biology* 3: 1–10.
- Micael J., Parente M. I. & Costa A. C. 2014. Tracking macroalgae introductions in North Atlantic oceanic islands. *Helgoland Marine Research Journal* 68: 209-219.
- 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., 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. Ascídies 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. *Arquipélago Life and Marine Sciences* (Suppl. 2): 29-51.
- Neto A. I. 1989. Algas marinhas do litoral da ilha Graciosa. Graciosa/88. Relatório preliminar. Relatórios e Comunicações do Departamento de Biologia da Universidade dos Açores 17: 61–65.
- Neto A. I., Cravo D. C. & Haroun R. T. 2001. Checklist of the benthic marine plants of the Madeira Archipelago. *Botanica Marina* 44: 391-414.
- Nobre A. 1930. Materiais para o estudo da Fauna dos Açores. Instituto de Zoologia da Universidade dos Açores. 108pp.
- Occhipinti-Ambrogi A. & Sheppard, C. 2007. *Mar. Pollut. Bull.* 55: 299.
- Occhipinti-Ambrogi A., Marchini A., Cantone G., Castelli A., Chimenz C., Cormaci M., Frogia 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.
- Parrain C. 2011. Sailing routes and stopovers: spatial disparities across the Atlantic. *Journal of Coastal Research* 61: 140-149
- Randall J. E. 1987. Introductions of marine fishes to the Hawaiian Islands. *Bulletin of Marine Science* 41: 490–502.
- 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.
- Rosenthal H. 1980. Implications of transplantations to aquaculture and ecosystems. *Marine Fisheries Review* 42: 1–14.
- 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.
- 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.
- Santos R. S., Monteiro J., Parretti P. & Fontes J. 2012. Recuperação ou melhoria de Gestão das Zonas Especiais de Conservação Marinhas dos Açores. Relatório Final.
- Schmidt O. C. 1929. Beiträge zur Kenntnis der Meeresalgen der Azoren II. *Hedwigia* 69: 165–172.
- SRMCT 2014. Estratégia Marinha para a subdivisão dos Açores. Diretiva Quadro Estratégia Marinha. Secretaria Regional dos Recursos Naturais. Outubro de 2014.
- Southward A.J. 1998. New observations on barnacles (Crustacea: Cirripedia) of the Azores Region. *Arquipélago Life and Marine Sciences* 16A: 11-27.
- Stefanni S., Castilho R., Sala-Bozano M., Robalo J. I., Francisco S. M., Santos R. S., Marques N., Brito A., Almada V. C. & Mariani S. 2015. Establishment of a coastal fish in the Azores: recent colonisation or sudden expansion of an ancient relict population? *Heredity* 115: 527–537.
- Steneck R. S. & Dethier M. N. 1994. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos* 69 (3): 476–497.
- Streftaris N., Zenetos A. & Papathanassiou E. 2005. Globalisation in marine ecosystems—The story of non-indigenous marine species across European Seas. *Oceanogr Mar Biol* 43: 419–453.
- Streftaris N. & Zenetos A. 2006. Alien marine species in the Mediterranean—the 100 ‘Worst Invasives’ and their impact. *Mediterranean Marine Science* 7(1): 87-118.
- Tempera F., P. Afonso T. Morato R. Prieto M., Silva A. Cruz J. Gonçalves & 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
- 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.
- Weigl S. M., Smith L. D., Carlton J. T. & Pederson J. 2005. Assessing the risk of introducing exotic species via the live marine species trade. *Conservation Biology* 19 (1): 213–223.
- 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. *Ann Rev EcolEvol Syst* 38: 327–359.
- Williamson M. & Fitter A. 1996. The varying success of invaders. *Ecology* 77: 1661–1666.
- Xavier J. R. & Costa A. C. 2010. Porifera. In: Borges PAV, Costa A, Cunha R, Gabriel R, Gonçalves V, Martins AF, Melo I, Parente M, Raposeiro P, Rodrigues P, Santos RS, Silva L, Vieira P, Vieira V (eds.). A list of the terrestrial and marine biota from the Azores. pp. 297-299, Príncipe, Cascais, 432 pp.
- Zibrowius H. & Bianchi C. N. 1981. *Spirorbis marioni* et *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.