



**MARINHA DO BRASIL
INSTITUTO DE ESTUDOS DO MAR ALMIRANTE PAULO MOREIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA MARINHA**

LUCAS PAES CASTELO BRANCO

POTENCIAL INVASOR DE *Didemnum* sp (Chordata:Tunicata: Ascidiacea)

ARRAIAL DO CABO/RJ

2018



**MARINHA DO BRASIL
INSTITUTO DE ESTUDOS DO MAR ALMIRANTE PAULO MOREIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA MARINHA**

LUCAS PAES CASTELO BRANCO

**POTENCIAL INVASOR DE *Didemnum* sp (CHORDATA:TUNICATA:
ASCIDIACEA)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Marinha do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira e à Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia Marinha.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Coutinho - IEAPM

Co-orientador(a): Dr. Luciana V. Granthom Costa - IEAPM

ARRAIAL DO CABO/RJ

2018

LUCAS PAES CASTELO BRANCO

**POTENCIAL INVASOR DE *Didemnum* sp (CHORDATA:TUNICATA:
ASCIDIACEA)**

Dissertação apresentada ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira e a Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biotecnologia Marinha.

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. Ricardo Coutinho (Orientador)
IEAPM – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira
Professor Orientador – Presidente da Banca Examinadora

Dra. Luciana Altvater (Membro Externo)
IEAPM – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

Dr. Bernardo Antonio Perez da Gama (Membro Interno)
IEAPM – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira/UFF

Dra. Luciana Vicente Resende de Messano (Membro Suplente)
IEAPM – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

Arraial do Cabo, 19 de Junho de 2018.

FICHA CATALOGRÁFICA

Castelo Branco, Lucas Paes

POTENCIAL INVASOR DE *Didemnum* sp (Chordata:Tunicata: Ascidiacea)

Páginas, 30 Figuras, 4 Tabelas.

Orientador: Dr. Ricardo Coutinho

Co-orientação: Luciana V. Granthom-Costa

Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Marinha) –

1.Bioinvasão; 2.Ascídia; 3.Didemnidae;

I. Coutinho, Ricardo. II. Universidade Federal Fluminense. III. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Marinha, IEAPM/UFF.

Dedico este estudo à minha família, aos meus amigos e aos meus mentores espirituais. Este trabalho também é dedicado para todos os alunos que aguentaram firmes mesmo com a saúde mental abalada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família que sempre me apoiou e não deixou eu desistir. Amo vocês.

Ao meu orientador Ricardo – o melhor que eu poderia ter – por ter aberto as portas acadêmicas e por ter acreditado em mim. Aprendi lições valiosas com você. Muito obrigado por toda dedicação para comigo.

A minha co-orientadora Luciana Granthom, que supriu minha necessidade de conhecimento e me ensinou tantas coisas em meio aos meus desesperos. Sou um sortudo por ter tido você como coorientadora e como uma amiga, pois assim a considero.

Um imenso agradecimento a Luciana Messano, por todo auxílio e paciência em me ajudar a fechar a minha dissertação. Foi uma ajuda sem precedentes.

Ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) por toda a infraestrutura e apoio.

A FAPERJ pelo apoio financeiro;

Meus sinceros agradecimentos a todos do Departamento de Biotecnologia Marinha, pela amizade, carinho e muito aprendizado. Estes anos que ficarão guardados para sempre comigo. Todos me ensinaram de alguma maneira e foram ótimos no meu amadurecimento. Só tenho a agradecer. Um imenso agradecimento ao Hector Fábio por ter me auxiliado nos mergulhos e por ter achado a espécie do estudo. Meus sinceros agradecimentos aos meus amigos que me apoiaram em momentos de desespero e me ensinaram a ter mais calma. Preciso mencionar a ajuda inestimável que o Raphael Menezes, Alexandre Kassuga, Isis Ribeiro, Wladimir Faé e Géssica Lima que muito me ajudaram na tese e – sem a ajuda de vocês as coisas iam demorar para sair. Agradeço a presença e ajuda nas horas passadas na água fria e suja, com machucados e momentos maravilhosos. Assim, agradeço a Lais Naval que sempre reclamava da água fria, Sarah Cantarino que sempre me ajudou na parte prática, Raphael que enfrentou mergulhos horríveis comigo. Meu agradecimento a Glauce e Thamirys que sempre estão disponíveis para ajudar e pela amizade sincera. Obrigado a todos.

RESUMO

Espécies não nativas são grandes ameaças ao meio ambiente marinho. Durante um trabalho de campo em área portuária no município de Arraial do Cabo, Rio de Janeiro (22°57'58"S-42°01'40"W) foi encontrada uma ascídia colonial do gênero *Didemnum* não relatada em estudos anteriores. Realizamos este estudo no período de novembro/2016 a dezembro/2017, a fim de avaliar o potencial invasor desse novo registro. Nosso objetivo é avaliar a (i) distribuição espacial, (ii) capacidade de colonização, (iii) esforço reprodutivo e (iv) pressão de predação desta espécie denominada *Didemnum* sp RJAC. Para verificar uma possível dispersão das larvas na região estudada, foi executado o modelo de dispersão de partículas, mostrando o padrão de circulação. Nossos resultados mostraram que *Didemnum* sp RJAC está confinado à Enseada dos Anjos, colonizando substratos naturais e artificiais. As colônias cobrem $1,41 \pm 0,81$ m² na área portuária (rochedos, cabos e pilares de ferro) e $0,05 \pm 0,01$ m² do costão rochoso natural. As larvas estavam presentes em 100% das colônias analisadas, porém a quantidade de larvas em cada amostra variou entre os meses (média de $127 \pm 133,72$ dp, larvas por cm²). A capacidade de *Didemnum* sp RJAC foi testada experimentalmente em duas épocas, mostrando uma diferença significativa entre as amostragens ($F = 13,566$; $p = 0,002$) e também nos dois lados – negativo e superior - das placas ($F = 56,074$; $p \leq 0,001$). Além disso, os resultados da predação mostraram que as colônias de *Didemnum* sp RJAC não foram mordidas em dois períodos diferentes do dia. Também foi observado que *Didemnum* sp RJAC recobre espécies bentônicas nativas e não nativas na área de estudo e, embora não tenha sido testado, pode induzir a morte por sufocação ou necrose tecidual. Como conclusão, não conseguimos identificar o nome da espécie, pois apresentam características de espécies invasoras, como crescimento rápido, alta fecundidade e nenhum predador natural. Recomendamos o monitoramento da dinâmica populacional onde ela já ocorre para controlar e prevenir eventos de bioinvasão.

Plavras-chave: Bioinvasão, ascídias, espécies invasoras

ABSTRACT

Non-native species are major threats to the marine environment. During a field work in harbor area in the municipality of Arraial do Cabo, Rio de Janeiro (22°57'58"S-42°01'40"W) was found a colonial ascidian of the genus *Didemnum* unreported in previous studies. We conducted this study during November/2016 to December/2017 in order to assess the invasive potential this new record. We aim to assess the (i) spatial distribution, (ii) colonization ability, (iii) reproductive effort and (iv) predation pressure this species named here as *Didemnum* sp RJAC. In order to verify a possible dispersion of the larvae in the study region, a particle dispersion model was run, showing the current circulation pattern. Our results showed *Didemnum* sp RJAC is confined to Anjos Inlet attached in natural and artificial substrates covering the colonies presented 1.41 ± 0.81 m² in size in harbor area (boulders, iron cables and pillars) and $0,05 \pm 0,01$ m² in size the rocky shores. The larvae were present in 100% of the colonies analyzed, but the number of larvae in each sample varied between months (mean of 127 ± 133.72 dp, larvae per cm²). The colonization ability of *Didemnum* sp RJAC was test experimentally in two seasons showing a significative difference between then ($F = 13,566$; $p = 0,002$) and also in both sides - upper and lower - of the plates tests ($F = 56,074$; $p \leq 0,001$). Besides, predation pressure results showed that *Didemnum* sp RJAC colonies were not bite in two different periods of the day. It was also observed that *Didemnum* sp RJAC overgrowings native and non-native benthic species in the study area and although it has not been tested, it may induce to death by suffocation or tissue necrosis. As conclusion, we were not able identify the species name, it exhibit characteristics of invasive species such as rapid growth, high fecundity and none natural predator. We recommend the monitoring of population dynamics where it already occurs in order to control and prevent to bioinvasion events.

Keywords: Bioinvasion, Ascidiens, Invasive species

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - <i>Didemnum</i> sp RJAC encontrada na região do infralitoral do substrato consolidados artificial do Porto do Forno, Arraial do Cabo.....	17
Figura 2 - Município de Arraial do Cabo e sua localização no Brasil e no estado do Rio de Janeiro	20
Figura 3 - Visão geral da área portuária do Forno, Arraial do Cabo.....	21
Figura 4 - Esquema de amostragem no costão rochoso	23
Figura 5 - Estrutura experimental utilizado no estudo em campo para avaliar a colonização da espécie <i>Didemnum</i> sp. RJAC.....	26
Figura 6 - Mapa de Arraial do Cabo destacando a área portuária do Porto do Forno, com marcação em vermelho o Molhe	26
Figura 7 - Estrutura experimental utilizada no estudo da análise da porcentagem de cobertura da comunidade incrustante e da <i>Didemnum</i> sp RJAC analisada pelo programa CPCe	27
Figura 8 - Registro fotográfico da estrutura experimental utilizado no estudo em campo para avaliar a colonização da espécie <i>Didemnum</i> sp RJAC.	27
Figura 9 - Artefato experimental construído para a verificação da atividade predatória sobre a <i>Didemnum</i> sp RJAC	28
Figura 10 - Gráfico de variação de temperatura da água no Porto do Forno, Enseada dos Anjos durante os meses do março a dezembro de 2017.	30
Figura 11 - Gráfico da variação do tamanho das colônias (área/m ²) em relação as duas amostragens (anos de 2016 e 2017)	32
Figura 12 - Gráfico da variação do número de colônias (n) em relação as duas amostragens (anos de 2016 e 2017),.....	33
Figura 13 - Gráfico da produção larvar ao longo de um ano relacionado com a temperatura local.....	34
Figura 14 - Modelo de dispersão de partículas proposto para a circulação dentro da Enseada dos Anjos - Arraial do Cabo	35
Figura 15 - Porcentagem de cobertura (%) da comunidade incrustante nas estruturas de colonização da face negativa (Placa superior), do primeiro experimento.	37
Figura 16 - Porcentagem de cobertura (%) da comunidade incrustante nas estruturas de colonização da face negativa (Placa superior), do segundo experimento.....	38
Figura 17 - Porcentagem de cobertura (%) da comunidade incrustante nas estruturas de colonização da face positiva (placa inferior), do primeiro experimento	40
Figura 18 - Porcentagem de cobertura (%) da comunidade incrustante nas estruturas de colonização da face positiva (placa inferior), do segundo experimento	41
Figura 19 - Colonização da <i>Didemnum</i> sp RJAC nas placas de colonização ao longo do experimento.....	42

Figura 20 - Porcentagem de cobertura da <i>Didemnum</i> sp RJAC nas estruturas de colonização (Substrato superior e inferior), nos meses do primeiro experimento.	43
Figura 21 - Porcentagem de cobertura da <i>Didemnum</i> sp RJAC nas estruturas de colonização (Substrato superior e inferior), nos meses do segundo experimento... .	43
Figura 22 - Diferença entre a porcentagem de cobertura da da face negativa de <i>Didemnum</i> sp RJAC nos dois experimentos.	43
Figura 23 - Diferença entre a porcentagem de cobertura da face positiva de <i>Didemnum</i> sp RJAC nos dois experimentos.	44
Figura 24 - Recobrimento de espécies bentônicas pela ascídia <i>Didemnum</i> RJAC na região do infralitoral do substrato consolidado do Molhe – Porto do Forno.....	45
Figura 25 - Estrutura experimental totalmente recoberta pela <i>Didemnum</i> sp RJAC dois meses após o término do primeiro experimento de colonização (Setembro)... .	46
Figura 26 - Artefato experimental utilizado para avaliar a predação da espécie <i>Didemnum</i> sp RJAC e da comunidade incrustante.	47
Figura 27 - Porcentagem de cobertura de organismos incrustantes nas placas experimentais do experimento de predação que foram utilizadas no período da manhã e da tarde.	48
Figura 28 - Imagens evidenciando a forma de crescimento por recobrimento da ascídia <i>Didemnum</i> sp RJAC sobre a comunidade bentônica.....	53

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Coordenadas geográficas e profundidade (em metros) dos substratos naturais e artificiais amostrados.....	23
Tabela 2 - Monitoramento da distribuição espacial da espécie <i>Didemnum</i> sp RJAC.	31
Tabela 3 - Espécies encontradas nas estruturas experimentais de colonização no Porto do Forno em Arraial do Cabo.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RJ Rio de Janeiro

AC Arraial do Cabo

NE Nordeste

SW Sudoeste

IEAPM Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

BIOTECMAR Departamento de Biotecnologia Marinha

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVO	19
2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO	19
3. HIPÓTESE	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1. Área de Estudo	20
4.2. Dados abióticos - Temperatura	22
4.3. Dados abióticos – Modelo de circulação de corrente local	22
4.4. Desenho amostral – Distribuição Espacial	22
4.5. Parâmetros Populacionais	23
4.6. Produção Larvar	24
4.7. Experimentos de Colonização	25
4.8 Experimento de Predação	27
5. RESULTADOS	29
6. DISCUSSÃO	49
7. CONCLUSÃO	55
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

As espécies exóticas marinhas são caracterizadas como espécies que ocorrem fora da sua área de distribuição de origem (Lopes & Villac, 2009). Com o aumento da atividade marítima por meio do aumento fluxo de embarcações e plataformas de petróleo, diversas espécies têm sido reportadas fora da sua área de distribuição natural e consideradas exóticas (Ferreira *et al.*, 2006; Katsanevakis *et al.*, 2012; Ruiz, 2015). A translocação de espécies por atividades antrópicas não é algo recente e têm sido cada vez mais reportadas ocorrendo de forma acidental ou deliberada (Carlton, 2001).

De acordo com Lopes e Villac (2009), espécies exóticas podem ser categorizadas como: 1. contidas - espécies presentes apenas em substrato artificial controlado e isolado do ambiente natural; 2. detectadas – espécies que estão presentes em ambiente natural, porém não há aumento de abundância e dispersão; 3. estabelecidas - espécies que apresentam ciclo de vida completo e aumento populacional; 4. Invasoras - espécies já estabelecidas que causam danos mensuráveis.

Os danos ambientais causados pela introdução de espécies são imprevisíveis e podem causar efeitos negativos na comunidade onde estão inseridas. Estudos reportam que os impactos abrangem a diminuição da riqueza ou diversidade das espécies nativas (Stachowicz *et al.*, 2006; Cacabelos *et al.*, 2012). Além de modificar a estrutura dos habitats, estas espécies podem afetar a saúde humana e causar perdas econômicas em sistemas de cultivos e problemas na navegação em embarcações (Grosholz, 2002; Wallentinus & Nyberg, 2007; Vilà *et al.*, 2010).

Áreas portuárias possuem um alto fluxo de embarcações e apresentam disponibilidade de substrato artificial como píeres e quebra-mares, além de fornecer locais protegidos ideais para uma possível colonização de comunidades marinhas incrustantes que chegam aderidas às embarcações (Bulleri & Chapman, 2010). Estes locais possuem características ambientais propícias para a colonização de diversas espécies exóticas, além de auxiliar no transporte de um habitat para outro (Glasby *et al.*, 2007; Dafforn *et al.*, 2009).

Os principais grupos taxonômicos da comunidade incrustante e que também são reportados como espécies exóticas marinhas, são representados por poríferos

(esponjas do mar), cnidários (corais e medusas), briozoários (arborescentes ou incrustantes), moluscos (bivalves e gastrópodes), crustáceos (cracas e decápodes) e ascídias (Carlton & Geller, 1991). Dentre esses grupos, as ascídias se destacam por possuírem características que facilitam o transporte e adaptação em novos ambientes (Lambert, 2005; Minchin *et al.*, 2006).

Ascídias (Chordata: Tunicata: Ascidiacea) são invertebrados sésseis, exclusivamente marinhos e podem colonizar diversos tipos de substratos e em diferentes profundidades (Lambert, 2005). Muitas espécies de ascídias possuem características que favorecem a invasão a novos ambientes, como crescimento rápido, atingem rapidamente a maturidade sexual, são hermafroditas, possuem uma alta fecundidade e espécies coloniais podem se regenerar a partir de fragmentos (Lambert 2005, 2007; Bullard *et al.*, 2007, Valentine *et al.*, 2007). Estas características facilitam o transporte, colonização e estabelecimento em novos ambientes, fazendo com que ascídias tornem-se invasoras de sucesso e bons modelos para o estudo da bioinvasão (Lambert, 2005; Zhan *et al.*, 2015). Estudos prévios tem demonstrado que ascídias invasoras podem causar impactos ecológicos (Castilla *et al.*, 2004; Blum *et al.*, 2007) e econômicos (Leblanc *et al.*, 2007), tornando-se um problema em escala global (Lambert, 2009).

Dentro do grupo Ascidiacea, o gênero *Didemnum* Savigny, 1816 (Aplousobranchia: Didemnidae) é o mais diverso da família Didemnidae, apresentando centenas de espécies descritas para águas tropicais (Monniot, 1983; Kott, 2001; Rocha *et al.*, 2015). Algumas espécies desse gênero como *Didemnum vexillum* Kott, 2002 e *Didemnum perlucidum* Monniot, 1983, são reportadas como organismos invasores e há registros evidenciando os problemas ecológicos e econômicos em diversas regiões do mundo causados por essas espécies (Osman *et al.*, 2007; Kremer *et al.*, 2010; Lambert, 2009; Stefaniak *et al.*, 2014)

Em julho de 2016, durante um monitoramento na área portuária do Porto do Forno em Arraial do Cabo – RJ, foi registrada uma espécie de ascídia colonial nunca antes observada na região. Em levantamento pretérito acerca das espécies de ascídias de Arraial do Cabo, Granthom-Costa *et al.* (2016) registrou 31 espécies para região. Dentre as 31 espécies de ascídias, cinco foram categorizadas como não-nativas: *Ascidia curvata* (Traustedt, 1882), *Ascidia sydneyensis* (Stimpson, 1855), *Styela canopus* (Savigny, 1816), *Styela plicata* (Leuseur, 1823), *Rhodosoma turcicum* (Savigny, 1816). Dentre o gênero *Didemnum*, foram descritas 10 espécies.

Entretanto, nenhuma das espécies descritas apresentavam característica da espécie em estudo.

A ascídia colonial encontrada em Arraial do Cabo, apresenta uma coloração amarela/creme, colonizando os substratos artificiais como pilares, cabos, pedras e podendo ou não recobrir espécies da comunidade bentônica. Dependendo da disponibilidade de substrato, algumas colônias apresentam forma de crescimento pendular “finger-like” (Figura 1). Visualmente, as colônias se assemelham ao aspecto externo e à estratégia de crescimento verificado para a ascídia colonial invasora *Didemnum vexillum*, reportada em várias partes do mundo como espécie com alto impacto negativo na região introduzida (Lambert, 2009; Ordonêz *et al.*, 2015).

Figura 1 – Ascídia *Didemnum* sp RJAC encontrada na região do infralitoral dos substratos consolidados artificial do Porto do Forno, Arraial do Cabo. Foto - Fabian H. Messano



A ascídia colonial observada no Porto do Forno foi descrita por Granthom-Costa (2017), como uma espécie do gênero *Didemnum* e denominada *Didemnum* sp RJAC para fins de análises moleculares. Após as análises, ficou demonstrado que a *Didemnum* sp RJAC é uma espécie diferente de outras catalogadas para esse gênero depositadas no GenBank. Ou seja, o material não foi compatível com o material genético depositado da espécie *Didemnum vexillum*, e apesar de ser geneticamente próximo a espécie *Didemnum perlucidum*, não houve combinação na elaboração da árvore genética (Granthom-Costa *et al.*, artigo em preparação).

Chapman e Carlton (1991), designaram critérios para determinar se uma espécie pode ser considerada invasora, que são descritos como: Critério 1: Registro da espécie em regiões onde não foi encontrado anteriormente; critério 2: Expansão inicial da espécie após a introdução; critério 3: Associação com mecanismos humanos de dispersão; critério 4: Associação com outras espécies já introduzidas; critério 5: Restrição ao novo ambiente, natural ou artificial; critério 6: Distribuição espacial restrita em comparação com espécies nativas; critério 7: Populações isoladas em diferentes continentes ou em oceanos isolados (distribuição geográfica disjunta generalizada); critério 8: Capacidade limitada de dispersão para explicar a distribuição da espécie; critério 9: Mecanismos de dispersão passiva insuficientes para explicar a distribuição das espécies; critério 10: origem evolutiva exótica. Apesar de não ter sido identificada a nível específico usando critérios morfológicos ou técnicas moleculares, *Didemnum* sp RJAC exibiu 8 dos 10 critérios. Os critérios nos quais a espécie não pôde ser enquadrada foram 7 e 10, muito em função da indeterminação taxonômica da espécie. Sendo assim, considerando o critério 7 da espécie em estudo, não foi possível definir a distribuição geográfica e considerando o critério 10, também não se pode determinar a origem da espécie.

O presente trabalho visa a estudar aspectos ecológicos da espécie descrita por Granthom-Costa (2017), e assim, pretende avaliar o potencial invasor da ascídia na região de Arraial do Cabo - RJ.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial invasor da espécie de ascídia *Didemnum* sp RJAC na baía de Arraial do Cabo, RJ.

2.1 Objetivos específicos

- . Avaliar a distribuição espacial da espécie *Didemnum* sp RJAC na Baía de Arraial do Cabo em relação a variação temporal e a profundidade.
- . Analisar a produção larvar da *Didemnum* sp RJAC.
- . Acompanhar o processo de colonização da ascídia em substratos experimentais.
- . Verificar atividade predatória na espécie *Didemnum* sp RJAC.

3 HIPÓTESES

H0 - A espécie *Didemnum* sp RJAC não possui capacidade de aumentar a sua distribuição espacial.

H1 – A espécie *Didemnum* sp RJAC possui capacidade de aumentar a sua distribuição espacial.

H0 – A espécie *Didemnum* sp RJAC não possui produção larvar constante ao longo de um ano.

H1 - A espécie *Didemnum* sp RJAC possui produção larvar constante ao longo de um ano.

H0 - A espécie *Didemnum* sp RJAC não possui capacidade de rápida ocupação em substratos experimentais.

H1 - A espécie *Didemnum* sp RJAC possui capacidade de rápida ocupação em substratos experimentais.

H0 - A espécie *Didemnum* sp RJAC não possui predadores na região de estudo.

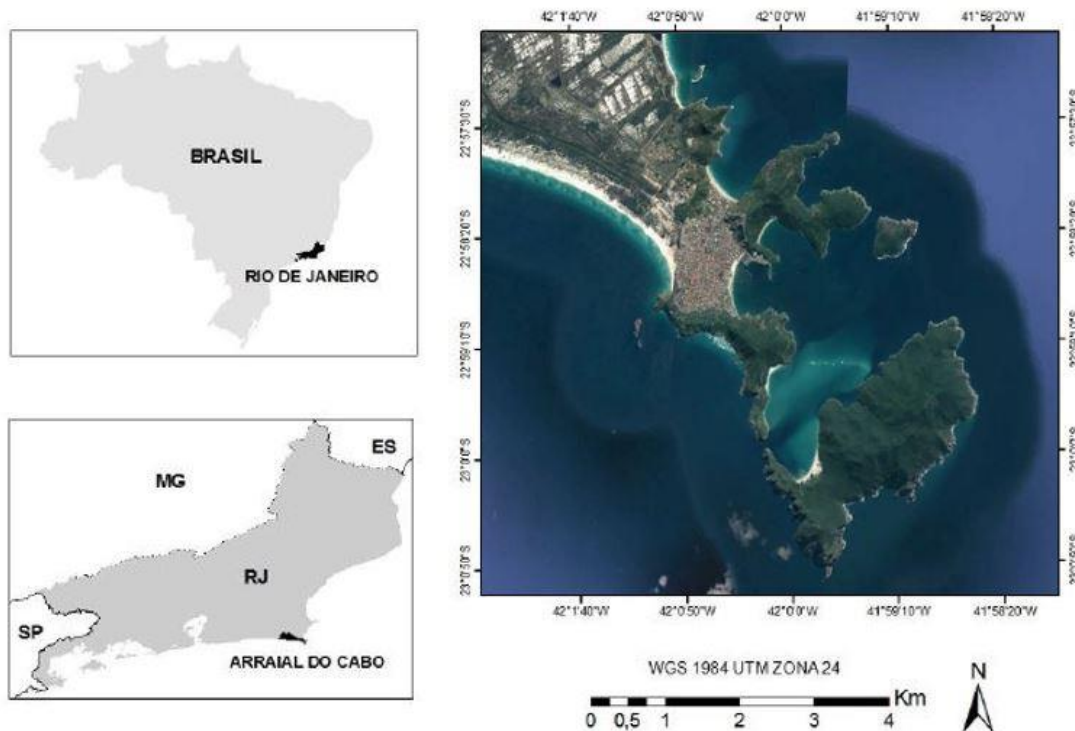
H1 - A espécie *Didemnum* sp RJAC possui predadores na região de estudo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O município de Arraial do Cabo ($42^{\circ}01'40''\text{W}$ - $22^{\circ}57'58''\text{S}$) está localizado a leste do estado do Rio de Janeiro (Figura 2). A formação irregular da costa, junto com a presença da Ilha de Cabo Frio e da Ilha dos Porcos formam uma baía na região de Arraial do Cabo, apresentando uma característica tropical aos costões abrigados (Yoneshigue, 1985; Castro *et al.* 1995; Granthom-Costa *et al.*, 2016). Já do lado exposto, os costões rochosos sofrem influência direta da ressurgência (Ferreira *et al.*, 2001). Arraial do Cabo é considerado o ponto principal do fenômeno de ressurgência no Brasil. A ressurgência nessa região ocorre de forma sazonal, sendo mais intensa entre os meses de setembro a março, no qual há uma significativa diminuição da temperatura da água (entre 15 e 18°C) e onde há a predominância de ventos leste (L) e nordeste (NE) (Valentin, 1994; Guimaraens *et al.*, 2005).

Figura 2 - Município de Arraial do Cabo e sua localização no Brasil, estado do Rio de Janeiro (áreas destacadas em preto).



Arraial do Cabo encontra-se dentro de uma área de proteção marinha de uso múltiplo (RESEX-MAR), onde são realizadas atividades como o uso embarcações para turismo, mergulho, pesca tradicional e maricultura, além de abrigar um porto que recebe constantemente um fluxo intenso de embarcações. O Porto do Forno ($22^{\circ}58'20''\text{S}/42^{\circ}00'50''\text{E}$), possui uma estrutura adaptada para receber embarcações de grande porte. De forma que, no final dos anos 90, recebeu navios e plataformas de apoio a indústria offshore que atuaram como vetores para a introdução de espécies exóticas incrustantes na região nessa época (Ferreira *et al.*, 2006). A sua infraestrutura é constituída de um quebra mar (molhe), feito de pedras de granito que auxilia na atracação dos navios e um cais comercial (Porto do Forno – Figura 3).

A formação irregular da costa delimita a Baía do Arraial do Cabo, que é composta por pequenas enseadas protegidas. Na Enseada dos Anjos há a presença de substratos naturais - Costão Rochoso dos Anjos, lado esquerdo, e substratos artificiais – Porto do Forno, lado direito. A enseada do Forno abriga os costões do Fortaleza (lado direito) e Forno (lado esquerdo), que apresenta uma vasta área de cultivo de mexilhões e ostras e um restaurante flutuante que funciona durante todo o ano, atraindo de barcos de passeio.

Figura 3 - Visão geral da área portuária do Forno, Arraial do Cabo. Foto - Amarildo Alves.



4.2 Dados abióticos – Temperatura

A fim de caracterizar a variação de temperatura em escala local na região de estudo, foram instalados sensores dentro da Baía de Arraial do Cabo, na Enseada dos Anjos - Porto do Forno (Molhe) a 4 metros de profundidade. Os dados foram mensurados a cada semana pelo período de março/2017 a dezembro/2017. As temperaturas foram obtidas usando registradores de dados de temperatura (iButtons, Dallas Semiconductor, EUA), cedidas pelo grupo do Departamento de Biotecnologia Marinha (BIOTECMAR/IEAPM), no âmbito do programa PELD (Programa de Estudos de Longa Duração).

4.3 Dados abióticos – Modelo de circulação de corrente local

Com o intuito de verificar o padrão de circulação de correntes na Enseada dos Anjos, foi rodado um modelo de dispersão de partículas desenvolvido pelo pesquisador Rogério Neder Candella, do Departamento de Oceanografia (IEAPM) para um estudo anterior (não publicado). O modelo mostra o padrão de circulação local, partindo da área portuária, que foi estimado com base em um modelo de dispersão Princeton Ocean Model-POM (Blumberg & Mellor, 1983).

4.4 Desenho amostral – Distribuição Espacial

Com o intuito de verificar a distribuição espacial de *Didemnum* sp RJAC na área, foram realizados mergulhos no entorno ao Porto do Forno, onde foi registrado inicialmente a presença da espécie em estudo. Os locais pré-determinados para o monitoramento da distribuição espacial foram (Tabela 1):

- . Enseada dos anjos: Porto do Forno e Costão rochoso esquerdo;
- . Enseada do Forno: Ponta da Fortaleza e Flutuante;

O monitoramento da presença da *Didemnum* sp RJAC, foi realizado em duas datas: dezembro de 2016 e dezembro de 2017. O método para a verificação da presença da espécie consistiu em percorrer o infralitoral do substrato consolidado através de mergulho autônomo (SCUBA), em zigue zague, pelo tempo de 1h, a uma faixa de profundidade entre 2 e 4 metros (Figura 4). Essa faixa batimétrica foi estabelecida pois foi observado que é onde ocorre a presença da espécie em estudo

com maior frequência. Quando as ascídias foram observadas, foi feito o registro fotográfico das colônias para o registro de ocorrência.

Figura 4 - Esquema mostrando o método de mergulho para a notificação da presença da espécie em estudo.

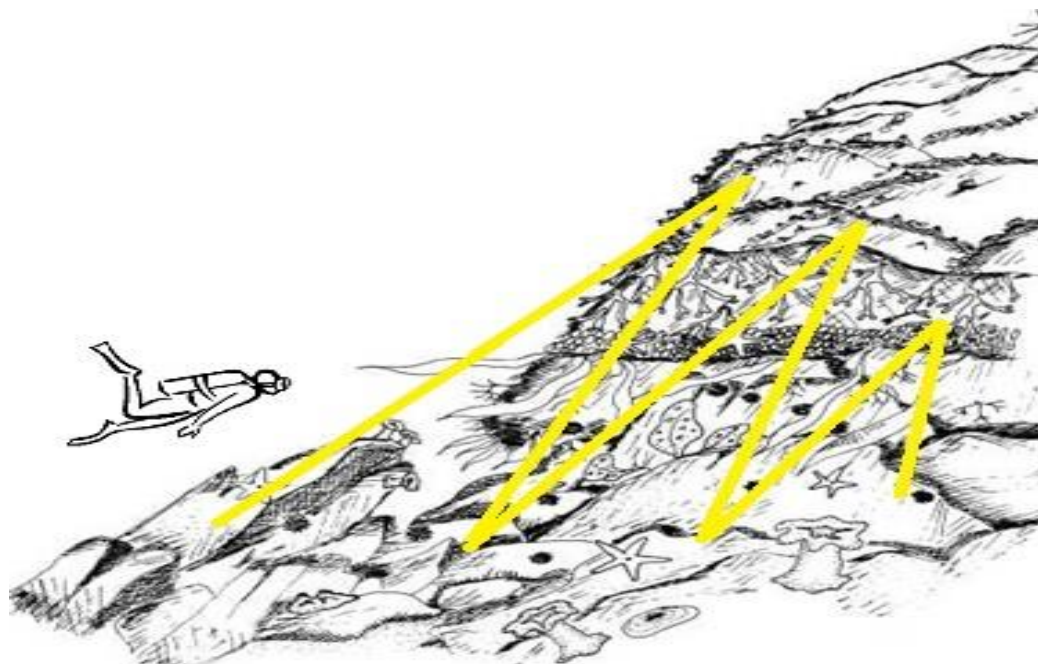


Tabela 1 - Coordenadas geográficas e profundidade (em metros) dos substratos naturais e artificiais amostrados.

Local	Substrato	Profundidade	Coordenadas geográficas
Enseada dos Anjos:			
Costão rochoso	Natural	7	22° 58.70" S/ 42° 01.00" W
Porto do Forno	Artificial	7	22° 58.30" S/ 42° 00.85" W
Enseada do Forno:			
Flutuante	Artificial	6	22° 57.92" S/ 42° 00.47" W
Ponta da Fortaleza	Natural	7	22° 58.17" S/ 42° 00.70" W

4.5 Parâmetros Populacionais

Uma vez constatada a presença da espécie, foram realizadas amostragens para verificar a quantidade e o tamanho das colônias. O substrato artificial (quebra-mar) do Porto do Forno foi amostrado utilizando trenas (transectos) dispostas

horizontalmente no substrato (20m), sendo replicados 5 vezes e dispostos a cerca de 10m de distância entre eles a uma profundidade entre 2 e 4 metros. A amostragem foi realizada em duas épocas: dezembro de 2016 e dezembro de 2017. Os métodos de amostragem foram baseados no estudo de Castro *et al.* (1995), com modificações.

Foi contabilizado em cada transecto linear, o número e o tamanho das colônias. Os tamanhos das colônias foram avaliados neste estudo, estimando medindo com fita métrica flexível o diâmetro de tamanho maior e o diâmetro de tamanho menor das colônias. Como as colônias apresentavam formas elipsóides, foi utilizado a fórmula de área da elipse $((a.b.\pi)/4)$ para padronizar os tamanhos (= área) das colônias, onde a = eixo menor e b = eixo maior e os valores expressos em m². Foi contabilizado o número total de colônias e a soma das áreas por transecto. Com esses valores foi feita a média e calculado o desvio padrão entre os 5 transectos.

4.6 Produção Larvar

Para avaliar a produção larvar da espécie *Didemnum* sp RJAC ao longo do tempo amostrado, foi estimado o número de larvas incubadas por cm² da colônia utilizando uma adaptação do método de Kremer (2009). Para tal, foram coletadas mensalmente 5 colônias aleatoriamente por um período de 12 meses (de dezembro de 2016 a novembro de 2017, à exceção dos meses de abril e setembro). Para cada colônia foi seccionada uma amostra de 1 cm², que posteriormente foi colocada em uma 3% solução de ácido clorídrico por alguns minutos para que a colônia fosse descalcificada. Com este procedimento as espículas presentes na superfície da colônia se dissolvem e a colônia fica translúcida, facilitando a quantificação das larvas e ovócitos. Após o uso desta técnica a colônia foi colocada sob microscópio estereoscópico e a contagem do número de ovos e larvas foi realizado. Foram contados para cada colônia, os números totais de larvas e ovócitos em cada cm². Com esses valores, foi feita a média e calculado o desvio padrão entre os valores das 5 colônias coletadas em cada mês. As análises para verificar a produção larvar foram feitas pela Dra. Luciana V. Granthom Costa, pesquisadora colaboradora (IEAPM).

4.7 Experimentos de Colonização

Com o intuito de avaliar a colonização da *Didemnum* sp RJAC e da comunidade incrustante na área portuária, foram utilizadas estruturas experimentais, que consistiram na união de duas placas quadradas de polipropileno preto (15x15 cm com 3 mm de espessura), separadas por mangueiras de 4 cm de altura e agrupadas por braçadeiras de plástico, onde cada substrato foi considerado um tratamento, a placa superior (face negativa) e a placa inferior (face positiva) - (Figura 5) (modificado de Kremer *et al*, 2009). Após a montagem, as estruturas foram fixadas em posição horizontal junto a blocos de granito. As estruturas foram colocadas aleatoriamente no substrato artificial (molhe do Porto do Forno – Figura 6) em uma faixa de 2 a 4 metros de profundidade. A estrutura foi projetada para potencializar o recrutamento e colonização da espécie em estudo, pois fornece um local com fluxo de água constante, protegido de possíveis predadores e da incidência direta de luz solar e com substrato negativo para a colonização. Cada uma destas estruturas representa uma réplica experimental (totalizando 20 réplicas), e cada substrato um tratamento, onde foi analisado a placa superior (face negativa) e a placa inferior (face positiva), para verificar a porcentagem de cobertura da espécie em estudo e da comunidade incrustante. O experimento foi conduzido em duas épocas do ano de 2017 – Primeiro experimento: durante aos meses de fevereiro a junho/2017; segundo experimento: durante aos meses de agosto a dezembro/2017. A amostragem foi realizada a cada 15 dias utilizando o método de fotoquadrado (Figura 8), com uma câmera subaquática da marca Canon, modelo G12 (com caixa estanque).

Figura 5 - Estrutura experimental utilizado no estudo em campo para avaliar a colonização da espécie *Didemnum* sp. RJAC. Foto – Autor.

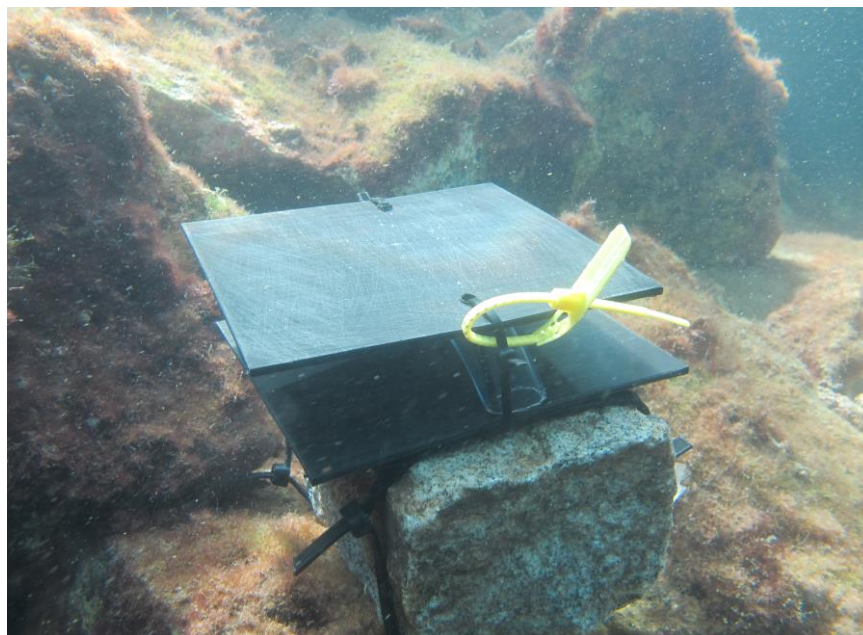
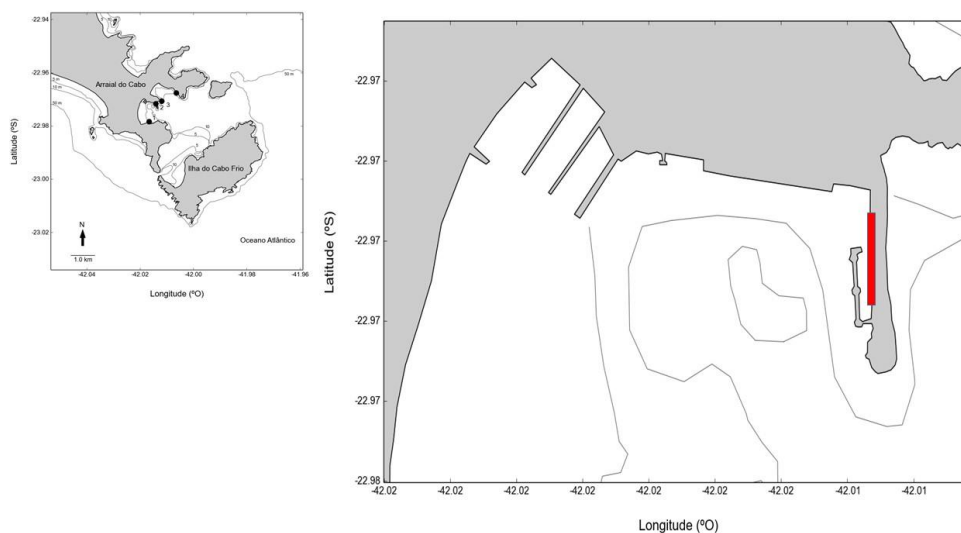


Figura 6 - Mapa de Arraial do Cabo destacando a área portuária do Porto do Forno, com marcação em vermelho o Molhe.



As estruturas foram fotografadas em campo e as fotografias analisadas através do programa Coral Point Count with Excel Extension (CPCe) (Kohler & Gill, 2006). Foram sobrepostos 30 pontos aleatórios nas fotos e contabilizada cada táxon presente em cada ponto. Após a contagem dos 30 pontos aleatórios em cada foto

tirada, o programa gera dados de porcentagem de cobertura em planilhas do Excel (Figura 7).

Figura 7 - Estrutura experimental utilizada no estudo da análise da porcentagem de cobertura da comunidade in crustante e da *Didemnum* sp RJAC analisada pelo programa CPCe (b). Foto – Autor.

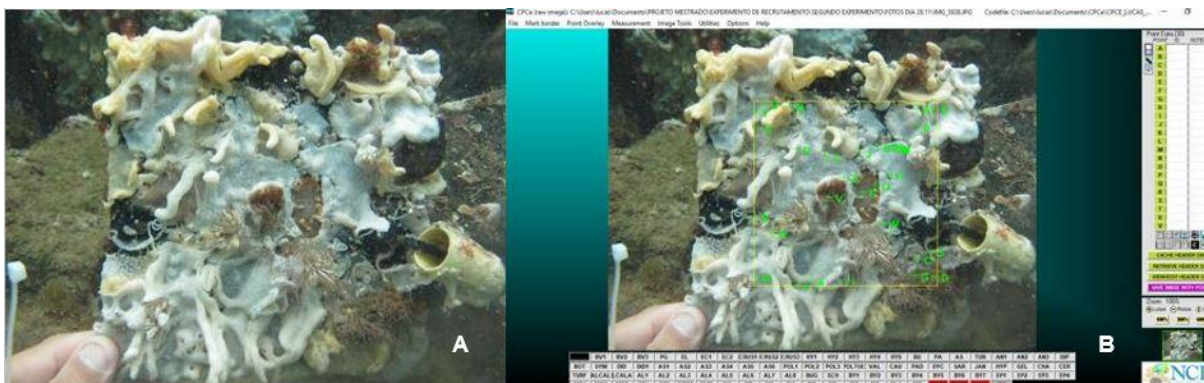


Figura 8 - Registro fotográfico da estrutura experimental utilizado no estudo em campo para avaliar a colonização da espécie *Didemnum* sp RJAC. Foto - José Eduardo Arruda Gonçalves.



4.8 Experimento de Predação

Com o intuito de analisar a atividade predatória sobre a espécie *Didemnum* sp RJAC, foi realizada uma metodologia modificada de Pastro (2015), onde foram utilizadas estruturas quadradas de PVC (20 x 20 cm), com um suporte para acoplar

a câmera para a filmagem (Figura 9). As placas de polipropileno (utilizadas no experimento de colonização) foram fixadas nessa estrutura afim de expor a comunidade a uma possível atividade predatória. Foram selecionadas seis placas, das quais três apresentaram cobertura total por *Didemnum* sp RJAC (placa superior – face negativa) e outras três réplicas apresentaram placas sem a ascídia, com a comunidade incrustante (placa inferior – face positiva). Foi utilizado um conjunto de placas diferentes para os dois períodos do dia amostrados e foi analisada a porcentagem de cobertura de cada grupo morfofuncional presente nas placas de comunidade incrustante. As estruturas foram dispostas no substrato artificial (Molhe – Porto do Forno), a uma profundidade de 4 metros (obedecendo a faixa de distribuição da *Didemnum* sp RJAC), com um espaço entre elas de 6 metros. A atividade predatória foi gravada utilizando uma câmera de alta definição (HD), e vídeo digital (GoPro Hero3 Black Edition), acoplado nas estruturas. A gravação foi realizada em dois períodos do dia, manhã (a partir das 9:00, durante 100 minutos) e na parte da tarde (a partir das 16:00, durante 100 minutos). Os vídeos foram analisados para contabilizar o número de mordidas por cada indivíduo em cada tipo de presa bentônica disponível em cada placa. Por questões de logística, o experimento foi realizado em apenas um dia, logo, os dados apresentados são preliminares.

Figura 9 - Artefato experimental construído para a verificação da atividade predatória sobre a *Didemnum* sp RJAC. Foto – Autor



4.7 Tratamento dos dados

1. Foram realizadas análises de variância – ANOVA multifatorial para comparar as variações dos parâmetros populacionais (número e tamanho de colônias) entre profundidades e entre os dois anos de observação;

2. bem como a variação da porcentagem de cobertura da ascídia e da comunidade incrustante ao longo do tempo em cada face (positiva ou negativa), durante o experimento.

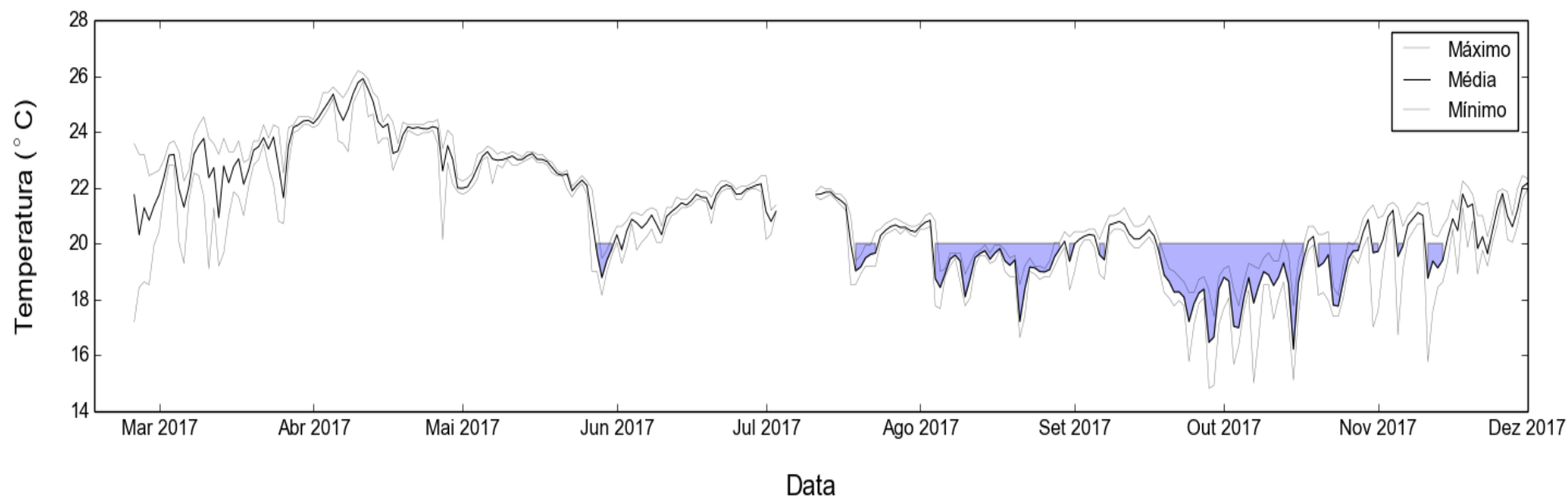
3. (comum a todos os itens) As premissas da normalidade e da homocedasticidade dos dados requeridos para a Análise de Variância (ANOVA) foram checadas pelo teste de Bartlett. Em todas as análises foi utilizado um nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$). Para identificar onde ocorreu as diferenças, foi aplicada o teste de Tukey a posteriori. Todas as análises estatísticas foram realizadas através do programa Statistica 12.

5 RESULTADOS

5.1 Dados abióticos

Durante medições de temperatura do ano de 2017 dentro da Enseada dos Anjos – Porto do Forno, as temperaturas máximas variaram de 26 a 25°C no local, nos meses de abril e maio. E a temperatura das águas frias registradas variaram entre 18° e 15°C nos meses de outubro e novembro. A temperatura foi influenciada pelo fenômeno de ressurgência durante a primavera e o verão (outubro, novembro), alcançando um mínimo de 15°C (Figura 10).

Figura 10 - Gráfico de variação de temperatura da água no Porto do Forno, Enseada dos Anjos durante os meses do março a dezembro de 2017. Valores máximos (Linha cinza), mínimos (Linha cinza claro) e média (Linha preta) da temperatura da superfície do mar (C°). A parte preenchida de azul corresponde à ocorrência de temperaturas inferiores a 20°C.



5.2 Distribuição espacial da Espécie

O monitoramento feito em Arraial do Cabo mostrou que a espécie *Didemnum* sp RJAC está presente em duas localidades dentro da Baía de Arraial do Cabo, encontrando-se presente na Enseada dos Anjos e colonizando estruturas da área portuária do Porto do Forno. No monitoramento realizado no segundo ano, ela foi observada no Costão Rochoso do lado direito da enseada, em ambiente natural. Não foi feito o registro da espécie em nenhuma outra localidade pré-determinada no estudo (Tabela 2).

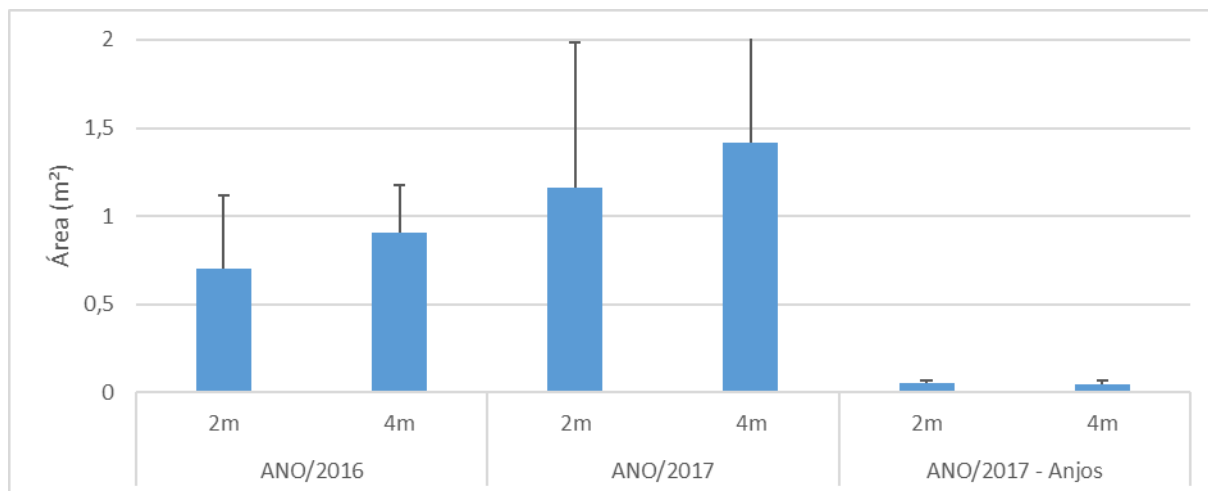
Tabela 2 – Presença da espécie *Didemnum* sp RJAC, nas localidades pré-determinadas.

Localidades	Substrato	Presença
Porto do Forno	Artificial	X
Praia dos anjos – costão rochoso	Natural	X
Praia do forno - Cultivo	Artificial	
Praia do forno – Ponta da fortaleza	Natural	

5.3 Parâmetros populacionais

Durante as medições de tamanho de colônia na primeira amostragem (dezembro/2016), à uma profundidade de 2m, foi verificada que a espécie *Didemnum* sp RJAC apresentou uma área média de colônia de $0,70 \pm 0,41$ m² e na segunda amostragem (dezembro/2017), uma área média de $0,90 \pm 0,26$ m². Já na profundidade de 4m, as colônias da espécie em estudo apresentaram uma área média de $1,16 \pm 0,82$ m², enquanto que na segunda amostragem (dezembro/2017) nessa mesma profundidade, as colônias apresentaram $1,41 \pm 0,81$ m² de área média. Apesar do aumento na área média da espécie, não houve diferença significativa entre os anos das amostragens (ANOVA; $F = 0,06$; $p = 0,934$). Em contraste, menores áreas de colônias foram observados no costão rochoso direito da Enseada dos Anjos nas duas profundidades amostradas – profundidade de 2m ($0,01 \pm 0,02$ m²); profundidade de 4m ($0,05 \pm 0,01$ m²) (Figura 11).

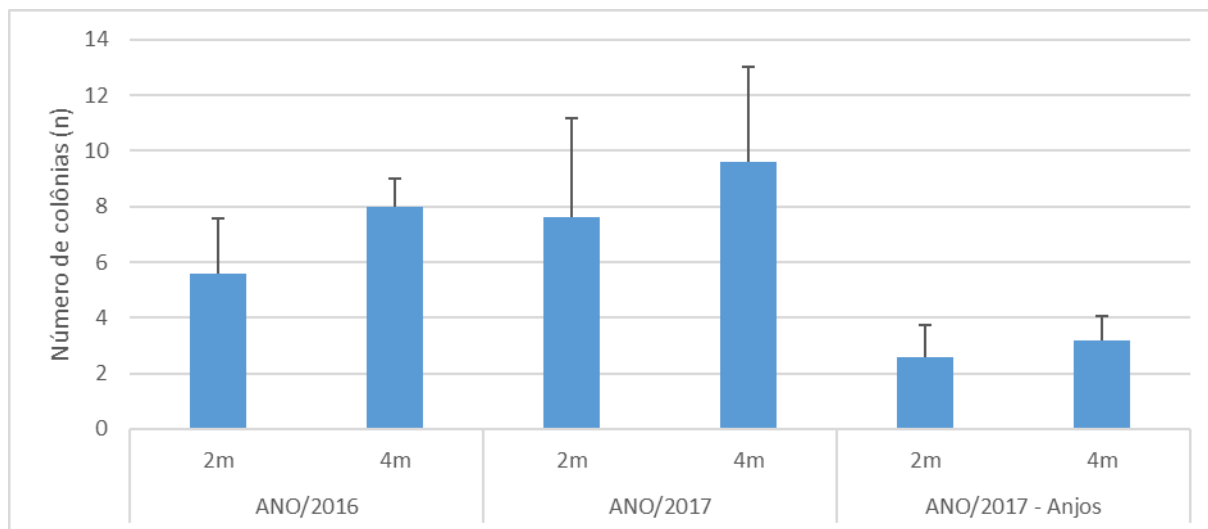
Figura 11 – Área média das colônias (m^2) nas duas amostragens (anos de 2016 e 2017), feitas no Porto do Forno e no Costão direito da Enseada dos Anjos nas profundidades de 2 e 4 metros.



As colônias de *Didemnum* sp RJAC estão distribuídas em manchas ao longo de todo substrato artificial do quebra-mar do Porto do Forno e no substrato natural do costão direito da Enseada dos Anjos. Na primeira amostragem (dezembro/2016), o número de colônias na profundidade de 2m foi de $5,6 \pm 1,94$ e na profundidade de 4m foi contabilizado um total de $7,6 \pm 3,57$ colônias, no Porto do Forno.

Na segunda amostragem (dezembro/2017), também foi observado na profundidade de 2m, com $7,6 \pm 3,5$ colônias e um maior número de colônias a uma faixa de 4m de profundidade com $9,6 \pm 3,43$. Apesar de ter observado um maior número de colônias na profundidade de 4 m e no segundo ano amostrado, foi verificado que não houve diferença significativa (ANOVA; $F = 0,02$; $p = 0,871$), entre as duas amostragens realizadas. Em contraste, menores números de colônias foram observados no costão rochoso direito da Enseada dos Anjos nas duas profundidades amostradas – profundidade de 2m com $2,6 \pm 1,14$ colônias e na profundidade de 4m $3,2 \pm 0,83$ colônias (Figura 12).

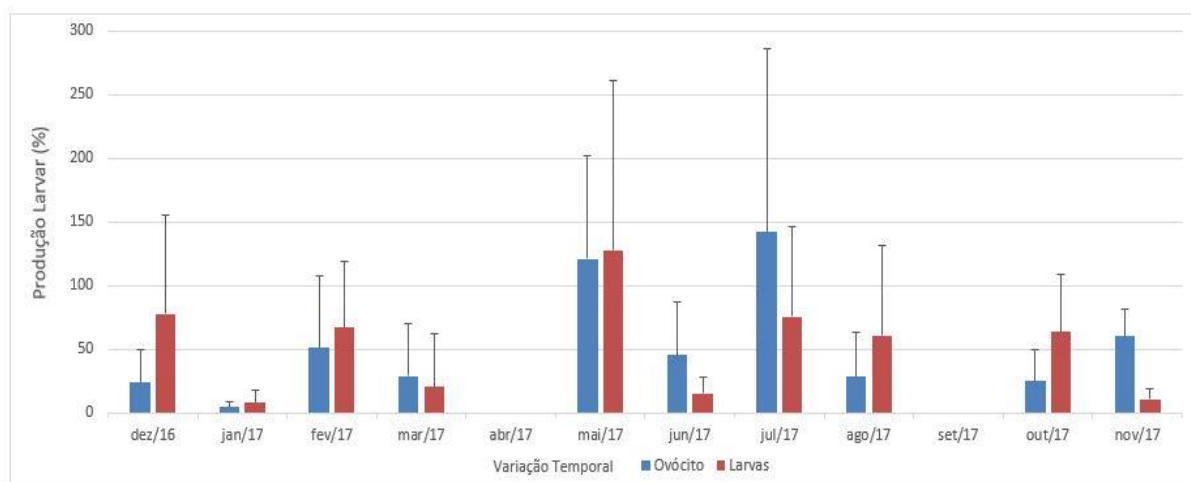
Figura 12 – Número de colônias (n) nas duas amostragens (anos de 2016 e 2017), feitas no Porto do Forno e no Costão direito da Enseada dos Anjos nas profundidades de 2 e 4 metros.



5.3 Produção Larvar

Didemnum sp RJAC apresentou-se reprodutivamente ativa durante todo o período amostrado. As larvas estavam presentes em 88% das colônias analisadas. Entretanto houve uma grande variação na quantidade de larvas entre as amostras analisadas, como por exemplo, no mês de maio uma colônia alcançou 345 larvas por cm², enquanto outra colônia, no mesmo mês, não continha larvas. Em relação aos ovócitos analisados, uma colônia apresentou 178 ovócitos por cm² no mês de maio, enquanto no mesmo mês houve colônia que não apresentou ovócito. As colônias dessa espécie apresentaram maior fecundidade em maio de 2017, quando apresentou uma média de 127 ($\pm 85,72$) larvas por cm² das colônias e reprodução mínima em janeiro de 2017, com uma média de apenas 7 ($\pm 10,31$) de larvas por cm². Quanto aos ovócitos, a quantidade máxima foi de 142 ($\pm 91,39$) ovócitos por cm², no mês de julho (Figura 13).

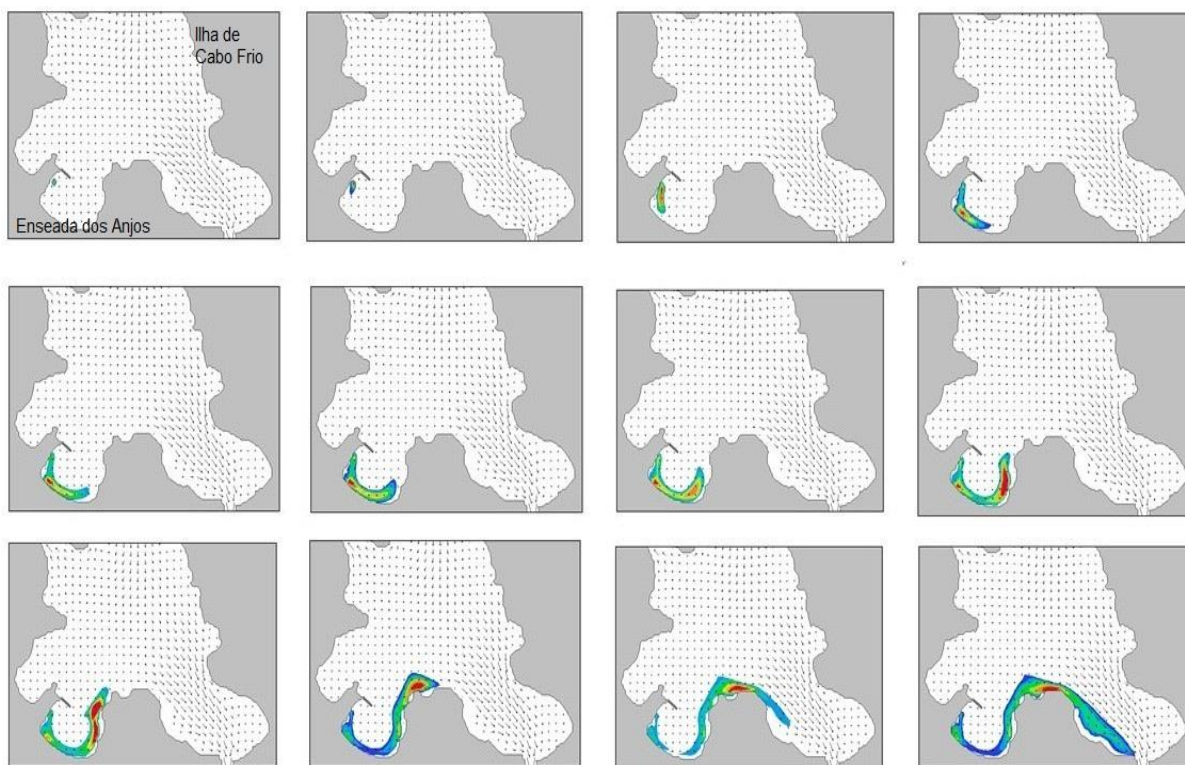
Figura 13 – Número de larvas em colônias de *Didemnum* sp RJAC ao longo de um ano. Os meses de abril e setembro/2017, não foram avaliados devido a dificuldades logísticas.



5.4 Modelo de dispersão

O modelo de dispersão sugerido, segue a dinâmica do regime de correntes da Enseada dos Anjos que é regida pelas condições de vento nordeste, predominantes na região (Castelao & Barth, 2006). O modelo proposto é rodado a partir do Porto do foi observado que as larvas tendem a seguir a corrente para fora da Baía de Arraial do Cabo, passando pelo Boqueirão. A dinâmica do regime de correntes da Enseada dos Anjos mostra o comportamento de uma partícula dentro da baía de Arraial do Cabo, sob condições de vento nordeste, se dispersando pela direita, em direção a saída do boqueirão (Castelao & Barth, 2006; Candella, 2009) (Figura 14).

Figura 14 – Modelo de dispersão de partículas proposto para a circulação dentro da Enseada dos Anjos - Arraial do Cabo sob a condição de vento e correntes externas provenientes da direção nordeste, esse modelo foi feito por Rogério Neder Candella.



5.4 Experimento de Colonização

5.4.1 Colonização da comunidade incrustante

Durante o estudo na área portuária nas estruturas de colonização, foram registradas 12 espécies de organismos incrustantes. Além da espécie em estudo, a ascídia colonial *Didemnum* sp RJAC, os táxons foram categorizados em nove grupos morfofuncionais divididos em: alga calcária incrustante, alga filamentosa, hidrozoários, cirrípede, tubo calcário de poliqueta, briozoários arborescentes, briozoários incrustantes, ascídias coloniais e solitárias (Tabela 3).

Tabela 3 - Espécies encontradas nas estruturas experimentais de colonização no Porto do Forno em Arraial do Cabo, categorizadas por grupo morfofuncionais.

Grupos Morfofuncionais	Espécies
Alga Calcária Incrustante	-
Alga Filamentosa marrom	<i>Bachelotia antillarum</i> (Grunow, Gerloff, 1959)
Hidrozoário	<i>Obelia dichotoma</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Pennaria disticha</i> (Goldfuss, 1820)
Cirrípede	<i>Balanus trigonus</i> (Darwin, 1854)
Tubo Calcáreo de Poliqueta	Serpulidae
	<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1758)
Briozoário arborescente	<i>Amathia verticillata</i> (Delle Chiaje, 1822)
Briozoário incrustante	<i>Membranipora membranacea</i> (Linnaeus, 1767)
Ascídia solitária	<i>Styela plicata</i> (Lesueur, 1823)
	<i>Herdmania pallida</i> (Heller, 1878)
Ascídia colonial	<i>Didemnum</i> sp. RJAC

Em relação a placa superior (face negativa), no primeiro experimento, houve um crescimento inicial e relevante de Tubo Calcáreo de Poliqueta com uma porcentagem de cobertura média, apresentando a maior cobertura após 36 dias de submersão ($22\% \pm 5,4$), seguido de briozoários incrustantes que apresentou uma porcentagem de cobertura com um pico de $19\% (\pm 6,1)$, após 36 dias de submersão. Já no segundo experimento, o crescimento mais relevante foi reportado também para tubo calcáreo de poliqueta, com uma porcentagem de cobertura média de $26\% (\pm 8,5)$ após 36 dias, e briozoários incrustantes com uma porcentagem de cobertura média apresentando um valor de $15\% (\pm 5,2)$ após 64 dias (Figuras 15 e 16).

Figura 15 - Porcentagem de cobertura (média±desvio padrão) da comunidade incrustante nas estruturas de colonização da face negativa (Placa superior), do primeiro experimento de acordo com o tempo de submersão das estruturas.

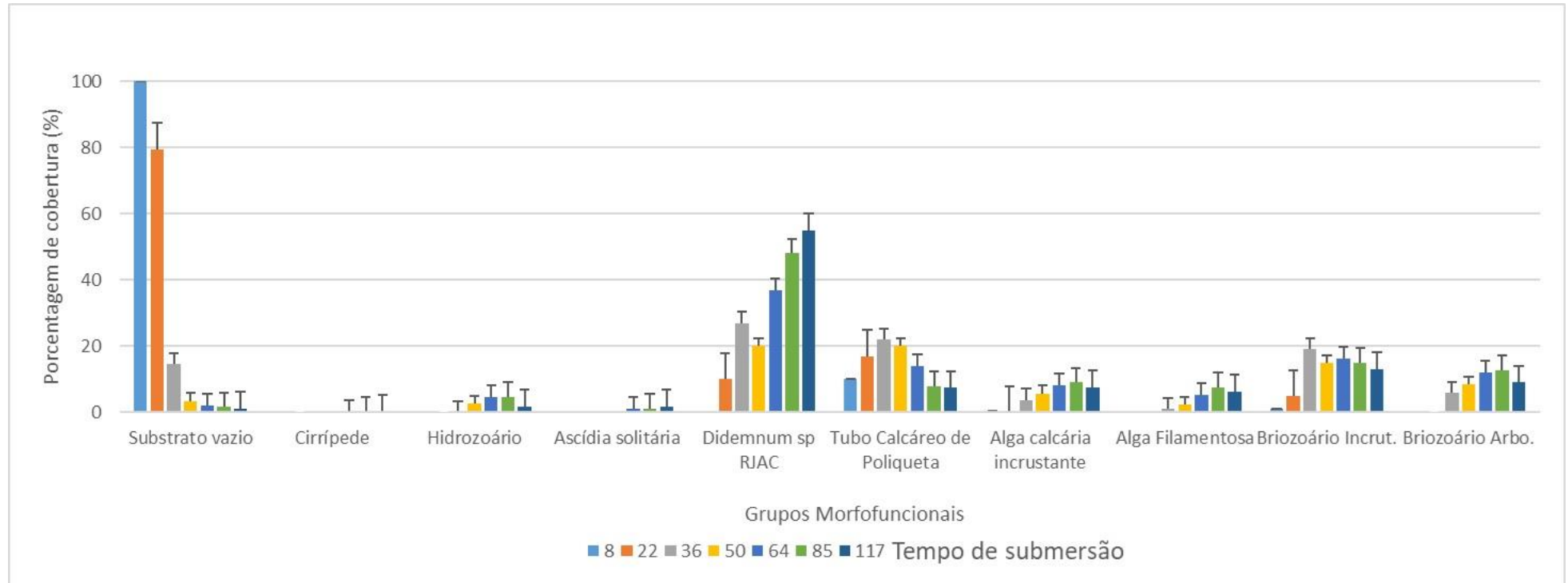
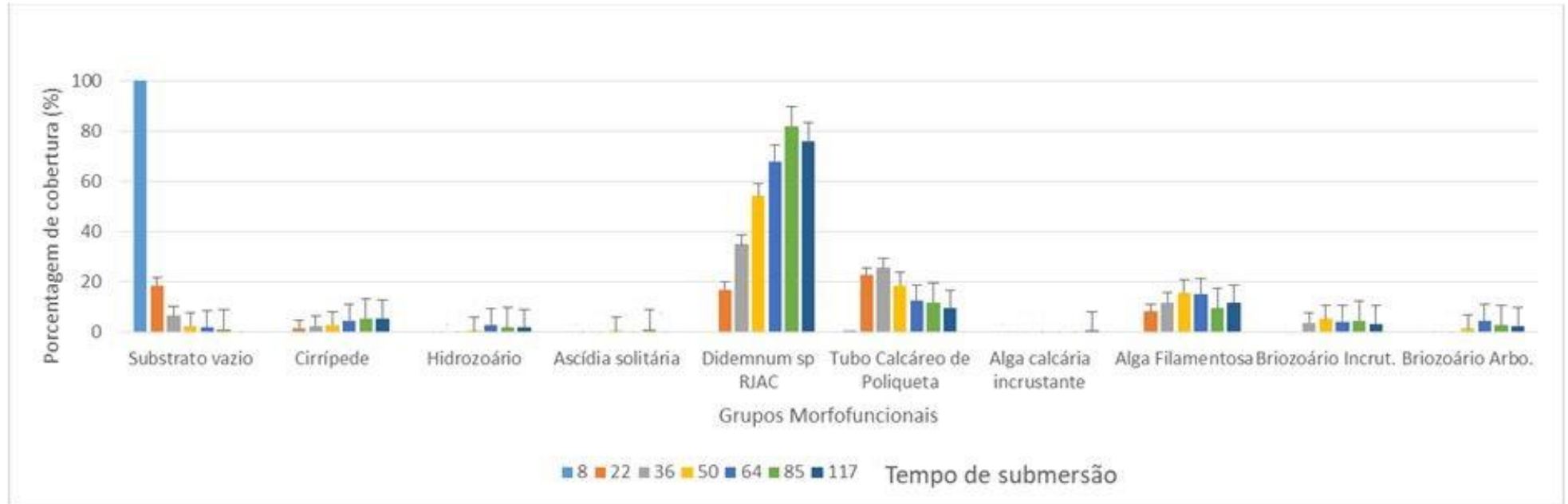


Figura 16 - Porcentagem de cobertura (média±desvio padrão) da comunidade incrustante nas estruturas de colonização da face negativa (Placa superior), do segundo experimento de acordo com o tempo de submersão das estruturas.



Em relação a face positiva (placa inferior), no primeiro experimento o grupo morfofuncional cirrípede apresentou uma percentagem de cobertura, com uma maior média de 37% ($\pm 12,6$) após 85 dias, e hidrozoário com uma percentagem de cobertura de 32% ($\pm 12,2$) após 50 dias. Já no segundo experimento, o grupo morfofuncional com crescimento mais relevante foi tubo calcáreo de poliqueta, onde apresentou um pico na média de cobertura de 26% ($\pm 8,5$), seguido de cirrípede com 21% ($\pm 6,1$) de percentagem de cobertura após 50 dias (Figuras 17 e 18).

Figura 17 - Porcentagem de cobertura (média±desvio padrão) da comunidade incrustante nas estruturas de colonização da face positiva (placa inferior), do primeiro experimento de acordo com o tempo de submersão das estruturas.

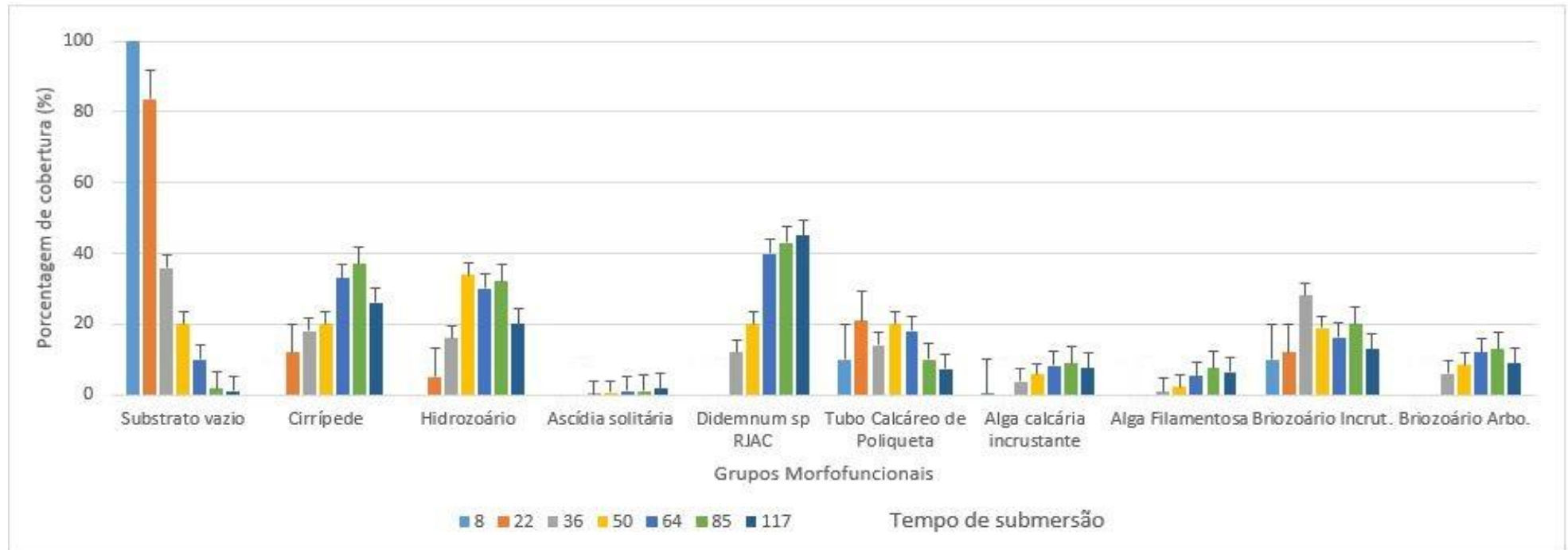
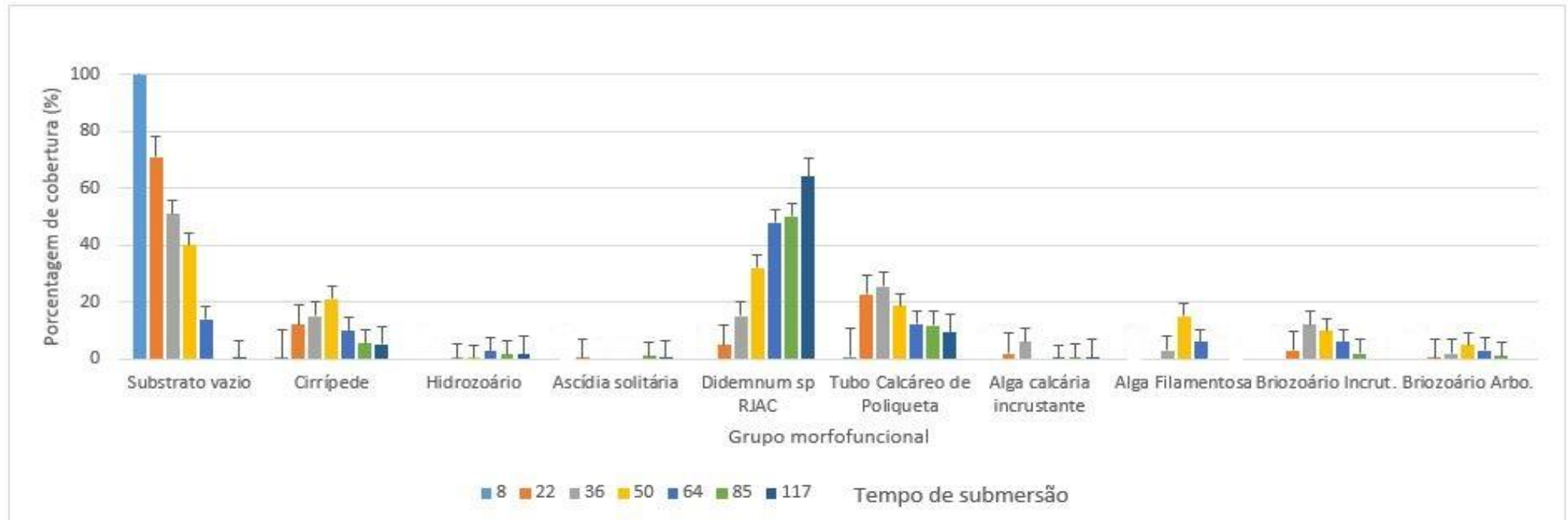


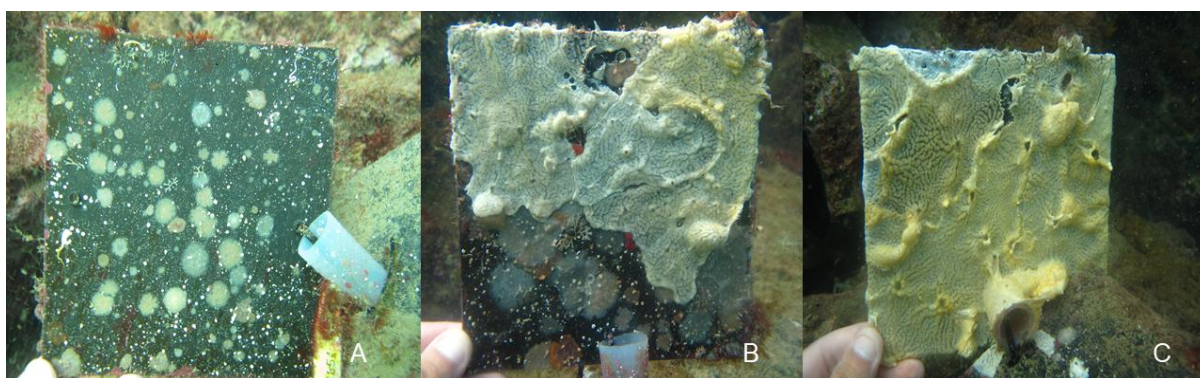
Figura 18 - Porcentagem de cobertura (média±desvio padrão) da comunidade incrustante nas estruturas de colonização da face positiva (placa inferior), do segundo experimento de acordo com o tempo de submersão das estruturas.



5.4.2 Colonização da *Didemnum* sp RJAC

Avaliando apenas colonização da *Didemnum* sp RJAC, houve um aumento crescente na porcentagem de cobertura da espécie nas estruturas de colonização ao longo dos dois períodos amostrados (Figura 19).

Figura 19 - Colonização da *Didemnum* sp RJAC nas placas de colonização ao longo do experimento. A – Placa superior sem a presença da *Didemnum* sp RJAC; B – Placa superior parcialmente recoberta pela *Didemnum* sp RJAC; C – Placa superior completamente recoberta pela *Didemnum* sp RJAC. Foto – Autor.



No primeiro experimento, a ascídia apresentou no mês de março 10% ($\pm 2,4$) de cobertura, já no final do período, em junho a ascídia apresentou uma cobertura de 55% ($\pm 5,6$), na face negativa. Na face positiva (placa inferior) da estrutura, a espécie em estudo apresentou uma cobertura de 1,16% ($\pm 0,43$) em março e no final do período em junho, a ascídia apresentou uma cobertura de 32% ($\pm 4,8$). Apresentando assim, diferença significativa entre as faces amostradas ($F = 56,074$; $p < 0,001$). Durante todo o experimento, foi verificada diferença significativa nos meses de março e maio.

No segundo experimento no mês de setembro, na face negativa da estrutura, a espécie em estudo apresentou uma cobertura de 29,5% ($\pm 5,3$), já no final do experimento, no mês de dezembro, a *Didemnum* sp RJAC apresentou uma cobertura de 81% ($\pm 2,4$). Entretanto, comparando com a face positiva da estrutura, apenas em outubro houve o início da colonização da espécie em estudo com 3,3% ($\pm 1,1$) de cobertura, seguido de 20,6% ($\pm 3,2$) de cobertura em dezembro de 2017. Foi verificada uma diferença significativa na porcentagem de cobertura entre as duas faces ($F = 75,702$; $p < 0,001$), nos meses de outubro e dezembro.

Figura 20 – Porcentagem de cobertura da *Didemnum* sp RJAC nas estruturas de colonização (Substrato superior e inferior), nos meses do primeiro experimento. Marcação em vermelho reperesnetando onde ocorreu a diferença significativa entre os substratos e os meses amostrados.

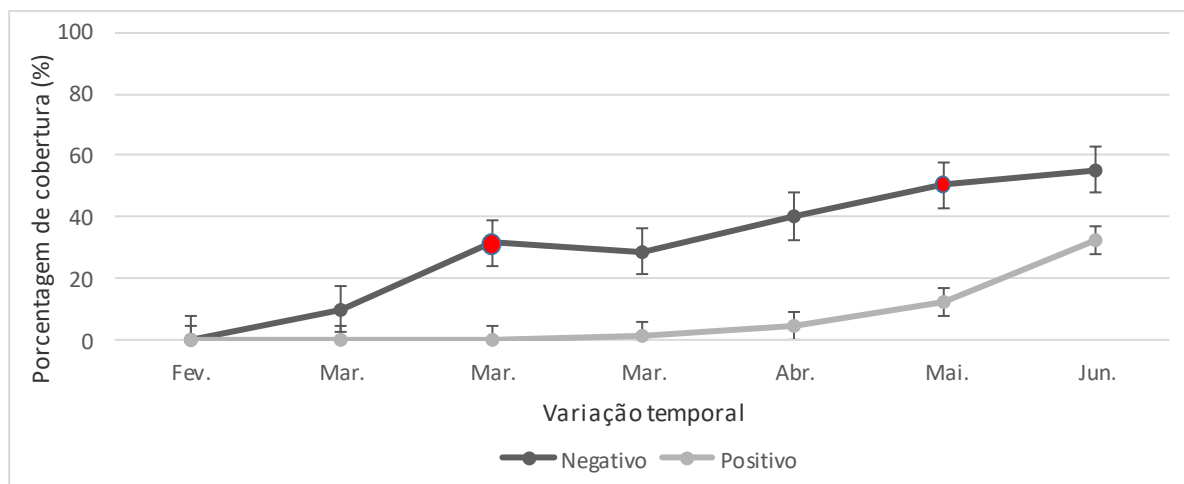
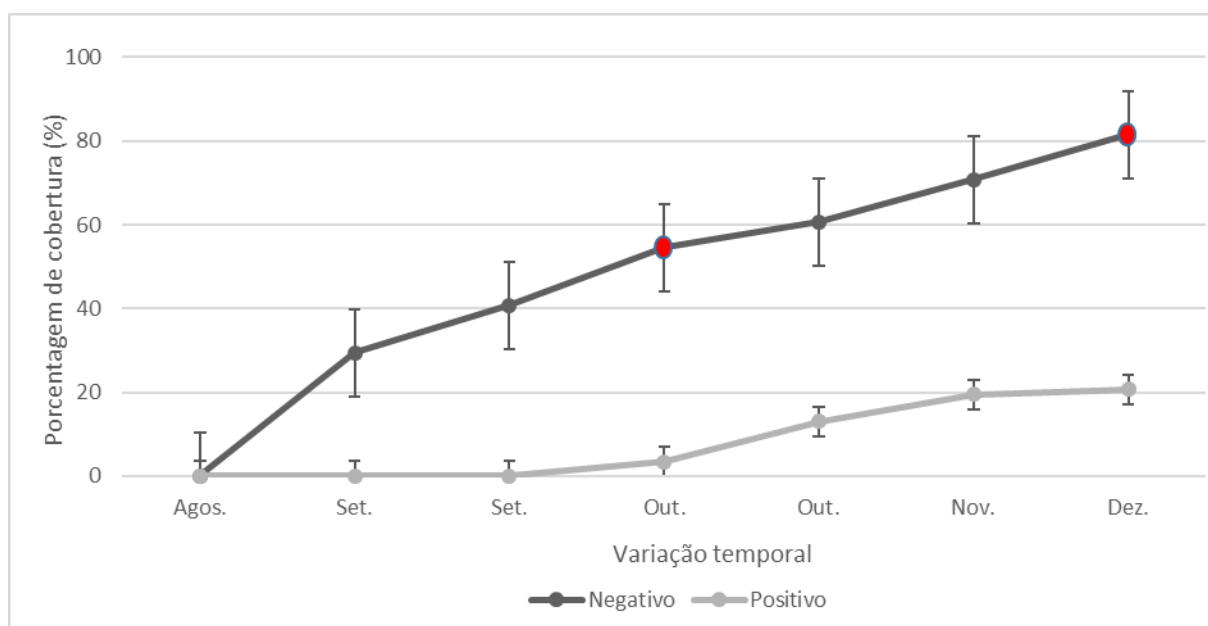


Figura 21 - Porcentagem de cobertura da *Didemnum* sp RJAC nas estruturas de colonização (Substrato superior e inferior), nos meses do segundo experimento. Marcação em vermelho reperesnetando onde ocorreu a diferença significativa entre os substratos e os meses amostrados



Considerando a porcentagem de cobertura da face negativa entre os dois experimentos ($F = 13,566$; $p = 0,002$) (Figura 21). No substrato da face positiva também houve diferença significativa na cobertura entre as duas amostragens ($F = 8,72$; $p = 0,003$) (Figura 22).

Figura 22 - Porcentagem de cobertura (média±desvio padrão) da face negativa de *Didemnum* sp RJAC nos dois experimentos.

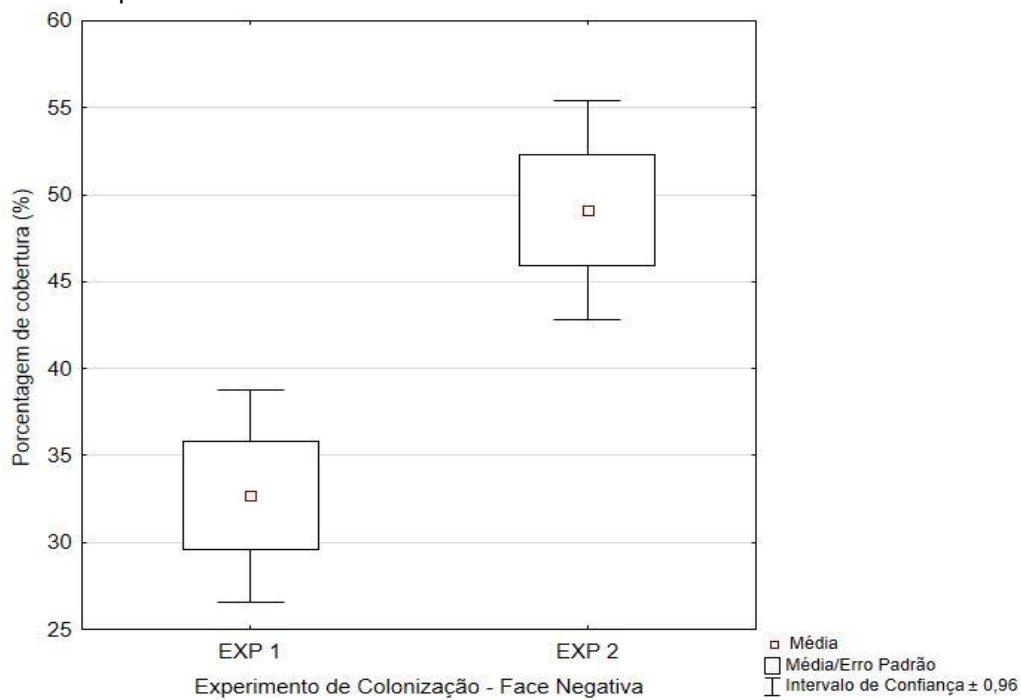
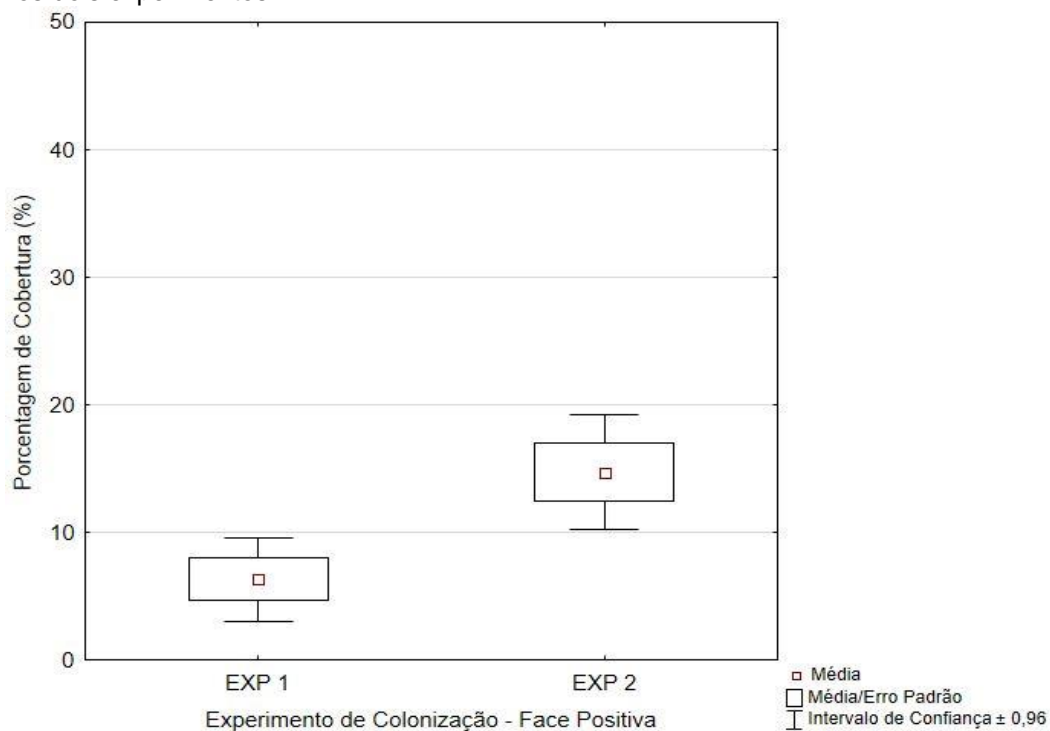


Figura 23 - Porcentagem de cobertura (média±desvio padrão) da face positiva de *Didemnum* sp RJAC nos dois experimentos.



Apesar da intensa colonização de vários grupos morfofuncionais nas estruturas, a espécie em estudo - *Didemnum* sp RJAC, frequentemente ocupou boa parte do substrato das placas experimentais. Foi observado que esta espécie usou outras espécies da comunidade incrustante como briozoários, serpulídeos e ascídias solitárias como substrato.

Ao término do primeiro experimento, as estruturas foram deixadas submersas e após dois meses as estruturas experimentais apresentavam cobertura completa pela ascídia *Didemnum* sp RJAC, não apenas as placas, mas também toda a estrutura experimental (Figura 25).

Figura 25 - Estrutura experimental totalmente recoberta pela *Didemnum* sp RJAC dois meses após o término do primeiro experimento de colonização (Setembro). Foto – Lucas Paes Castelo Branco



5.5 Experimento de Predação

Dados preliminares do experimento para avaliar a atividade predatória, mostrou que houve apenas a presença da espécie *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830), (Teleostei: Pomacentridae). Após a análise das gravações, verificou-se que esta espécie não apresentou atividade predatória sobre as colônias de *Didemnum* sp RJAC e nem com a comunidade incrustante presente nas estruturas. As placas utilizadas nesse experimento apresentaram cobertura de organismos incrustantes

(nas placas que caracterizaram a comunidade), como cirrípede, hidrozoário, tubo calcário de poliqueta, alga calcárea incrustante, briozoário incrustante e briozoário arborescente (Figura 25). Já nas placas que foi avaliado a predação da espécie em estudo, as placas continham 100% de cobertura de *Didemnum* sp RAJC (Figura 26).

Figura 26 - Artefato experimental utilizado para avaliar a predação da espécie *Didemnum* sp RJAC e da comunidade incrustante. A – Placa totalmente recoberta pela *Didemnum* sp RJAC; B – Placa representando a comunidade incrustante. Foto – Autor.

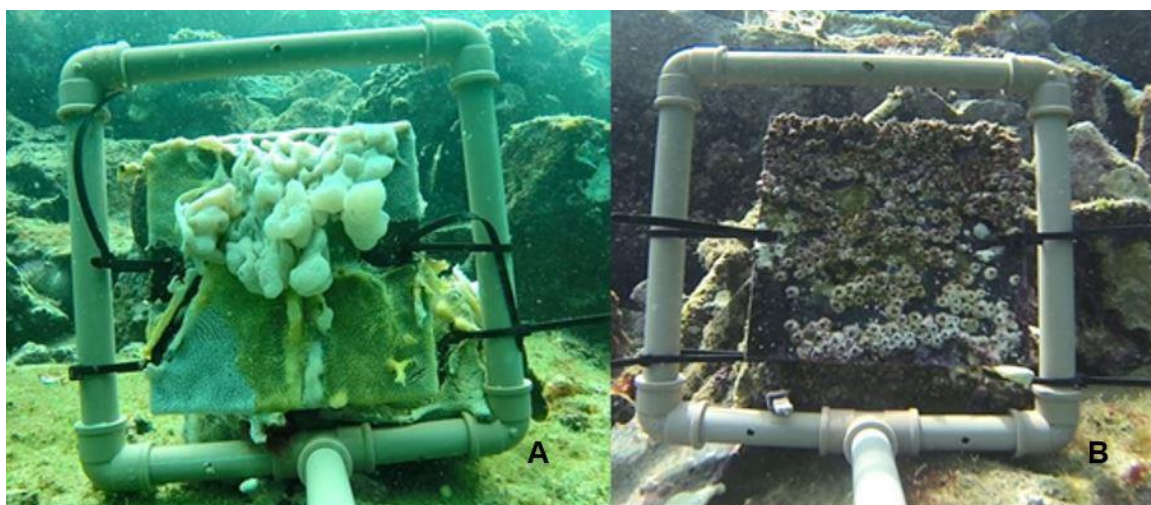
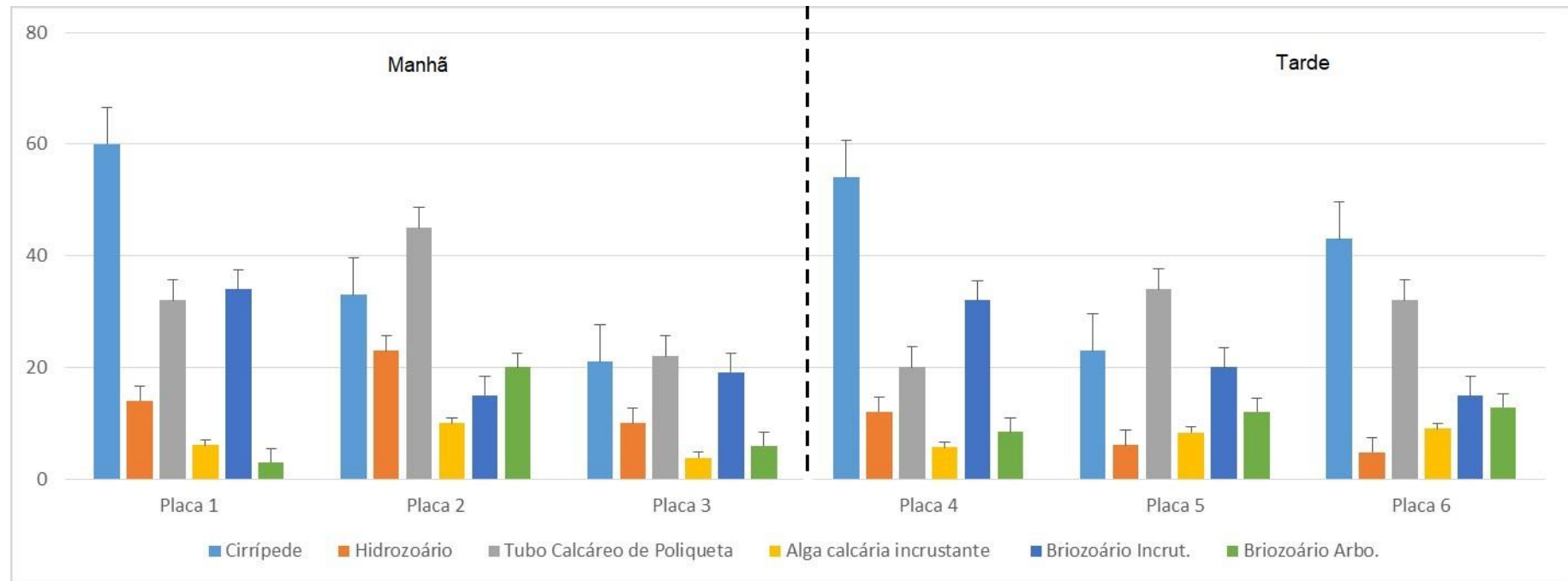


Figura 27 - Porcentagem de cobertura (média±desvio padrão) de organismos incrustantes nas placas experimentais do experimento de predação que foram utilizadas no período da manhã e da tarde.



6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostraram que a espécie *Didemnum* sp RJAC tem alto potencial invasor. As hipóteses sobre o aumento de distribuição espacial, alta produção larvar e alta capacidade de ocupação de novos substratos foram corroboradas e embora a hipótese sobre a pressão de predação não pode ser adequadamente testada, todos os outros critérios apontam que esta espécie pode vir a ser categorizada como invasora. No entanto, com base nas observações do presente estudo, o que se pode afirmar é que a espécie foi reportada inicialmente em julho/2016, colonizando apenas o substrato artificial da área portuária do Porto do Forno – Arraial do Cabo e em um segundo monitoramento (dezembro/2017), foi verificada a presença da *Didemnum* sp RJAC no substrato natural da Enseada dos Anjos. Com o registro do aumento da distribuição espacial, a espécie em estudo passou a ser categorizada como estabelecida, de acordo com as definições para espécies exóticas de Lopes e Villac (2009) e não apenas contida (em substrato artificial) pois a espécie já foi detectada no ambiente natural com número de colônias de 3 a 4, indicando ciclo de vida completo e aumento populacional.

O aumento da distribuição espacial pode ser justificado pelas correntes atuantes na região de estudo. De acordo com o modelo de dispersão descrito no presente estudo, a baía de Arraial do Cabo apresenta um regime de correntes que auxilia o transporte e a rápida distribuição espacial das larvas. A circulação local sob condições de ventos nordeste facilita a dispersão larvar na Enseada dos Anjos, onde as larvas tendem a seguir a corrente saindo do Porto do Forno e circundando a Enseada dos Anjos fluindo em direção fora da baía pelo Boqueirão. Como resultado, as larvas podem ser carregadas pelas correntes dominantes em direção à área sudeste da baía, que possui substratos naturais adequados para a colonização. Este mesmo padrão de distribuição foi verificado por Granthom-Costa (2017) com outra espécie de ascídia não nativa, *Rhodosoma turcicum*. Além disso, a esses fatores somados a vetores antrópicos, já que a região de estudo apresenta um alto fluxo de embarcações de turismo e pesca artesanal (Ferreira *et al.*, 2006).

Arraial do Cabo é regido pelo fenômeno da ressurgência, onde apresenta temperaturas baixas em algumas épocas do ano. A medição da temperatura no presente estudo evidenciou que as temperaturas máximas variaram de 26°C a 24°C

e as temperaturas de água fria, característica do fenômeno da ressurgência, variaram entre 15°C e 18°C. O estudo feito por Batista *et al* (2017), as temperaturas máximas variaram de 26 a 29,5°C e as temperaturas mínimas variaram a temperaturas de 18°C a 15°C, corroborando as observações do presente estudo. A região de Arraial do Cabo representa um local que apresenta de espécies tropicais e subtropicais em suas proximidades (Laborel, 1970; Valentin 1994; Castro *et al.*, 1995; Ferreira, 2003; Lanari & Coutinho, 2014).

Os fatores ambientais, como a variação da temperatura encontrada na área do presente estudo, mostram que a espécie *Didemnum* sp RJAC tolera um intervalo de temperatura entre 15°C a 26°C. O gênero *Didemnum*, apresenta, de fato, estratégias para adaptação a diferentes temperaturas, variando de 1°C até temperaturas mais altas como 24°C (Valentine *et al.*, 2007). Embora não seja conhecida a faixa de tolerância de temperatura da espécie de Arraial do Cabo, sabe-se que a adaptação da ascídia invasora *Didemnum vexillum* em relação a variações da temperatura, favorece a ocorrência da espécie em área de águas frias e temperadas (Bullard *et al.*, 2007a; Lambert, 2009), e/ou pode se adaptar a temperaturas mais altas, como em águas subtropicais, sendo encontrada, por exemplo, no Mar Mediterrâneo (Ordóñez, 2014). O entendimento sobre a plasticidade de adaptação a diversos fatores ambientais, é fundamental para avaliar as causas e consequências do rápido aumento da distribuição de ascídias ao redor do mundo (Dijkstra *et al.*, 2007; Bock *et al.*, 2011; Zhan *et al.*, 2015).

A espécie *Didemnum* sp RJAC apresentou, em todos os meses amostrados, colônias fecundadas contendo ovócitos e larvas. Apesar de grande parte das espécies de ascídias diminuírem ou cessarem as atividades reprodutivas durante os meses mais frios (Blum *et al.*, 2007; Osman & Whitlatch, 2007), algumas espécies possuem uma reprodução contínua ao longo do ano (Lambert, 2005), como parece ser o caso de *Didemnum* sp RJAC. A reprodução contínua de uma espécie aumenta a probabilidade de invasão a um novo ambiente (Ruiz *et al.*, 2009; Lockwood *et al.*, 2005). Como a espécie em estudo possui uma reprodução constante ao longo do ano, as larvas podem ser transportadas por correntes locais, aumentando a capacidade de encontrarem “brechas” para a colonização na comunidade.

A característica de aumento no investimento reprodutivo sazonal é típica de muitas ascídias (Becerro & Turon, 1992), incluindo *D.perlucidum* (Kremer *et al*, 2010). Kremer *et al*, (2009) estudando o potencial invasor de *D.perlucidum*,

observou entre outros fatores além da reprodução contínua que 75% das colônias estavam férteis e calculou uma produção larvar média total de $21 \pm 2,3$ larvas/cm² ao longo de um ano, tamanho das colônias entre 0,6 e 4,45 cm². Observando os mesmos critérios dos autores, no presente estudo, a espécie *Didemnum* sp RJAC, apresentou a mesma forma de reprodução constante ao longo do ano, e como já mencionado 88% das colônias coletadas estavam férteis e foi estimada uma produção larvar total de $24 \pm 68,5$ larvas por cm². Além disso, as colônias da espécie em estudo apresentam um maior tamanho que de *D. perlucidum*, entre 0,9 e 1,41 m². Desta forma, é possível inferir com bases nesses critérios, que a espécie estudada também apresenta um alto potencial invasor.

A dinâmica de colonização da *Didemnum* sp RJAC nas placas experimentais foi semelhante ao longo do ano nos dois experimentos. Em apenas alguns meses, a espécie em estudo apresentou uma alta porcentagem de cobertura nas placas experimentais, em um primeiro momento na face negativa, como esperado, e depois na face positiva. No substrato bentônico, o espaço aberto é muitas vezes o principal recurso limitante em comunidades marinhas, bem como um importante fator que influencia a colonização por espécies não nativas em uma comunidade (Stachowicz *et al.*, 2002a; Stachowicz & Byrnes, 2006). A falta de espaço disponível no substrato demonstra não ser um impedimento para a espécie em estudo, pois ela pode recobrir grande áreas e usar outras espécies como possíveis substratos. A espécie em estudo passou a colonizar as placas experimentais a partir do 22º dia de submersão na face negativa. A rápida ocupação de substratos, como descrito para o gênero *Didemnum*, é uma característica importante para aferir o potencial invasor de uma espécie (Berman *et al.*, 1992; Bram *et al.*, 2005; Nydam & Stachowicz, 2007). Os dados apresentados mostram que a hipótese sobre a rápida ocupação do substrato por *Didemnum* sp RJAC, foi corroborada.

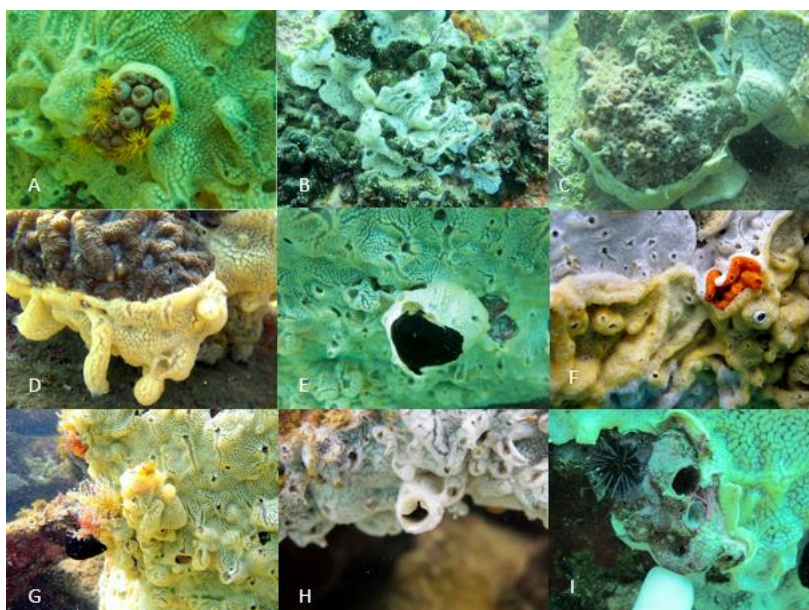
A profundidade não afetou o desenvolvimento da *Didemnum* sp RJAC nas amostragens. O estudo feito por Oren & Benayahu (1998), com espécies do gênero *Didemnum*, mostrou que a colonização começava pelas regiões mais profundas e depois havia a colonização de áreas mais rasas, sugerindo que este comportamento foi resultante da preferência das larvas por locais com menor intensidade de luz. A estrutura experimental do presente estudo, foi desenvolvida a fim de disponibilizar substratos com sombreamento para potencializar a colonização da espécie. A

intensidade de luz pode alterar o assentamento das larvas de ascídias, já que esse grupo apresenta preferência por locais sombreados (Svane & Young, 1989).

Didemnum sp RJAC apresenta potencial de causar modificações na comunidade, pois recobre organismos da comunidade bentônica. Essa forma de crescimento é relatada também para a espécie *Didemnum vexillum*, que recobre todo o substrato, inclusive outros organismos (Cohen *et al.*, 2011; Reinhardt *et al.*, 2012). Isso, aliado a alta produção larvar, pode aumentar o potencial sucesso de invasão dessa espécie. *Didemnum* sp RJAC pode representar uma ameaça para as comunidades bentônicas. Isto está de acordo com a observação de que algumas espécies desse gênero, possuem um intenso potencial de crescimento e domínio espacial (Oren & Benayahu, 1998; Minchin & Sides, 2006; Bullard *et al.*, 2007).

Além dos resultados encontrados nas estruturas experimentais, as observações de campo mostraram que a espécie em estudo também coloniza de forma epibiótica outras espécies da comunidade bentônica. No Molhe do Porto do Forno, foi observado o recobrimento da ascídia *Didemnum* sp RJAC em espécies como *Siderastrea stellata* e *Mussismilia hispida* – corais nativos (Figuras C e D), a ascídia *Phallusia nigra* (Figura E) e as espécies invasoras – *Tubastrea tagusensis* (Figura A) e *Eualetes tulipa* (Figura I). (Figura 24).

Figura 24 – Recobrimento de espécies bentônicas pela ascídia *Didemnum* RJAC na região do infralitoral do substrato consolidado do Molhe – Porto do Forno, Arraial do Cabo. (A = *Tubastrea* sp., B = *Codium* sp., C = *Siderastrea stellata*, D = *Mussismilia hispida*., E = *Phallusia nigra*, F = *Bothrioides* sp., G = *Serpulidae* sp., H = *Serpulidae* sp., I = *Eualetes tulipa*). Foto – Alexandre Kassuga, Lucas Paes Castelo Branco e e Fabián Messano.



Observações em campo, mostraram que a espécie *Didemnum* sp RJAC apresenta um potencial para causar danos a outras espécies bentônicas, especialmente corais como *Mussismilia hispida* e o coral invasor *Tubastraea* sp (Figura 28). Algumas ascídias do gênero *Didemnum* também apresentam características químicas capazes de competir e excluir os adultos na comunidade por competição direta (Joullie *et al.*, 2003, Donia *et al.*, 2008; Donia *et al.*, 2011a), causar danos aos zoóides de briozoários adultos (Jackson & Buss, 1975). A produção de metabólitos secundários pode inibir a colonização de espécies, como observado para espécies de ascídias (Lambert, 2005). A função ecológica destas substâncias é elucidada em alguns trabalhos que demonstraram a ação de compostos alelopáticos, principalmente pela inibição do assentamento de outras espécies (Davis, 1991; Young & Chia, 1981). Estudos de ecologia química com a espécie estudada no presente trabalho são recomendados para estabelecer quais metabólitos são característicos desta espécie e como as substâncias podem afetar os outros organismos.

Figura 28 - Imagens evidenciando a forma de crescimento por recobrimento da ascídia *Didemnum* sp RJAC sobre a comunidade bentônica, demonstrando o efeito negativo causado nas espécies (A e B – *Mussismilia hispida*; C e D – *Tubastraea* sp.). Foto – Alexandre Kassuga.



Experimentos realizados para verificar a atividade predatória em *Didemnum* sp RJAC, não foram suficientes para corroborar a hipótese sobre a predação da espécie em estudo. As estruturas foram expostas a uma possível predação, nenhum

predador foi reportado para *Didemnum* sp RJAC, embora as filmagens evidenciem a presença do peixe *Stegastes fuscus* (Teleostei: Pomacentridae), interagindo diretamente com a estrutura experimental, porém, sem interação direta com a ascídia. Esse comportamento mostra o comportamento territorialista dessa espécie, o mesmo comportamento foi documentado para outras espécies do gênero (Imre *et al.*, 2004; Kolm & Berglund, 2004; Spence & Smith, 2005). Os representantes deste grupo possuem uma influência significativa no ecossistema circundante, e alguns são considerados extremamente agressivos (Robertson, 1984). A espécie *Stegastes fuscus* é muito abundante em recifes brasileiros (Ferreira *et al.*, 2004) e possui hábitos alimentares caracterizado pela herbivoria (Lison de Loma *et al.*, 2000), e pode ter afastado possíveis predadores da ascídia no momento da realização do experimento.

Porém, cabe ressaltar que, de um modo geral, as ascídias são relativamente pouco de predadas, quando comparadas a outros invertebrados marinhos bentônicos (Millar, 1971; Lopez-Legentil *et al.*, 2006). A família Didemnidae apresenta mecanismos de proteção contra a possível predação, como túnicas duras ou espículas e muitas produzem metabólitos secundários defensivos (Lindquist *et al.* 1992; Pisut & Pawlik, 2002). Além da confirmação de componentes químicos que atuam tanto na defesa contra a predação, quanto na competição por substrato com outras espécies bentônicas (Pisut *et al.*, 2002; Joullie *et al.*, 2003). A falta da atividade predatória dessa espécie, pode auxiliar no aumento da sua distribuição local.

O entendimento sobre a ecologia e o desenvolvimento da espécie *Didemnum* sp RJAC na Enseada dos Anjos é essencial para uma posterior elaboração de um projeto de gestão de manejo. Diversos fatores podem influenciar a estruturação das comunidades bentônicas (Connel *et al.*, 2009; Freestone *et al.*, 2011). A tomada de decisão para analisar e avaliar impactos precisam ser melhor avaliados de acordo com cada caso. Programas de controle e erradicação de espécies invasoras em águas brasileiras ainda são escassos. Ações imediatas, contudo, aumentam a chance de sucesso no controle e/ou erradicação de espécies invasoras e, certamente, previnem contra maiores gastos (Airoldi *et al.*, 2015). Os programas de erradicação, portanto, devem incluir uma avaliação de risco da espécie e da área que inclua uma análise de impactos em ambientes naturais e econômicos (Burt *et al.*, 2011).

7 CONCLUSÃO

. O presente estudo forneceu informações básicas sobre a biologia e ecologia de *Didemnum* sp RJAC onde foi observado o aumento da distribuição espacial da espécie em estudo na Baía de Arraial do Cabo. A espécie foi registrada em ambiente natural apenas um ano após os primeiros registros de ocorrência nas estruturas artificiais do Porto do Forno, indicando o seu potencial invasor.

. Em todos os meses amostrados a espécie *Didemnum* sp RJAC apresentou colônias fecundadas contendo ovócitos e larvas. A reprodução contínua dessa espécie aumenta a probabilidade de invasão a um novo ambiente. De acordo com o fluxo de correntes na região, as larvas podem ser transportadas aumentando sua distribuição na região.

. A dinâmica de colonização da *Didemnum* sp RJAC nas placas experimentais foi semelhante ao longo do ano nos dois experimentos e mostrou rápida ocupação do substrato. A espécie também se desenvolveu em áreas com uma comunidade já estabelecida, apresentando potencial de causar modificações.

. Devido a essa combinação de características que favorecem a introdução e o aumento da distribuição espacial de *Didemnum* sp RJAC, é recomendado a continuação do estudo sobre esta espécie, especialmente para monitorar a dinâmica populacional e prevenir eventos de bioinvasões. É importante a elaboração de projetos de manejo que visem a recuperação da comunidade incrustante desses ambientes urbanizados, além de compreender a relação entre a espécie *Didemnum* sp RJAC e a complexidade do habitat.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIROLDI, L. et al. Corridors for aliens but not for natives: Effects of marine urban sprawl at a regional scale. **Diversity and Distributions**, v. 21, n. 7, p. 755–768, 2015.
- BAK, R; MEESTERS, E. Coral population structure: the hidden information of colony size-frequency distributions. **Marine Ecology Progress Series**, v. 162, p. 301-306, 1996.
- BATISTA, D. et al. Distribution of the invasive orange cup coral *Tubastraea coccinea* Lesson, 1829 in an upwelling area in the South Atlantic Ocean fifteen years after its first record. **Aquatic Invasion**, v.12, p. 23-32, 2017.
- BECERRO, M. A.; TURON, X. Reproductive cycles of the ascidians *Microcosmus sabateri* and *Halocynthia papillosa* in the Northwestern Mediterranean. **Marine Ecology**, v. 13, n. 4, p. 363–373, 1992.
- BERMAN, J. et al. Recent invasions of the Gulf of Maine: three contrasting ecological histories. **Conservation Biology**, v. 6, n. 3, p. 435–441, 1992a.
- BLUM, J. C. et al. The non-native solitary ascidian *Ciona intestinalis* (L.) depresses species richness. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 342, n. 1, p. 5–14, 2007.
- BLUNT, J.W; et al. Marine natural products. **Natural Product Reports**, v.27, p. 165-237, 2008.
- BOCK, D. G. et al. Looking at both sides of the invasion: patterns of colonization in the violet tunicate *Botrylloides violaceus*. **Molecular Ecology**, v. 20, n. 3, p. 503–516, 2011.
- BRAM, J. B.; PAGE, H. M.; DUGAN, J. E. Spatial and temporal variability in early successional patterns of an invertebrate assemblage at an offshore oil platform. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 317, n. 2, p. 223–237. 2005.
- BULLARD, S. G. et al. The colonial ascidian *Didemnum* sp. A: Current distribution, basic biology and potential threat to marine communities of the northeast and west coasts of North America. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 342, n. 1, p. 99–108, 2007.
- BULLERI, F.; CHAPMAN, M. G. The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, n. 1, p. 26–35, 2010.
- BULLERI F, AIROLDI L. Artificial marine structures facilitate the spread of a non-indigenous green alga, *Codium fragile* ssp. *tomentosoides*, in the north Adriatic Sea. **Journal of Applied Ecology**, v. 42, p.1063–1072, 2005.
- BURT, J.; BARTHOLOMEW, A.; SALE, P.F. Benthic development on large-scale

engineered reefs: A comparison of communities among breakwaters of different age and natural reefs. **Ecological Engineering**, v. 37, n. 2, p. 191–198, 2011.

CACABELOS, E. *et al.* Comparison of the assemblage functioning of estuary systems dominated by the seagrass *Nanozostera noltii* versus the invasive drift seaweed *Gracilaria vermiculophylla*. **Journal of Sea Research**, v. 72, p. 99–105, 2012.

CANDELLA, R. N. Meteorologically induced strong seiches observed at Arraial do Cabo, RJ, Brazil. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 34, n. 17–18, p. 989–997, 2009.

CARLTON, J.T. Patterns of transoceanic marine biological invasions in the Pacific Ocean. **Bulletin of Marine Science** v. 41, p.452-465, 1989.

CARLTON, J.T. Introduced Species in U.S. coastal waters: Environmental impacts and management priorities. **Virginia: Pew Oceans Commission**, 2001.

CARLTON, J. T.; GELLER, J. B. Ecological Roulette: The global transport of nonindigenous marine organisms. **Science**, v. 261, p. 78–82, 1991.

CASTILLA, J. C. *et al.* Invasion of a rocky intertidal shore by the tunicate *Pyura praeputialis* in the Bay of Antofagasta, Chile. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 23, p. 8517–8524, 2004.

CASTRO, C. B., *et al.* Distribuição de Cnidaria e Echinodermata no Infralitoral de Costões Rochosos de Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.55, p.471–480, 1995.

COHEN, C. S. *et al.* Discovery and significance of the colonial tunicate *Didemnum vexillum* in Alaska. **Aquatic Invasions**, v. 6, n. 3, p. 263–271, 2011.

CONNELL, S. D., AND A. D. IRVING. The subtidal ecology of rocky coasts: local-regional-biogeographic patterns and their experimental analysis. **Marine macroecology**, v.43, n.7, p. 392–417, 2009.

DAVIS A R. Alkaloids and ascidian chemical defense: evidence for the ecological role of natural products from *Eudistoma olivaceum*. **Marine Biology**, v.111, p. 375 – 379, 1991.

DAFFORN K.A., JOHNSTON E.L., GLASBY T.M. Shallow moving structures promote marine invader dominance. **Biofouling**, v.253, p. 277–287, 2009.

DONIA, M. S. *et al.* Complex microbiome underlying secondary and primary metabolism in the tunicate-*Prochloron* symbiosis. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 51, p. 1423 – 1432, 2011.

DONIA, M. S.; RAVEL, J.; SCHMIDT, E. W. A global assembly line for cyanobactins. **Nature Chemical Biology**, v. 4, n. 6, p. 341–343, 2008.

- DIJKSTRA, J.; SHERMAN, H.; HARRIS, L. G. The role of colonial ascidians in altering biodiversity in marine fouling communities. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 342, n. 1, p. 169–171, 2007.
- FERREIRA, C.E.L. Non-indigenous corals at marginal sites. **Coral Reef**, v. 22, p. 498, 2003.
- FERREIRA, C. E.; GONÇALVES, J. E.; COUTINHO, R. Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. **Environmental Biology of Fishes**, v. 61, n. 4, p. 353–369, 2001.
- FERREIRA, C. E. L. *et al.* Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 7, p.1093 – 1106, 2004.
- FERREIRA, C. E. L.; GONÇALVES, J. E. A.; COUTINHO, R. Ship hulls and oil platforms as potential vectors to marine species introduction. **Journal of Coastal Research**, v. 61, n. 4, p. 1340–1345, 2006.
- FREESTONE, A. L.; OSMAN, R.W. Latitudinal variation in local interactions and regional enrichment shape patterns of marine community diversity. **Ecology**, v. 92, n.1, p. 208–217, 2011.
- GLASBY, T.M.; CONNELL, S.D.; HOLLOWAY, M.G. · HEWITT, C.L. Nonindigenous biota on artificial structures: could habitat creation facilitate biological invasions? **Marine Biology**, v.15, n. 4, p. 887–895, 2007.
- GRANTHOM-COSTA, L. V. **Variação espacial da comunidade bentônica do sublitoral consolidado na baía de Arraial do Cabo, RJ: Ênfase no grupo Ascidiacea**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha. p.101, 2012.
- GRANTHOM-COSTA, L. V. *et al.* **Biodiversidade das ascídias (chordata: tunicata: ascidiacea) do estado do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Zoologia Museu Nacional. p.238, 2017.
- GRANTHOM-COSTA, L. V.; FERREIRA, C. G.W. & DIAS, G. M. Biodiversity of ascidians in a heterogeneous bay from southeastern Brazil. **Management of Biological Invasions**,v.7, n.1, p. 5–12, 2016.
- GROSHOLZ, E. Ecological and evolutionary consequences of coastal invasions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 17, n. 1, p. 22 – 27, 2002.
- GUIMARAENS, M. A.; PAIVA, A. DE M.; COUTINHO, R. Modeling *Ulva* spp. dynamics in a tropical upwelling region. **Ecological Modelling**, v. 188, n. 2–4, p. 448–460, 2005.
- IMRE, I.; GRANT, J. W. A.; KEELEY, E. R. The effect of food abundance on territory size and population density of juvenile steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Oecologia**, v. 138, n. 3, p. 371–378, 2004.
- JACKSON, J. B. C.; BUSS, L. Alleopathy and spatial competition among coral reef invertebrates. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 72, n. 12, p. 5160–5163, 1975.

JANIAK, D.S; RICHARD, W. OSMAN, A, ROBERT B. The role of species richness and spatial resources in the invasion success of the colonial ascidian *Didemnum vexillum* Kott, 2002 in eastern Long Island Sound. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 443, p. 12–20, 2013.

JOULLIÉ, M. M. *et al.* Chemical Defense in Ascidians of the Didemnidae Family. **Bioconjugate Chemistry**, v. 14, n. 1, p. 30–37, 2003.

KATSANEVAKIS, S. *et al.* Building the European Alien Species Information Network (EASIN): a novel approach for the exploration of distributed alien species data. **BioInvasions Records**, v. 1, n. 4, p. 235–245, 2012.

KOLM, N.; BERGLUND, A. Sex-specific territorial behaviour in the Banggai cardinalfish, *Pterapogon kaunderni*. **Environmental Biology of Fishes**, v. 70, n. 4, p. 375–379, 2004.

KOTT, P. The Australian Ascideacea. Part 4. Aplosobranchia (3), Didemnidae. **Memoirs of the Queensland Museum**, v. 47, n.1, p. 1–410, 2001.

KREMER, L. P.; ROCHA, R. M.; ROPER, J. J. An experimental test of colonization ability in the potentially invasive *Didemnum perlucidum* (Tunicata, Ascidiacea). **Biological Invasions**, v. 12, n. 6, p. 1581–1590, 2010.

LABOREL, J. L. Les peuplements de Madréporaires dês cotes tropicales du Brésil. *Annls L'Univ. D'Abidjan, série E II, fasc. 3*, 262 p.110-123, 1970.

LAMBERT, G. Ecology and natural history of the protochordates. **Canadian Journal of Zoology**, v. 83, n. 1, p. 34 – 50, 2005.

LAMBERT, G. Invasive Sea Squirts: A Growing Global Problem. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 342: 3–4. 2007.

LAMBERT, G. Adventures of a sea squirt sleuth: unraveling the identity of *Didemnum vexillum*, a global ascidian invader. **Aquatic Invasions**, v. 4, n. 1, p. 5 – 28, 2009.

LANARI M.O; COUTINHO, R. Reciprocal causality between marine macroalgal diversity and productivity in an upwelling area. **Oikos**, v.123, p. 630–640, 2014.

LEBLANC, N. *et al.* The effect of anti-fouling treatments for the clubbed tunicate on the blue mussel, *Mytilus edulis*. **Aquaculture**, v. 264, n. 1, p. 205 – 213, 2007.

LINDQUIST, N, HAY, M. Defense of ascidians and their conspicuous larvae: adult vs. larval chemical defenses. **Ecological Monographs**, v. 62, n.4, p. 547-568, 1992.

LOCKWOOD, J. L.; CASSEY, P.; BLACKBURN, T. The role of propagule pressure in explaining species invasions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 20, n. 5, p. 223–228, 2005.

LOMA, T. L. *et al.* Algal food processing by *Stegastes nigricans*, an herbivorous damselfish: differences between an undisturbed and a disturbed coral reef site (La Reunion, Indian Ocean). **Oceanologica acta**, v. 23, n. 7, p. 793–804, 2000.

LOPES, R.M.; VILLAC, M.C. Métodos. In: Informe sobre espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. Lopes, R.M. (ed). (Série Biodiversidade, 33), **Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA/SBF**, p.19-28, 2009.

LÓPEZ-LEGENTIL, S.; TURON, X.; SCHUPP, P. Chemical and physical defenses against predators in *Cystodytes* (Ascidiacea). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 332, n. 1, p. 27–36, 2006.

MILLAR, R. H. The Biology of Ascidiaceans. **Advanced in Marine Biology**, v. 9, p. 1–100, 1971.

MINCHIN, D; SIDES, E. Appearance of a cryptogenic tunicate, a *Didemnum* sp. fouling marina pontoons and leisure craft in Ireland. **Aquatic Invasions**, v. 1, n. 3, p. 143-147, 2006.

MONNIOT, C. Ascidiées littorales de Guadeloupe. II, Phlébobranches. **Bulletin du Muséum National D' Histoire Naturelle**. v.4, p. 51–71. 1983.

MUÑOZ, J, et al. Aspects of the growth and reproductive ecology of the introduced ascidian *Didemnum perlucidum* (Monniot, 1983) in Western Australia. **Aquatic Invasions**, v. 10, n. 3, p. 265–274, 2015.

NOGUCHI, R. **Estrutura da comunidade de peixes recifais próximo ao porto do forno (Arraial do Cabo, RJ): influência de impactos antrópicos, cobertura bêntica e rugosidade**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação Biologia Marinha da Universidade Federal Fluminense. p. 73, 2009.

NYDAM, M; STACHOWICZ J.J. Predator effects on fouling community development **Marine Ecology Progress Series**, v. 337, p. 93-101, 2007.

OREN, U.; BENAYAHU, Y. *Didemnid* ascidians: rapid colonizers of artificial reefs in Eilat (Red Sea). **Bulletin of Marine Science**, v. 63, n. 1, p. 199–206, 1998.

ORDÓÑEZ, V. *et al.* Ongoing expansion of the worldwide invader *Didemnum vexillum* (Ascidiacea) in the Mediterranean Sea: high plasticity of its biological cycle promotes establishment in warm waters. **Biological Invasions**, v. 17, n. 7, p. 2075–2085, 2015.

OSMAN, R. W.; WHITLATCH, R. B. Variation in the ability of *Didemnum* sp. to invade established communities. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 342, n. 1, p. 40–53, 2007.

PASTRO, G. **Como a avaliação espacial da assembleia de peixes determina a pressão de predação sob as comunidades incrustantes?** Tese de Mestrado. Universidade Federal do ABC Paulista. Curso de Pós de Graduação em Evolução e Diversidade. p. 65, 2015.

PISUT, D.; PAWLIK, J. Anti-predatory chemical defenses of ascidians: secondary metabolites or inorganic acids? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 270, p. 203– 214, 2002.

REINHARDT, J. F. *et al.* Material properties of *Didemnum vexillum* and prediction of tendril fragmentation. **Marine Biology**, v. 159, n. 12, p. 2875–2884, 2012.

ROCHA, R. M.; GRANTHOM-COSTA, L. V. Ascidians from Arraial do Cabo, RJ, Brazil. **Iheringia**, v.95, p.57–64, 2005.

ROCHA, R. M.; NEVES, I. M. & GAMBA, G. A. New species of Didemnidae (Tunicata: Ascidiacea) from the tropical coast of Brazil. **Zootaxa**, v.3905, p.381–396, 2015.

RUIZ, G. M. *et al.* Habitat Distribution and Heterogeneity in Marine Invasion Dynamics: the Importance of Hard Substrate and Artificial Structure. In: WAHL, M. (Ed.). **Marine Hard Bottom Communities**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, v. 206p. 321–332, 2009

RUIZ, G. M. *et al.* Invasion history and vector dynamics in coastal marine ecosystems: A North American perspective. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 18, n. 3, p. 299–311, 2015.

SPENCE, R.; SMITH, C. Male territoriality mediates density and sex ratio effects on oviposition in the zebrafish, *Danio rerio*. **Animal Behaviour**, v. 69, n. 6, p. 1317–1323, 2005.

STACHOWICZ, J. J.; BYRNES, J. E. Species diversity, invasion success, and ecosystem functioning: disentangling the influence of resource competition, facilitation, and extrinsic factors. **Marine Ecology Progress Series**, v. 311, p. 251–262, 2006.

STACHOWICZ, J. J. *et al.* Biodiversity, invasion resistance, and marine ecosystem function: reconciling pattern and process. **Ecology**, v. 83, n. 9, p. 2575–2590, 2002.

STEFANIAK, L.M; WHITLATCH, R.B. Life history attributes of a global invader: factors contributing to the invasion potential of *Didemnum vexillum*. **Aquatic Biology**, v. 21, n.5, p.221–229, 2014

SVANE, I. & YOUNG, C. M. The ecology and behavior of ascidian larvae. In: BARNES, H. & BARNES, M. (eds). **Oceanography and Marine Biology. Annual Review**, v.27, p.45–90, 1989.

VALENTIN, J. L. Ressurgência: fonte de vida dos oceanos. **Ciência hoje**, v.18, p 19-25, 1994.

VALENTINE, P. C. *et al.* Ecological observations on the colonial ascidian *Didemnum* sp. in a New England tide pool habitat. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 342, n. 1, p. 109–121, 2007.

VILÀ, M. *et al.* How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 8, n. 3, p. 135–144, 2010.

WALLENTINUS, I.; NYBERG, C. D. Introduced marine organisms habitat modifiers. **Marine Pollution Bulletin**, v. 55, n. 7–9, p. 323–332, 2007.

YONESHIGUE, Y. **Taxonomie et Écologie des Algues Marines dans la Region de Cabo Frio - Rio de Janeiro, Brésil.** Tese de Doutorado. Faculdade de Ciencias de Luminy, Université d'Aix Marseille II, Marseille, França. 1985.

YOUNG, C.M; CHIA, F.C. Laboratory evidence for delay of larval settlement in response to a dominant competitor. **International Journal of Invertebrate Reproduction**, v. 3, p. 221-226, 1981.

ZHAN, A., *et al.* Ascidiens as models for studying invasion success. **Marine Biology**, v. 8, n. 162, p. 2449–2470, 2015.