

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JANAYNA LEHMKUHL BOUZON

**BIODIVERSIDADE, ESTRUTURA ESPACIAL E CONECTIVIDADE DAS
COMUNIDADES BÊNÉTICAS DE SUBSTRATO CONSOLIDADO DAS ILHAS
COSTEIRAS DE SANTA CATARINA: IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO**

CURITIBA
2011

JANAYNA LEHMKUHL BOUZON

**BIODIVERSIDADE, ESTRUTURA ESPACIAL E CONECTIVIDADE DAS
COMUNIDADES BÊNÉTICAS DE SUBSTRATO CONSOLIDADO DAS ILHAS
COSTEIRAS DE SANTA CATARINA: IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências Biológicas - Zoologia, Setor de
Ciências Biológicas da Universidade Federal do
Paraná, como requisito parcial à obtenção do título
de Doutor em Ciências, área de concentração
Zoologia.

Orientador: Frederico Pereira Brandini

CURITIBA
2011

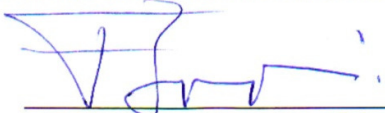
Termo de aprovação

BIODIVERSIDADE, ESTRUTURA ESPACIAL E CONECTIVIDADE DAS
COMUNIDADES BÊNTICAS DE SUBSTRATO CONSOLIDADO DAS
ILHAS COSTEIRAS DE SANTA CATARINA: IMPLICAÇÕES PARA
CONSERVAÇÃO

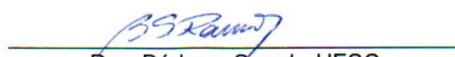
Por

JANAYNA LEHMKUHL BOUZON

Tese aprovada como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutor em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



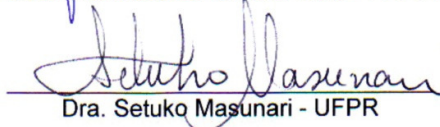
Dr. Frederico Pereira Brandini - UFPR
Presidente e Orientador



Dra. Bárbara Segal - UFSC



Dr. José Francisco de Oliveira Neto - FAFIPAR



Dra. Setuko Masunari - UFPR



Dra. Maria Angélica Haddad - UFPR

Curitiba, 25 de fevereiro de 2011.

*"Só será possível salvar a diversidade biológica através de uma hábil mistura de ciência,
investimento de capital e políticas governamentais..."*

Edward O. Wilson, 1994

Sumário

Agradecimentos.....	vii
Resumo.....	ix
Abstract.....	x
Prefácio.....	1
Capítulo 1. Biodiversidade da fauna séssil em substrato consolidado das ilhas costeiras de Santa Catarina (SC), Sul do Brasil	5
Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Materiais e métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	13
Referências.....	30
Capítulo 2. Distribuição espacial das comunidades bênticas sésseis em ilhas costeiras de Santa Catarina: implicações para a conservação da biodiversidade	37
Resumo.....	37
Abstract.....	38
Introdução.....	40
Materiais e Métodos.....	44
Área de estudo.....	44

Amostragem.....	47
Obtenção e processamento dos dados	50
Resultados.....	54
Discussão.....	66
Referências.....	73
Anexo.....	80
Capítulo 3. Espécies crípticas e estrutura genética populacional em	
<i>Didemnum granulatum</i> Tokioka, 1954 (Tunicata: Ascidiacea) na costa Sul do	81
Brasil	
Resumo.....	81
Abstract.....	82
Introdução.....	83
Materiais e métodos.....	86
Área de estudo e amostragem.....	86
Extração de DNA, amplificação e sequenciamento.....	88
Análise dos dados.....	91
Resultados.....	93
Variação das sequências.....	93
Análise filogenética.....	95
Genética de populações.....	97
Discussão.....	101
Referências.....	106
Considerações finais.....	110

Agradecimentos

Primeiramente agradeço meu orientador e professor Frederico Pereira Brandini pelo aceite na orientação e pela confiança. Sou extremamente grata pelas leituras críticas, pelas conversas e por todos auxílios no andamento da tese.

Agradeço também à Andrea Santarosa Freire (ECZ/UFSC) pela disponibilidade de equipamentos e o cantinho ocupado no seu laboratório. Obrigada pela amizade, sugestões, correções e tamanho incentivo no desenvolver da tese.

Ao Sérgio Floeter (ECZ/UFSC) pela confiança e grande incentivo. Agradeço pelas bibliografias, pelas correções de rumo ao longo desse extenso trajeto, e pela grande motivação que me fez acreditar nos potenciais resultados que estavam por vir.

Ao Programa de Pós-graduação em Zoologia (UFPR) e professores, em especial o professor Emygdio Leite de Araújo Monteiro Filho, coordenador no período 2008-2010, pela grande dedicação aos alunos e ao curso.

Ao professor Edmundo Grisard do Laboratório de Protozoologia (MIP/UFSC) com sua alegria contagiante, pela gentil recepção nas dependências de seu laboratório, pela disponibilização de todos os equipamentos, utensílios e reagentes necessários para a parte da pesquisa referente à biologia molecular.

À Patrícia H. Stoco, pós-doc do programa de Biotecnologia (MIP/UFSC), e demais integrantes do Laboratório de Protozoologia e Bioinformática pelo grande apoio e ajuda em vários procedimentos.

Aos taxonomistas colaboradores Ana Caroline Cabral, Júlia Beneti e Halina Heyse, alunas do laboratório da professora Maria Angélica Haddad (Departamento de Zoologia/ UFPR) que identificaram cnidários e briozoários, à professora Rosana M. da Rocha (UFPR) pela identificação das ascídias e ao João Luís Carraro (UFRGS) pela taxonomia das esponjas.

À Sarah Camila Vargas, agora professora da UFES, pela ajuda e dicas nas análises de populações.

Ao amigo Paulo Paiva, professor da UFRJ, pela amizade, esclarecimentos e leitura crítica do capítulo três.

Aos meus amigos do Laboratório de Crustáceos e Plâncton (ECZ/UFSC), em especial ao Luís e ao Matheus por todo o companheirismo e auxílio sempre que necessário.

Aos novos amigos policiais ambientais do CETAS (Centro de Triagem de Animais Silvestres) de Santa Catarina e da ONG R3, por compartilharem comigo momentos de muita dedicação e trabalho, mas concomitante e imensurável prazer nos procedimentos de reabilitação e reintrodução de animais, prejudicados pela atuação humana.

Agradeço também e principalmente aos meus pais. Este trabalho eu dedico a eles em especial, por tamanha dedicação e incentivo em proporcionarem tudo que eu conquistei até hoje na vida.

Também dedico este trabalho a todos os seres vivos não-humanos, marinhos e terrestres, pela imensurável beleza interior e exterior, e por suas simples presenças que nos motivam à vida e à luta pela integridade da mesma.

Resumo

Ilhas costeiras abrigam comunidades biológicas diversas e grande riqueza de espécies. Os habitats subtidais das ilhas da costa sul do Brasil foram insuficientemente estudados, principalmente em relação às comunidades bênticas sésseis. A maior parte dos estudos centrou em inventários da fauna e flora. O objetivo deste trabalho é contribuir para o conhecimento da biodiversidade marinha do Estado de Santa Catarina, descrever a estrutura espacial e composição quali-quantitativa das comunidades sésseis e analisar a conectividade genética entre as ilhas. Através de mergulho autônomo, em profundidades entre 6 e 15 metros, métodos não-destrutivos baseados em fotografia digital foram aplicados para o estudo ecológico. Espécimens foram coletados para a taxonomia e biologia molecular. Cento e onze táxons foram identificados na área de estudo, dos quais cinquenta e sete são novos registros. As análises ecológicas detectaram diferenças em relação à cobertura bêntica entre as ilhas do norte (Galés, Arvoredo e Deserta) e as do sul (Campeche e Arquipélago de Moleques do Sul). Na análise de espécies indicadoras Porifera foi indicador de formação do grupo das ilhas do sul, e Anthozoa, do grupo de ilhas ao norte. Grupos morfofuncionais e locais específicos são recomendados para um futuro e necessário programa de monitoramento na região. Os resultados das análises genéticas da ascídia *Didemnum granulatum* Tokioka 1954 sugerem ausência de conectividade entre as ilhas, e dois morfotipos de cor submetidos à análise de divergência genética comprovaram fortes evidências da existência de subespécies. Os conhecimentos gerados são base para subsidiar planos gestores das ilhas da região, assim como o monitoramento das comunidades frente à compreensão de possíveis mudanças ambientais, garantindo a proteção à biodiversidade e ao patrimônio genético local.

Abstract

Coastal islands are home for many biological communities, they are rich in several species. The subtidal habitats from these islands from Southern Brazil were poorly studied, especially the benthic communities. Most studies were focused on fauna and flora inventories. This work aimed to contribute to the knowledge of the marine biodiversity from Santa Catarina, Brazil. The spatial structure and the qualitative and quantitative composition of the sessile communities were described, also genetic connectivity between the islands was analyzed. Non-destructive methods based on photo digital were applied in an ecological study by performing scuba diving into depths between 6 and 15 meters. Samples were obtained for taxonomy and molecular biology. One hundred and eleven taxa were identified, fifty-seven are new records. The ecological analysis detected differences in relation to the benthic cover between the northern islands (Galés, Arvoredo and Deserta) and the southern ones (Campeche e Arquipélago de Moleques do Sul). For the analysis of indicative species, Porifera and Anthozoa were used as forming indicators to the groups of south and north islands, respectively. In the region, specific morphofunctional and local groups are recommended to a necessary monitoring program in the future. The results of the genetic analyses on the organism used suggest absence of connectivity among the islands and two morphotypes of color of *D. granulatum* Tokioka, 1954 submitted to genetic divergency analysis which confirmed by strong evidences the existence of subspecies. Resulting data can be taken as a base to subsidize management plans in the islands of this region, also the monitoring of communities for the comprehension of the potential environment changes in order to guarantee the protection of the biodiversity and the local genetic heritage.

Prefácio

Comunidades marinhas de águas rasas vêm sendo gravemente afetadas em todo o mundo pela poluição, transformação do habitat e sobrepesca. Por séculos estas ações têm obscurecido a magnitude total da degradação dos ecossistemas costeiros e perda de biodiversidade (Lotze *et al.*, 2006).

De acordo com este cenário atual, a biodiversidade é sem dúvida um tema focado com muita intensidade, e por esse motivo existem vários programas voltados para o assunto (Amaral & Steiner, 2009).

Em tempos recentes, o conceito de biodiversidade se expandiu e passou a abranger a variação genética das espécies (Duffy & Stachowicz, 2006). A genética, como ferramenta, passou a auxiliar muitas questões relacionadas com a conservação, assim como a resolução de incertezas taxonômicas, a detecção de perdas da diversidade genética que reduzem a habilidade das populações de se adaptarem às mudanças ambientais, aos impactos deletérios do endocruzamento, além de fornecer informações sobre aspectos pouco conhecidos da biologia das espécies (Frankham *et al.*, 2008).

Com esta abordagem que atualmente as políticas conservacionistas voltadas para o estabelecimento e manejo de áreas marinhas protegidas, são instigadas a considerar também o grau de conectividade genética entre as populações. A conectividade no ambiente marinho indica o grau de auto-recrutamento local e a chegada de larvas de outras populações, sendo um processo importante em estudos de comunidades marinhas, crucial para se determinar o número e o tamanho ideal de áreas marinhas protegidas (Palumbi, 2003; Shanks *et al.*, 2003). Esta conectividade genética é obtida através de ferramentas, tais como a sistemática molecular, e são capazes de discriminar relações de parentesco entre as espécies dentro de muitos grupos de metazoários.

Existem muitas ilhas costeiras no litoral de Santa Catarina com diversos *status* de conservação e utilização. Algumas se enquadram na área da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIOMAR), uma importante unidade de conservação local. Reservas biológicas ou áreas de proteção marinhas são importantes para a manutenção dos recursos pesqueiros e conservação da biodiversidade, além de proteger espécies residentes e estágios particularmente vulneráveis de muitas espécies (Palumbi, 2001).

No entanto, os municípios do entorno da área de influência da REBIOMAR estão em uma das áreas mais desenvolvidas e de maior ocupação de Santa Catarina, na faixa que se estende pelo litoral central-norte do Estado. Grande parte dos estudos sobre a biodiversidade local concentra-se nesta unidade de conservação e é necessário estender esses estudos para o restante da faixa litorânea.

As ilhas sofrem um impacto da pesca e das atividades antrópicas da área costeira adjacente. A introdução de poluentes que alcançam o mar na região costeira de Santa Catarina é proveniente de fontes preocupantes, como as indústrias de couro e calçados, indústrias cerâmicas e a extração mineral, situadas às margens do rio Tijucas, cujos sedimentos e resíduos são depositados no curso d'água e despejados por este rio na Baía de Tijucas, próxima à Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (Horta *et al.*, 2008). A presença de portos de pesca artesanal e industrial, sobretudo no município de Itajaí, intensifica esse panorama de ameaça às comunidades costeiras insulares ao longo da faixa litorânea. Portanto, a região é um excelente alvo para a consolidação e aprimoramento de programas de gestão, visando o ordenamento das atividades sócioeconômicas.

Diante desse cenário de conflitos entre o desenvolvimento sócioeconômico na zona costeira e a conservação da biodiversidade marinha do estado de Santa Catarina, este trabalho pretende contribuir com um estudo abrangente da biodiversidade envolvendo estrutura e ecologia das espécies e a discriminação de subpopulações através de técnicas biomoleculares.

O objetivo do primeiro capítulo é contribuir para o conhecimento da biodiversidade marinha do Estado de Santa Catarina e, conseqüentemente, subsidiar as políticas de conservação dos ecossistemas litorâneos da Região Sul do Brasil. Importantes adições são registradas e se ampliam as informações sobre a fauna sésil do litoral catarinense, diminuindo em parte a lacuna do conhecimento sobre a ocorrência de organismos, tais como cnidários e briozoários, grupos pouco explorados cientificamente na região.

No segundo capítulo, o objetivo é descrever a composição quali-quantitativa de grupos morfofuncionais das comunidades bênticas sésseis das ilhas de Santa Catarina, e relacionar a algumas características ambientais locais, como a heterogeneidade do substrato e outros fatores físicos que influenciam na sua distribuição.

O terceiro capítulo analisa a estrutura genética das populações da ascídia *Didemnum granulatum* nas ilhas e também em um ponto situado na costa. Através de um marcador molecular apropriado para detectar diferenças ao nível de espécie, buscou-se explicar diferenças genéticas entre as populações das ilhas e entre os distintos padrões de coloração, com a finalidade de se elucidar questões sobre a existência de subpopulações.

A associação destes três capítulos revela um novo cenário da biodiversidade da costa catarinense, abrangendo desde uma ampla lista de espécies com ampliações na distribuição de muitos táxons, a uma abordagem ecológica onde padrões das comunidades são descritos em um ambiente complexo como os recifes rochosos subtidais, e à genética molecular utilizada para desvendar divergências entre as populações das ilhas e os morfotipos de cores.

REFERÊNCIAS

- Amaral A.C.Z. and Steiner T.M.** (2009) Biodiversidade da fauna bentônica marinha no Brasil: oculta, conhecida e ameaçada. Congresso brasileiro de biologia marinha. Armação de Búzios, Rio Janeiro. 68–73.
- Duffy J.E. and Stachowicz J.J.** (2006) Why biodiversity is important to oceanography: potential roles of genetic, species, and trophic diversity in pelagic ecosystem processes. *Mar Ecol Prog Ser.* 311:179–189.
- Frankham R., Ballou J.D. and Briscoe D.A.** (2008) Fundamentos da genética da conservação. Sociedade Brasileira de Genética (Eds), Ribeirão Preto, São Paulo. 280p.
- Horta, P.A., Salles, J.P., Bouzon, J.L., Scherner, F., Cabral, D.Q. and Bouzon, Z.L.** (2008) Composição e estrutura do fitobentos do infralitoral da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, Santa Catarina, Brasil – Implicações Para a conservação. *Oecol. Bras.* 12:243–257.
- Lotze H.K., Lenihan H.S., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R.G., Kay M.C. Kidwell S.M., Kirby M.X., Peterson C.H. and Jackson J.B.C.** (2006) Depletion, Degradation, and Recovery Potential of Estuaries and Coastal Seas. *Science* 312:1806–1809.
- Palumbi S.R.** (2001) The ecology of marine protected areas. In: M. Bertness, S. D. Gaines and M. E. Hay (Eds). *Marine ecology: the new synthesis*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA. 509 – 530.
- Palumbi S. R.** (2003) Populations genetics, demographic connectivity, and the design of marine reserves. *Ecol. Appl.* 13:146–158.
- Shanks A. L., Grantham B. A. and Carr M. H.** (2003) Propagule dispersal distance and the size and spacing of marine reserves. *Ecol. Appl.* 13:159–169.

Capítulo 1

Biodiversidade da fauna sésil em substrato consolidado das ilhas costeiras de Santa Catarina (SC), Sul do Brasil

RESUMO

*A fauna epilítica sésil das ilhas de Santa Catarina da costa Sul do Brasil foi analisada ao longo de transectos infralitorâneos em profundidades que variaram dos 6 aos 15 metros, de janeiro a maio de 2008. Um total de 111 táxons foram identificados, dos quais 57 são novos registros para o Estado, para a Região Sul ou até mesmo para o Atlântico Sul. Algumas espécies exóticas foram encontradas na região, inclusive em área de Reserva Biológica Marinha. Entre elas, a esponja *Paraleucilla magna* Klautau, Monteiro & Borojevic, 2004, os briozoários *Schizoporella errata* (Waters, 1878) e *Bugula dentata* (Lamouroux, 1816) e a ascídia *Styela plicata* (Lesueur, 1823). O conhecimento da biodiversidade marinha sésil aliada às novas ocorrências para a região costeira do Sul do Brasil gera importantes subsídios para o planejamento de futuros programas de monitoramento na região, servindo de “baseline” para entender possíveis mudanças ambientais e fornecendo atributos à medidas de proteção à biodiversidade e ao patrimônio genético.*

Palavras chave: biodiversidade, fauna epilítica, novos registros, Santa Catarina, Atlântico Sul

ABSTRACT

*The epilithic sessile fauna on the islands of Santa Catarina State southern Brazilian coast was analyzed along sublittoral transects at depths ranging from 6 to 15 meters from January to May of 2008. A total of 111 taxa were identified, of which 57 are new records, to the local area, to the southern Brazilian coast, and even to the South Atlantic. Some exotic species were found in the region, including at the Arvoredo Marine Biological Reserve. Among them the sponge *Paraleucilla magna* Klautau, Miller & Borojevic, 2004, the bryozoans *Schizoporella errata* (Waters, 1878) and *Bugula dentata* (Lamouroux, 1816) and the ascidian *Styela plicata* (Lesueur, 1823). Knowledge of marine sessile combined with new records for the coastal region of southern Brazil provides substantial subsidies for the planning of future monitoring programs in the region, serving as a baseline to understand possible environmental changes, and providing attributes that help to the protection of biodiversity and heritage genetic.*

Keywords: biodiversity, epilithic fauna, new records, Santa Catarina, South Atlantic

INTRODUÇÃO

A comunidade biológica das ilhas costeiras da Região Sul do Brasil é rica e diversificada na costa de Santa Catarina (Mazzer 2002). O litoral catarinense se caracteriza por recifes rochosos distribuídos ao longo de 562 quilômetros de extensão costeira e por costões que margeiam as 130 ilhas (Gaplan 1986). Dentre as ilhas distribuídas desde a baía da Babitonga às Baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina, destacam-se às da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIOMAR), a única REBIO marinha brasileira além do Atol das Rocas. A REBIOMAR ocupa um polígono de 17.600 ha e reúne três ilhas e um rochedo, com infralitoral formado por amplas faixas de substrato consolidado. As reservas marinhas garantem a manutenção da biodiversidade e funcionam como banco de adultos reprodutivos para garantir o recrutamento e facilitar a recolonização de áreas vizinhas sob exploração (Amaral & Jablonski, 2005). A proximidade das ilhas com o continente ameaça a biodiversidade dos seus habitats constantemente sujeitos ao impacto antrópico, oriundos de conflitos do uso da zona costeira e da contaminação química e sólida.

Devido à habilidade de co-ocorrer com uma grande variedade de organismos, as comunidades bênticas sésseis criam um ambiente propício para a ocorrência de outras espécies, aumentando a heterogeneidade de habitats e elevando o número de espécies nos ambientes onde ocorrem (Rai, 1990; Althoff *et al.*, 1998; Fredrich *et al.*, 1999; Ribeiro *et al.*, 2003; Henkel & Pawlik, 2005).

O conhecimento da fauna de invertebrados bênticos no Brasil permanece insatisfatório e o número de espécies registradas é muito inferior ao conhecido para o mundo, refletindo um número insuficiente de estudos no local (Amaral & Jablonski, 2005). Atualmente, a biodiversidade de invertebrados bênticos sésseis em Santa Catarina se restringe a 32 espécies de Porifera (Volkmer-Ribeiro & Mothes-de-Moraes, 1975; Mothes-de-Moraes, 1985; Mothes-

de-Moraes, 1987; Mothes & Lerner, 1994; Lerner, 1996; Lerner & Hadju, 2002; Carvalho *et al.*, 2003; Lerner *et al.*, 2004, 2005, 2006; Mothes *et al.*, 2006, 2008), 14 hidrozoários pertencentes às subclasses Anthoathecata e Leptothecata (Migotto, 1996; Migotto *et al.*, 2002, Marques *et al.*, 2003), 4 espécies de octocorais (Castro *et al.*, 1999; Castro *et al.*, 2010), 14 anthozoários scleractínios azooxantelados com registros na plataforma e talude (Laborel, 1969; Kitahara, 2006) e 34 espécies de Ascidiacea (Rocha *et al.*, 2005). Vieira *et al.*, 2008 cita 40 spp. de briozoários para o Estado do Paraná, no entanto não há registros da fauna em Santa Catarina. Outros autores se dedicaram a analisar aspectos ecológicos (Bertoncini *et al.*, 2003; Blankensteyn *et al.*, 2002; Metri & Rocha, 2004; Godoy *et al.*, 2007; Horta *et al.*, 2008) e biogeográficos, enfocando respectivamente peixes (Floeter & Soares-Gomes, 1999; Floeter *et al.*, 2001, 2004, 2005) e macroalgas (Horta, 2000).

Os estudos de levantamento da biodiversidade são prioritários, uma vez que usualmente a taxa de degradação dos sistemas naturais é mais rápida do que as iniciativas de conservação e as medidas conservacionistas hoje aplicadas nos ecossistemas marinhos são pobremente sustentadas por dados ecológicos.

Este estudo visa contribuir para o conhecimento da biodiversidade marinha do Estado de Santa Catarina como subsídio ao desenvolvimento das políticas de conservação dos ecossistemas litorâneos da Região Sul do Brasil. No presente trabalho se ampliam as informações sobre a fauna sésil do litoral catarinense, diminuindo uma importante lacuna do conhecimento sobre a ocorrência destes organismos, como cnidários e briozoários, grupos pouco explorados cientificamente na região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O substrato rochoso das ilhas é relativamente raso e diversificado, formado por rochas arredondadas dispostas em declive suave em direção à areia no fundo. Grandes rochas formam paredes e cavernas até cerca de 15 metros de profundidade. Em alguns pontos, como os costões da REBIOMAR, estendem-se além dos 30m de profundidade.

A região encontra-se numa faixa de transição entre o clima tropical e temperado, proporcionando grande riqueza de espécies. As condições oceanográficas na costa região sul são fortemente afetadas pela proximidade da Convergência Subtropical na margem oeste da bacia do Atlântico Sul. As intrusões ortogonais e as ressurgências parciais da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) ao longo da costa catarinense no verão, e o deslocamento na direção norte de águas de origem subantárticas fortemente afetadas pelo deságue do Rio da Plata, conferem à região características hidrográficas extremamente variáveis e maior afinidade ambiental com as regiões temperadas do que subtropicais propriamente ditas (Castro & Miranda, 1998, Seeliger *et al.*, 1997). Isso afeta a composição e a dinâmica sazonal da abundância da fauna epilítica regional (Borzzone 1999; Amaral & Jablonski 2005).

Trabalhos de campo

Os organismos bênticos foram coletados no sublitoral das ilhas catarinenses entre São Francisco do Sul (SFS) e o sul da ilha de Santa Catarina (Figura 1). As ilhas amostradas foram: Ilha da Paz localizada no Arquipélago das Graças (26°10' S; 48°29'W), Ilhas Tamboretas (26°22'S; 48°31'W), Ilhas Deserta, Galés e Arvoredo que compreendem a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (27°11'–27°16'S; 48°19'– 48°24'W), Ilha do

Campeche (27°42'S; 48°27'W), Arquipélago das Ilhas Moleques do Sul (27°51'S; 48°26' W) e Ilhas Três Irmãs (27°50'S; 48°31' W).

As amostragens foram através de mergulho autônomo entre os meses de janeiro e maio do ano de 2008 (Tabela 1) totalizando 28 mergulhos, e os registros foram obtidos através de coletas e registros fotográficos. Apenas sete mergulhos foram exclusivamente para a coleta de organismos com finalidade de inventariamento da fauna de hidrozoários, briozoários e ascídias. Nos outros mergulhos (21) os organismos foram coletados durante expedições de uma amostragem quantitativa da comunidade bêntica sésil das ilhas, em profundidades que variaram de seis à 15m. Paralelamente a este estudo os táxons desconhecidos foram coletados e armazenados separadamente. Em seguida foram anestesiados com mentol e fixados em formalina 4%, exceto as esponjas que foram fixadas em etanol 70%, para a identificação em laboratório. As imagens foram feitas através de câmera digital Sony DSC-W90 com caixa estanque.

Os táxons foram triados e examinados sob estereoscópico Zeiss Stemi DV4 e Stemi 2000-C, no Laboratório de Crustáceos e Plâncton do Departamento de Ecologia e Zoologia da Universidade Federal de Santa Catarina. As morfoespécies foram triadas, separadas em grupos e encaminhadas aos especialistas para identificação. Os exemplares de poríferos foram depositados na Coleção científica de Poríferos Marinhos da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. Cnidários, briozoários e ascídias foram depositados na Coleção do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil (DZUP).

Tabela 1. Ilhas da costa de Santa Catarina. Pontos amostrados, número de mergulhos realizados e data das amostragens.

Ilhas	Ponto(s) Amostrado(s)	Número de mergulhos	Datas
Arq. das Graças	Ilha da Paz	2	02/04/2008
Arq. Tamboretas	Entre ilhas	1	03/04/2008
	Costão Sul	1	03/04/2008
Ilha das Galés	Naufrágio da Lili	2	07/03/2008
	Saco do Brás	2	08/03/2008
Ilha Deserta	Ponta Norte	2	05/04/2008
Ilha do Arvoredo	Saco d'Água	2	19/04/2008
	Saco do Capim	2	02/04/2008
		1	19/04/2008
Ilha do Campeche	Porção Norte	2	22/01/2008
	Porção Sul	2	14/01/2008
		1	16/04/2008
Ilhas Três Irmãs	Irmã do Meio	1	17/04/2008
Arq. Moleques do Sul	Costão Sul	2	06/01/2008
	Parcel	2	08/01/2008
		1	17/04/2008
Total de mergulhos		26	

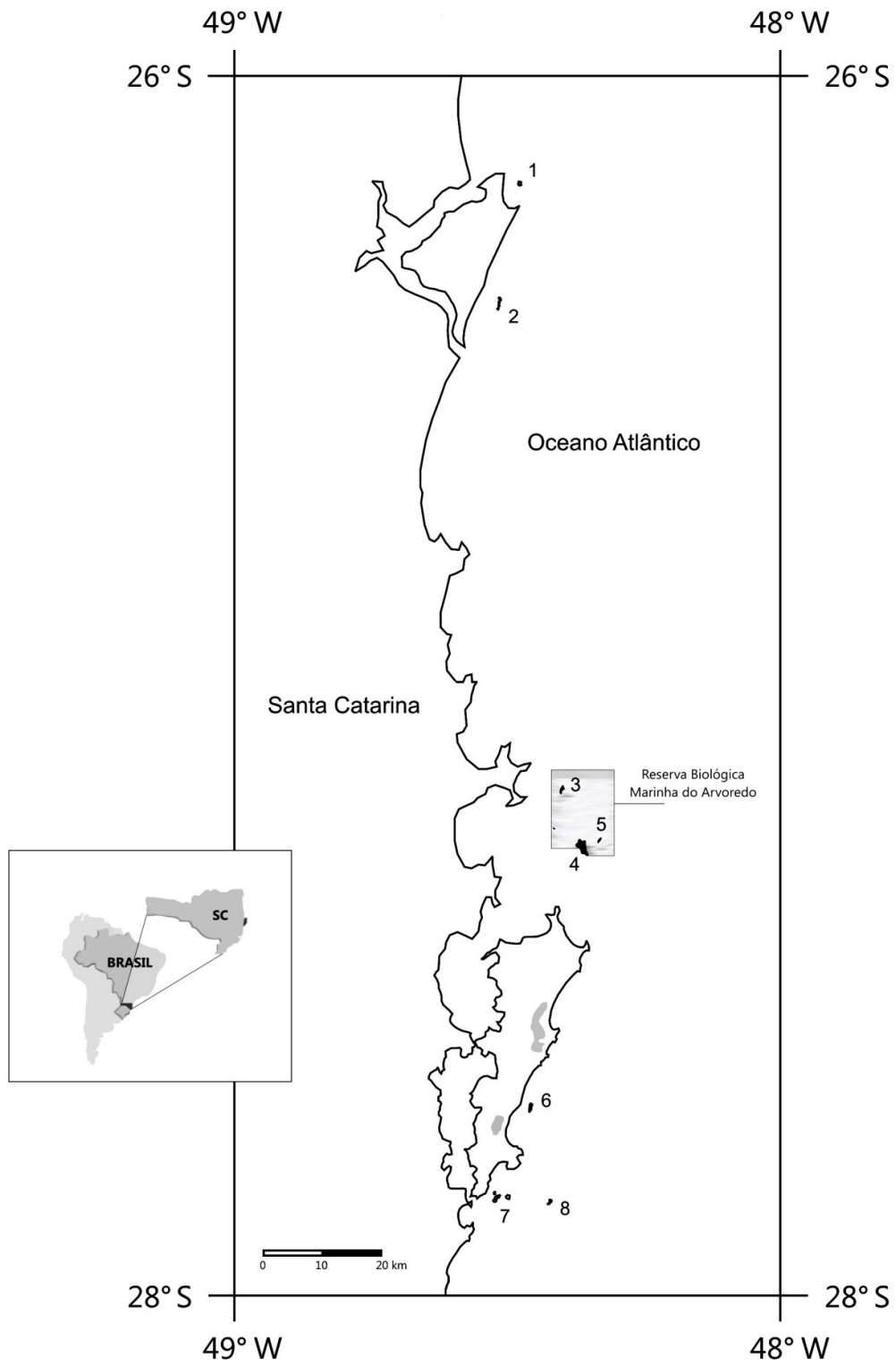


Figura 1. Mapa das ilhas costeiras amostradas (1. Arquipélago das Graças; 2. Arq. de Tamboretas; 3. Ilha das Galés; 4. Ilha do Arvoredo; 5. Ilha Deserta; 6. Ilha do Campeche; 7. Ilhas Três Irmãs; 8. Arq. de Moleques do Sul).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registrados 111 táxons pertencentes aos filos Porifera, Cnidaria, Bryozoa, Entoprocta e Chordata (Subfilo Tunicata, classe Ascidiacea), distribuídos em 54 famílias, dos quais 27 spp. necessitam de mais análises para a identificação em nível específico. Os grupos mais representativos foram o filo Cnidaria com 48 táxons (38 Hydrozoa e 11 Anthozoa), Ascidiaceae com 32 táxons, Porifera com 18, Bryozoa com 11 e por último Entoprocta com apenas uma espécie (Tabela 2). Representantes dos grupos podem ser visualizados nas figuras 2a (poríferos), 2b (cnidários) e 2c (ascídias e briozoário).

Deste total, 57 táxons são novos registros para o Estado de Santa Catarina, que representam 53% do total de registros feitos no presente trabalho. Novos registros de espécies ocorreram em todos os filos.

Dentre os grupos do zoobentos com maior número de novos registros estão a Classe Hydrozoa com 31 spp. e o filo Bryozoa com 10 espécies. Seis novos registros foram identificados no Filo Porifera, 5 na Classe Anthozoa e 5 na Classe Ascidiaceae. Das cinco espécies com ampliação de registro para o Atlântico Sul, quatro são os hidrozoários *Lafoeina tenuis* G. O. Sars, 1874, *Antennella secundaria* (Gmelin, 1791), *Sertularella rugosa* (Linnaeus, 1758) e *Hincksella cylindrica* (Bale, 1888), e uma é a ascídia *Didemnum cf. calliginosum* Monniot, 1984 (Tabela 3).

A ocorrência dos gêneros de Porifera *Trachycladus* sp., *Arcanus* sp., *Cliona* sp., dos hidrozoários *Macrorhynchia* sp. e *Filellum* sp., do gênero da ordem Corallimorpharia *Corynactis* sp., dos briozoários *Alcyonidium* sp., *Caberea* sp., *Celleporaria* sp. e *Crisulipora* sp. são novos para a costa catarinense, ampliando seus limites de distribuição.

Tabela 2. Lista dos taxa encontrados nas ilhas costeiras de Santa Catarina. (Abreviaturas GRA, Arquipélago das Graças; TAM, Arquipélago de Tamboretes; GAL, Ilha das Galés; ARV, Ilha do Arvoredo; DES, Ilha Deserta; CAM, Ilha do Campeche; MSL, Arquipélago de Moleques do Sul; IRM, Ilhas Três Irmãs).

Classificação	Táxons	GRA	TAM	GAL	ARV	DES	CAM	MSL	IRM
Filo PORIFERA									
Classe Demospongiae									
O. Hadromerida									
F. Clionidae	<i>Cliona</i> sp.			x			x	x	x
F. Suberitidae	<i>Suberites aurantiacus</i> (Duchassaing & Michelotti, 1864)						x	x	
F. Polymastiidae	<i>Polymastia janeirensis</i> (Boury-Esnault, 1973)			x			x	x	x
F. Trachycladidae	<i>Trachycladus</i> sp.				x			x	
O. Halichondrida									
F. Axinellidae	<i>Dragmacidon reticulatum</i> (Ridley & Dendy, 1886)			x	x		x	x	x
	<i>Axinella</i> sp.				x		x	x	
F. Dictyonellidae	<i>Scopalina ruetzleri</i> (Wiedenmayer, 1977)				x			x	
O. Poecilosclerida									
SubO. Microcionina									
F. Microcionidae	<i>Arcanus</i> sp.						x		
SubO. Mycalina									
F. Mycalidae	<i>Mycale</i> sp.				x				
	<i>Mycale (Carmia) microsigmatosa</i> Arndt, 1927			x	x				x
F. Guitarridae	<i>Guitarra sepia</i> Lerner, Hajdu, Custodio & van Soest, 2004			x		x	x	x	x
SubO. Myxillina									
F. Coelosphaeridae	<i>Lissodendorix isodictialis</i> (Carter 1882)				x				
F. Tedaniidae	<i>Tedania ignis</i> (Duchassaing & Michelotti, 1864)						x		
O. Haplosclerida									
F. Chalinidae	<i>Haliclona mammillaris</i> Mothes & Lerner, 1994		x	x	x	x	x	x	
	<i>Haliclona</i> sp.				x		x		
Classe Calcarea									
Subc. Calcaronea									
O. Leucosolenida									

		GRA	TAM	GAL	ARV	DES	CAM	MSL	IRM
F. Amphoriscidae	<i>Paraleucilla magna</i> Klautau, Monteiro & Borojevic, 2004							x	
SubC. Calcinea									
O. Clathrinida									
F. Clathrinidae	<i>Clathrina aurea</i> Solé-Clava, Klautau, Boury-Esnault, Borojevic & Thorpe, 1991				x	x		x	
	<i>Clathrina conifera</i> Klautau & Borojevic, 2001				x		x		
Filo CNIDARIA									
Classe HYDROZOA									
O. Capitata									
F. Pennariidae	<i>Pennaria</i> sp.	x	x						
O. Filifera									
F. Bougainvilliidae	<i>Bimeria vestita</i> Wright 1859								x
	<i>Bougainvillia muscus</i> (Van Beneden, 1844)								x
F. Eudendriidae	<i>Eudendrium</i> sp.	x			x				
	<i>Eudendrium carneum</i> Clarke, 1882								x
	Eudendriidae	x							
O. Conica									
F. Aglaopheniidae	<i>Aglaophenia latecarinata</i> Allman 1887	x			x	x			x
	<i>Macrorhynchia philippina</i> Kirchenpauer 1872	x	x		x	x			
	<i>Macrorhynchia</i> sp.				x				x
F. Campanulinidae	<i>Lafoeina amirantensis</i> (Millard & Bouillon, 1973)	x	x	x		x	x		
	<i>Lafoeina tenuis</i> G. O. Sars, 1874				x	x			
F. Haleciidae	<i>Halecium dyssymetrum</i> (Billard, 1929)			x				x	x
F. Halopterididae	<i>Antennella secundaria</i> (Gmelin, 1791)								x
	<i>Halopteris buskii</i> (Bale, 1884)								x
	<i>Halopteris polymorpha</i> (Billard, 1913)					x	x		
F. Kirchenpaueriidae	<i>Pycnotheca mirabilis</i> (Allman, 1883)	x	x	x					
F. Lafoeidae	<i>Filellum serratum</i> (Clarke, 1879)	x			x				
	<i>Filellum</i> sp.								x
F. Plumulariidae	<i>Monostaechas quadridens</i> (McCrary, 1859)	x					x	x	
	<i>Monothecha margaretta</i> Nutting, 1900	x							x
F. Sertulariidae	<i>Idiellana pristis</i> Lamouroux, 1816	x							
	<i>Dynamena quadridentata</i> (Ellis & Solander, 1786)	x							

		GRA	TAM	GAL	ARV	DES	CAM	MSL	IRM
	<i>Dynamena disticha</i> (Bosc, 1802)	x					x	x	x
	<i>Dynamena dalmasi</i> (Versluys, 1899)							x	x
	<i>Thuiaria desmoides</i> (Torrey, 1902)						x	x	
	<i>Sertularella tenella</i> (Alder, 1856)						x	x	
	<i>Sertularella rugosa</i> (Linnaeus, 1758)							x	
	<i>Diphasia digitalis</i> (Busk, 1852)		x						
	<i>Diphasia tropica</i> Nutting, 1904							x	
	<i>Sertularia distans</i> Lamouroux, 1816	x						x	
	<i>Sertularia marginata</i> (Kirchenpauer, 1864)	x							
	<i>Sertularia loculosa</i> Busk, 1852							x	
	<i>Sertularia turbinata</i> (Lamouroux, 1816)	x	x						
F. Syntheciidae	<i>Hincksella cylindrica</i> (Bale, 1888)							x	
F. Halopterididae	<i>Halopteris diaphana</i> (Heller, 1868)	x							
O. Proboscoida									
F. Campanulariidae	<i>Campanularia hincksii</i> Alder, 1856					x		x	
	<i>Clytia</i> cf. <i>gracilis</i>	x						x	
	<i>Obelia dichotoma</i> (Linnaeus, 1758)							x	
Classe ANTHOZOA									
SubC. Octocorallia									
O. Alcyonacea									
F. Clavulariidae	<i>Carijoa riisei</i> (Duchassaing & Michelotti, 1860)	x		x	x	x	x		
SubO. Holaxonia									
F. Paramuriceidae	<i>Heterogorgia uatunami</i> Castro, 1990	x					x		
F. Gorgoniidae	<i>Leptogorgia punicea</i> (Milne-Edwards & Haime, 1857)	x		x	x	x			x
F. Ellisellidae	<i>Ellisella elongata</i> (Pallas, 1766)				x				
SubC. Hexacorallia									
O. Scleractinia									
SubO. Faviinae									
F. Rhizangiidae	<i>Astrangia rathbuni</i> Vaughan, 1906		x	x	x		x	x	
SubO. Caryophylliina									
F. Caryophylliidae	<i>Phyllangia americana</i> Milne Edwards & Haime, 1849			x	x	x		x	

		GRA	TAM	GAL	ARV	DES	CAM	MSL	IRM
O. Zoanthidea									
F. Zoanthidae	<i>Palythoa caribeorum</i> (Duchassaing & Michelotti, 1860)		x		x				
	<i>Protopalythoa variabilis</i> (Duerden 1898)			x					
F. Parazoanthidae	<i>Parazoanthus</i> sp.		x	x	x				
O. Actinaria									
F. Actiniidae	<i>Actinostella flosculifera</i> (Lesueur, 1817)		x	x					
O. Corallimorpharia	<i>Corynactis</i> sp.						x	x	x
Filo BRYOZOA									
O. Ctenostomata									
	Ctenostomata sp.								x
SubO. Alcyonidiina									
F. Alcyonidiidae	<i>Alcyonidium</i> sp.					x			
SubO. Vesiculariina									
F. Vesiculariidae	<i>Amathia</i> sp.						x		
	<i>Zoobotryon verticillatum</i> (delle Chiaje, 1828)				x				
O. Cheilostomata									
SubO. Inovicellina									
F. Aeteidae									
	<i>Aetea anguina</i> (Linnaeus, 1758)						x	x	
SubO. Neocheilostomina									
F. Bugulidae	<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1758)						x		
	<i>Bugula dentata</i> (Lamouroux, 1816)					x	x	x	
F. Candidae	<i>Caberea</i> sp.						x	x	
F. Lepraliellidae	<i>Celleporaria</i> sp.								x
F. Schizoporellidae	<i>Schizoporella errata</i> (Waters, 1878)			x		x	x	x	
O. Cyclostomata									
F. Crisuliporidae	<i>Crisulipora</i> sp.					x	x		
Filo ENTOPROCTA									
	Entoprocta sp. Nitsche, 1870						x		
Filo CHORDATA									
Classe ASCIDIACEA									
O. Phlebobranchia									

		GRA	TAM	GAL	ARV	DES	CAM	MSL	IRM
F. Perophoridae	<i>Perophora regina</i> Goodbody & Cole, 1987				x	x			
F. Ascidiidae	<i>Ascidia tenue</i> Monniot, 1983							x	x
O. Aplousobranchia									
F. Clavelinidae	<i>Clavelina oblonga</i> Herdman, 1880		x	x	x	x	x		
F. Polycitoridae	<i>Cystodytes dellechiajei</i> (Della Valle, 1877)				x	x		x	x
	<i>Eudistoma clavatum</i> Rocha & Bonnet		x		x			x	
F. Euherdmaniidae	<i>Euherdmania vitrea</i> Millar, 1961				x			x	x
	<i>Aplidium accareense</i> (Millar, 1953)		x		x				
F. Polyclinidae	<i>Aplidium</i> sp.			x					
F. Holozoidae	<i>Distaplia bermudensis</i> Van Name, 1902			x					
F. Didemnidae	<i>Diplosoma listerianum</i> (Milne-Edwards, 1841)		x	x		x		x	
	<i>Diplosoma</i> sp.		x						
	<i>Lissoclinum fragile</i> (Van Name, 1902)				x				
	<i>Lissoclinum perforatum</i> (Giard, 1872)				x	x		x	x
	<i>Didemnum ahu</i> Monniot and Monniot, 1987		x						
	<i>Didemnum</i> cf. <i>calliginosum</i> Monniot, 1984						x		
	<i>Didemnum cineracium</i> (Sluiter, 1898)							x	
	<i>Didemnum granulatum</i> Tokioka, 1954	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Didemnum ligulum</i> Monniot, 1983			x	x	x	x	x	x
	<i>Didemnum rodriguesi</i> Rocha & Monniot, 1993	x	x	x	x	x	x		x
	<i>Didemnum vanderhorsti</i> Van Name, 1924		x		x		x	x	x
	<i>Didemnum</i> sp1.				x				x
	<i>Didemnum</i> sp2.							x	
	<i>Didemnum</i> sp3.							x	
	<i>Didemnum</i> sp4.							x	
	<i>Leptoclinides latus</i> Monniot, 1983	x							
	<i>Leptoclinides</i> sp.				x			x	
O. Stolidobranchia									
F. Styelidae	<i>Botrylloides nigrum</i> (Herdman, 1886)			x	x	x			
	<i>Botryllus tabori</i> Rodrigues, 1962				x				
	<i>Symplegma rubra</i> Monniot, 1972			x					
	<i>Symplegma</i> sp.		x						

		GRA	TAM	GAL	ARV	DES	CAM	MSL	IRM
	<i>Styela plicata</i> (Lesueur, 1823)			x					
F. Pyuridae	<i>Microcosmus exasperatus</i> Heller, 1878				x				
Total		24	21	26	42	25	36	57	18

O, ordem; SubO, subordem; F, família.

Tabela 3. Lista de novas ocorrências da fauna bêntica das ilhas de Santa Catarina e distribuição prévia dos táxons ao longo da costa brasileira e Oceano Atlântico Sul Ocidental.

Classificação	Táxons	Novos Registros	Distribuição Prévia
PORIFERA			
F. Trachycladidae	<i>Trachycladus</i> sp.	Brasil	Caribe
F. Clionidae	<i>Cliona</i> sp.	Região Sul	PE, BA, RJ, SP
F. Microcionidae	<i>Arcanus</i> sp.	Região Sul	PE, RJ, SP
F. Coelosphaeridae	<i>Lissodendorix isodictialis</i> (Carter 1882)	Região Sul	SP, PE
F. Amphoriscidae	<i>Paraleucilla magna</i> Klautau, Monteiro & Borojevic, 2004	Região Sul	RJ, SP
	<i>Clathrina conifera</i> Klautau & Borojevic, 2001	Região Sul	RJ
HYDROZOA			
F. Bougainvilliidae	<i>Bimeria vestita</i> Wright 1859	Região Sul	BA, ES, SP
	<i>Bougainvillia muscus</i> (Van Beneden, 1844)	SC	RJ - PR
F. Aglaopheniidae	<i>Macrorhynchia philippina</i> Kirchenpauer 1872	Região Sul	PE, BA, RJ, SP
	<i>Macrorhynchia</i> sp.	Região Sul	PE, BA, RJ, SP
F. Campanulinidae	<i>Lafoeina amirantensis</i> (Millard & Bouillon, 1973)	Região Sul	PE, RJ
	<i>Lafoeina tenuis</i> G. O. Sars, 1874	Atlântico Sul Oc.	Sul da Florida, Bahamas
F. Haleciidae	<i>Halecium dyssymetrum</i> (Billard, 1929)	Região Sul	ES, SP

F. Halopterididae	<i>Antennella secundaria</i> (Gmelin, 1791)	Atlântico Sul Oc.	Caribe
	<i>Halopteris buskii</i> (Bale, 1884)	Região Sul	SP
	<i>Halopteris polymorpha</i> (Billard, 1913)	Região Sul	SP
F. Kirchenpaueriidae	<i>Pycnotheca mirabilis</i> (Allman, 1883)	SC	RJ, SP
F. Lafoeidae	<i>Filellum serratum</i> (Clarke, 1879)	Região Sul	SE, RJ, ES, Caribe
	<i>Filellum</i> sp.	Região Sul	SE, RJ, ES, Caribe
F. Plumulariidae	<i>Monostaechas quadridens</i> (McCrary, 1859)	Região Sul	BA - SP
F. Sertulariidae	<i>Sertularia marginata</i> (Kirchenpauer, 1864)	Região Sul	FN, PE, BA - PR
	<i>Sertularia turbinata</i> (Lamouroux, 1816)	SC	PE, ES - PR
	<i>Sertularia loculosa</i> Busk, 1852	Região Sul	ES - SP
	<i>Idiellana pristis</i> Lamouroux, 1816	Região Sul	BA, SP
	<i>Dynamena quadridentata</i> (Ellis & Solander, 1786)	Região Sul	BA - SP
	<i>Dynamena disticha</i> (Bosc, 1802)	SC	FN, PE, BA - RS
	<i>Thuiaria desmoides</i> (Torrey, 1902)	Região Sul	Brasil
	<i>Sertularella tenella</i> (Alder, 1856)	Região Sul	RJ, Caribe
	<i>Sertularella rugosa</i> (Linnaeus, 1758)	Atlântico Sul Oc.	Europa, Sul da GL à NY, e NE do OP
	<i>Diphasia digitalis</i> (Busk, 1852)	Região Sul	PE, BA, ES, SP
	<i>Diphasia tropica</i> Nutting, 1904	Região Sul	ES - SP
	<i>Dynamena dalmasi</i> (Versluys, 1899)	Região Sul	BA, SP
F. Syntheciidae	<i>Hincksella cylindrica</i> (Bale, 1888)	Atlântico Sul Oc.	Caribe
F. Halopterididae	<i>Halopteris diaphana</i> (Heller, 1868)	SC	ES, SP, RS
F. Campanulariidae	<i>Campanularia hincksii</i> Alder, 1856	SC	cosmopolita em águas rasas, exceto no Ártico
	<i>Clytia cf. gracilis</i> (Sars, 1850)	SC	PE, SP, (RS, ES - PR como <i>C. hemisphaerica</i>)
	<i>Obelia dichotoma</i> (Linnaeus, 1758)	SC	ES - PR, RS
ANTHOZOA			
F. Caryophylliidae	<i>Phyllangia americana</i> Milne Edwards & Haime, 1849	SC	CE - SP
F. Zoanthidae	<i>Palythoa caribeorum</i> (Duchassaing & Michelotti, 1860)	Região Sul	CE, FN, Atol das Rocas, ASPSP, SP,
	<i>Protopythoa variabilis</i> (Duerden 1898)	Região Sul	CE - SP, PE (FN), Atol das Rocas

F. Parazoanthidae	<i>Parazoanthus sp.</i>	Região Sul	RJ
O. Corallimorpharia	<i>Corynactis sp.</i>	Região Sul	RJ
BRYOZOA			
F. Alcyonidiidae	<i>Alcyonidium sp.</i>	SC	ES, SP, PR, RS
F. Vesiculariidae	<i>Amathia sp.</i>	SC	PE, AL, BA, ES, RJ, SP, PR
	<i>Zoobotryon verticillatum</i> (delle Chiaje, 1828)	Região Sul	RJ, SP
F. Aeteidae	<i>Aetea anguina</i> (Linnaeus, 1758)	SC	PE, ES, RJ, SP, PR
F. Bugulidae	<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1758)	SC	RJ, SP, PR
	<i>Bugula dentata</i> (Lamouroux, 1816)	Região Sul	PE, ES, RJ
F. Candidae	<i>Caberea sp.</i>	Região Sul	SP, ES
F. Lepraliellidae	<i>Celleporaria sp.</i>	Região Sul	PE, BA, ES, SP
F. Schizoporellidae	<i>Schizoporella errata</i> (Waters, 1878)	Região Sul	SP
F. Crisuliporidae	<i>Crisulipora sp.</i>	Região Sul	SP
ASCIDIACEA			
F. Didemnidae	<i>Didemnum cf. calliginosum</i> Monniot, 1984	Atlântico Sul	Caribe
	<i>Didemnum cineraceum</i> (Sluiter, 1898)	Região Sul	SP
F. Ascidiidae	<i>Ascidia tenue</i> Monniot, 1983	Região Sul	BA, SP
F. Styelidae	<i>Botryllus tabori</i> Rodrigues, 1962	Região Sul	RJ,SP
	<i>Symplegma rubra</i> Monniot, 1972	SC	SP,PR

GL, Groenlândia; NY, Nova York; Oc, Oceano; OP, Oceano Pacífico; ASPSP, Arquipélago de São Pedro e São Paulo; NE, Nordeste.

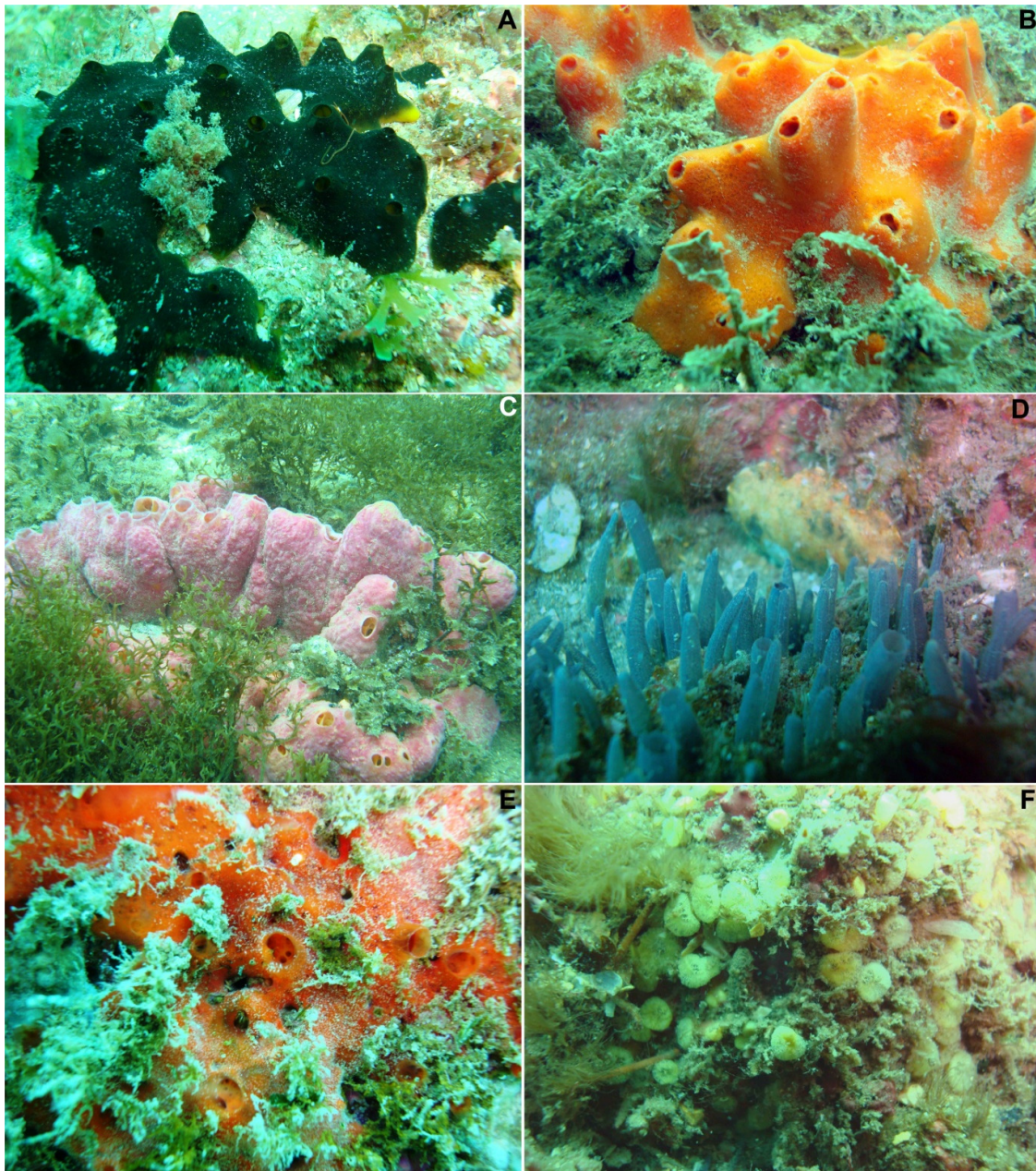


Figura 2a. Táxons sésseis de substrato consolidado das ilhas costeiras de Santa Catarina. Porifera: (A) *Guitarra sepia*, (B) *Dragmacidon reticulatum*, (C) *Suberites aurantiacus*, (D) *Polymastia janeirensis*, (E) *Tedania ignis*, (F) *Cliona* sp.

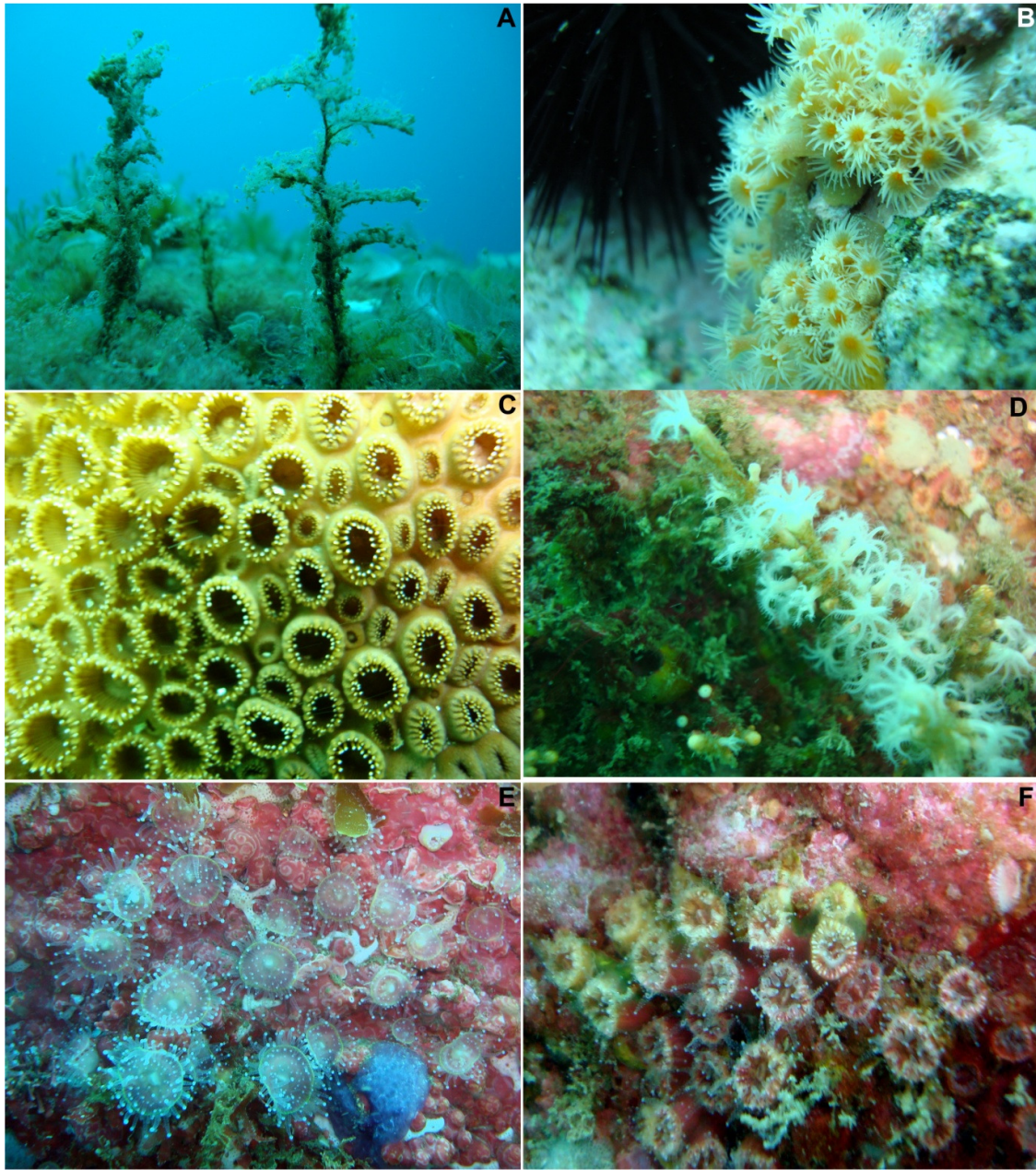


Figura 2b. Táxons sésseis de substrato consolidado das ilhas costeiras de Santa Catarina. Cnidaria: (A) *Eudendrium carneum*, (B) *Parazoanthus* sp., (C) *Palythoa caribeorum* (D) *Carijoa riisei*, (E) *Corynactis* sp., (F) *Astrangia rathbuni*.

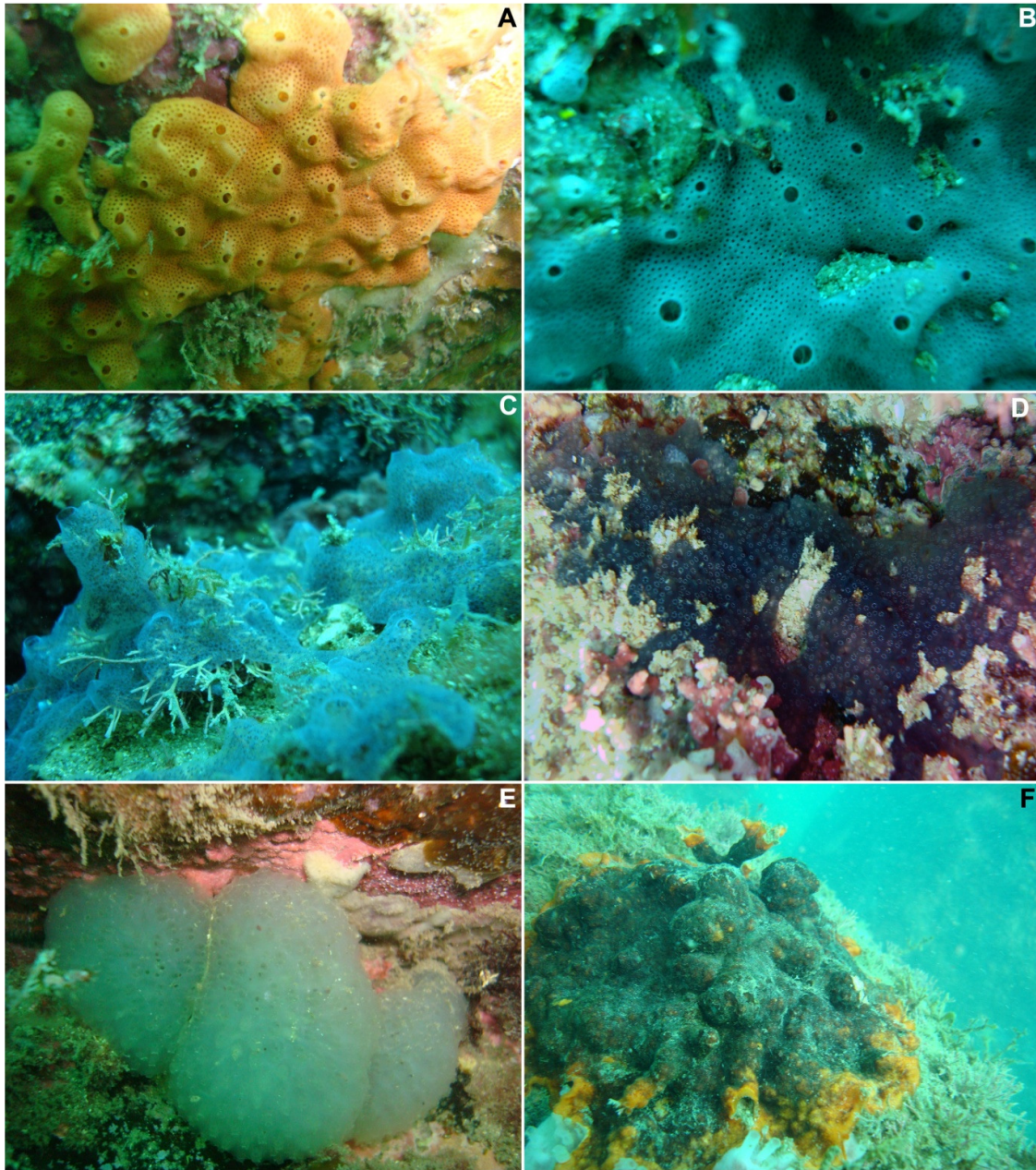


Figura 2c. Táxons sésseis de substrato consolidado das ilhas costeiras de Santa Catarina. Ascidiacea: (A) *Didemnum granulatum*, (B) *Lissoclinum perforatum*, (C) *Diplosoma listerianum*, (D) *Distaplia bermudensis*, (E) *Euherdmania vitrea*; Bryozoa: (F) *Schyzoporella errata*.

A maior riqueza foi 57 spp. em Moleques do Sul, onde 47% são registros novos. São eles *Trachycladus sp.*, *Haliclona sp.*, *Paraleucilla magna*, *Bimeria vestita*, *Bougainvillia muscus*, *Halecium dyssymetrum*, *Halopteris buskii*, *Monostaechas quadridens*, *Dynamena*

disticha, *Thuiaria desmoides*, *Sertularella tenella*, *Diphasia tropica*, *Dynamena dalmasi*, *Sertularia loculosa*, *Campanularia hinksii*, *Clytia cf. gracilis*, *Obelia dichotoma*, *Phyllangia americana*, *Corynactis* sp., *Aetea anguina*, *Bugula dentata*, *Caberea* sp., *Celleporaria* sp., *Antennella secundaria*, *Sertularella rugosa*, *Hinksella cylindrica*, *Ascidia tenue* e *Didemnum cf. calliginosum*. Três hidrozoários (*A. secundaria*, *S. rugosa* e *H. Cylindrica*) e a ascídia *D. cf. calliginosum* são registrados pela primeira vez no Atlântico Sul e com limites austrais de distribuição em Moleques do Sul, ao sul da ilha de Santa Catarina.

H. cylindrica var. *pusilla* foi originalmente descrita no Arquipélago Mergui, Oceano Índico (Ritchie, 1910), com registros adicionais para o Pacífico na Baía Sagami (Leloup 1940 cf. Vervoort, 1959), no Atlântico Oriental (Golfo de Guiné) por Vervoort (1959) e na região caribenha de Curaçao à Aruba (Leloup, 1935), em Porto Rico (Fraser, 1937) e em Tortugas (Fraser, 1943). *A. secundaria* foi anteriormente observada nas ilhas caribenhas Bonaire e Curaçao (Leloup, 1935), e Tortugas, Curaçao e Bimini por Van Gemerden- Hoogeveen (1965). Estas duas espécies ocorrem como epibiontes em outros hidrozoários e em macroalgas como as do gênero *Sargassum*, assim como observado por Vervoort (1967). Hidróides estão entre os principais grupos que utilizam plantas como substrato, competindo espacialmente com, por exemplo, poríferos, briozoários e tunicados (Masunari & Forneris, 1981).

D. cf. calliginosum, descrita originariamente por Monniot (1984) na ilha caribenha de Guadalupe, foi registrada em Santa Catarina na ilha do Campeche. A fauna de ascídias no Brasil é essencialmente tropical e se assemelha à caribenha (Rodrigues *et al.*, 1999). A presença destas espécies nas águas subtropicais de SC reflete a proximidade da fauna de invertebrados sésseis com a de latitudes menores e águas mais quentes.

A Ilha do Arvoredo foi a segunda com maior riqueza (41 spp.), onde 24% dos táxons foram novos registros. Esta porcentagem relativamente baixa deve-se ao maior número de amostragens anteriores nesta ilha, contrapondo-se às demais. O hidrozoário da família

Campanulinidae *Lafoeina tenuis*, descrito anteriormente para o sul da Flórida e Bahamas (Vervoort, 1967) tem nas ilhas do Arvoredo e Deserta seu primeiro registro para o Atlântico Sul Ocidental.

Cinquenta e quatro por cento das espécies no Arquipélago das Graças foram novas ocorrências, das quais 75% são hidrozoários. Na ilha do Campeche 48% também são novos registros (Figura 3). Estes expressivos valores revelam o conhecimento insatisfatório da biodiversidade marinha no sul do país até o momento.

Em relação à fauna de briozoários todos os táxons são novos registros para SC ou para a região sul, e um acréscimo do conhecimento da biodiversidade do grupo para a região foi registrado através dos dados presentes. No Brasil são 346 espécies do grupo (Vieira *et al.*, 2008), 11% registrados no Estado do Paraná. O grupo mais diverso de briozoários nas ilhas foram os da ordem Cheilostomata com 7 táxons, em seguida a ordem Ctenostomata com 4 representantes.

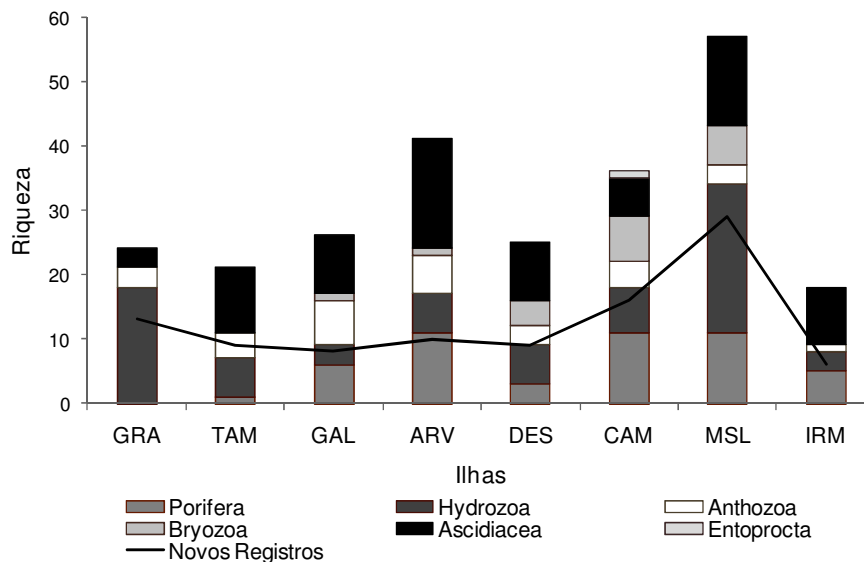


Figura 3. Riqueza de espécies e novos registros documentados neste estudo. (GRA, Graças; TAM, Tamborettes; GAL, Galés; ARV, Arvoredo; DES, Deserta; CAM, Campeche ; MSL, Moleques do Sul; IRM, Irmãs). Obs. Nas ilhas GRA e TAM não houve esforço de coleta para o grupo Porifera.

A biodiversidade é sem dúvida a base para a estrutura e funcionamento dos ecossistemas, de modo que processos ecológicos e oceanográficos em escala costeira ou oceânica possam ser melhor compreendidos (Amaral & Steiner, 2009). Pelo fato de não ser possível identificar espécies ameaçadas de extinção, tendo em vista à escassez de dados que indiquem as flutuações naturais das populações dos invertebrados sésseis, pode-se afirmar que grande parte destes organismos pode estar ameaçada por alterações ambientais que provocam sedimentação excessiva sobre as superfícies de fixação (Rocha & d'Hondt, 1999).

Algumas das espécies constam da lista de espécies marinhas exóticas registradas na zona costeira brasileira. De acordo com o informe sobre as espécies exóticas marinhas do Brasil (MMA, 2009), existem quarenta espécies exóticas do zoobentos na costa brasileira, 19 de substrato consolidado, das quais doze são animais sésseis.

Nas ilhas de Santa Catarina foram identificadas quatro espécies exóticas do zoobentos marinho de substrato consolidado. Dentre elas a ascídia invasora *Styela plicata* (Lesueur, 1823) (Fig. 2N) foi encontrada dentro da REBIOMAR do Arvoredo, nas ilhas do Arvoredo e Galés. São organismos solitários capazes de formar densos agregados nos quais cada indivíduo assume uma forma alongada com um pedúnculo de fixação. Nativa da região do Pacífico, das costas do Japão, Coréia e China, foi registrada pela primeira vez para o Brasil (Traustedt, 1883) no Rio de Janeiro. Em nosso litoral é raramente encontrada em ambiente natural, preferindo cordas e superfícies flutuantes em áreas de marinas e cultivos (Rocha & Kremer, 2005). No entanto foi registrada pela primeira vez nas ilhas catarinenses. O impacto da presença destes organismos invasores podem causar alterações marcantes nas comunidades alterando o percurso evolutivo das espécies nativas por exclusão competitiva, deslocamento de nicho, hibridação, introgressão, predação e, finalmente, a extinção (Mooney & Cleland 2001, Lotze *et. al.*, 2006).

No filo Porifera, a esponja calcária *Paraleucilla magna* Klautau, Monteiro & Borojevic, 2004 é também uma espécie exótica. Foi encontrada no Arquipélago de Moleques do Sul e avistada em outras ilhas de Santa Catarina, como a ilha das Aranhas (Bouzon, *observação pessoal*) ao norte da ilha de Santa Catarina. *P. magna* é uma espécie exótica de origem indeterminada, estabelecida, com ciclo de vida completo na natureza e indícios de aumento populacional ao longo do tempo, mas sem impactos ecológicos ou socioeconômicos aparentes (MMA, 2009). No Filo Bryozoa as espécies exóticas *Schizoporella errata* (Waters, 1878) (Fig. 20) e *Bugula dentata* (Lamouroux, 1816) foram comumente encontradas nas ilhas. A primeira é uma espécie estabelecida e *B. dentata* se enquadra na categoria de detectada, condição onde a espécie encontra-se presente no ambiente natural porém, sem aumento posterior na sua abundância e/ou dispersão.

A importância de detectar a presença e abundância de espécies consideradas invasoras deve-se ao fato destes organismos interferirem na capacidade de sobrevivência das demais espécies da comunidade (Elliot, 2003), além da possibilidade de gerar danos econômicos e ambientais, e, em alguns casos para a saúde humana. Os prejuízos à biodiversidade são principalmente por competirem com as espécies nativas por espaço, luz ou alimento. Somadas a introdução de espécies exóticas, a degradação e/ou descaracterização de habitat, a sobreexploração dos organismos para consumo e/ou ornamentos são as maiores ameaças à biodiversidade marinha e costeira. A introdução de espécies exóticas não somente ocasiona sérios problemas a alguns animais nativos, como pode chegar ao extremo de ameaçar ecossistemas inteiros (Amaral & Jablonski, 2005).

As ampliações dos limites de distribuição encontrados para a fauna sésil foram de águas provenientes do norte, com uma fauna tipicamente tropical identificada na região. Os habitats costeiros subtropicais do sudeste e sul do Brasil são costumeiramente considerados uma áreas de transição para uma fauna temperada (Floeter *et al.*, 2009). No entanto, toda esta

região está dentro da Província Paulista descrita por Palacio (1982). Esta província se estende desde o Espírito Santo ao Rio Grande do Sul (~ entre 22° - 32° S) e se caracteriza pela alta incidência de espécies endêmicas. Portanto, pode-se esperar uma pequena diferença na composição de espécies ao longo da província, com o predomínio de espécies tropicais mais ao norte e de espécies austrais mais ao sul.

Entretanto, além das baixas temperaturas no inverno no sul do Brasil, o escasseamento e desaparecimento propriamente dito dos costões rochosos a partir do Estado de Santa Catarina representam uma barreira mais efetiva na dispersão dos organismos marinhos que dependem de substrato duro para recrutarem.

Este acréscimo no conhecimento da biodiversidade marinha para o Estado de Santa Catarina amplia as informações sobre a fauna sésil do litoral catarinense e diminui a lacuna do conhecimento sobre a ocorrência destes organismos, e conseqüentemente contribui gerando mais subsídios às políticas de conservação dos ecossistemas litorâneos da Região Sul do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colaboradores MSc. João Luís Carraro e Dra. Beatriz Mothes, Laboratório de Poríferos Marinhos do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul pela identificação dos poríferos, à professora Dra. Maria Angélica Haddad e alunas Ana Carolina Cabral, Halina Heyse e Júlia Beneti do Laboratório de Biologia de Hidróides e Briozoários da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pela identificação dos cnidários e briozoários, à prof. Dra. Rosana Moreira da Rocha do Laboratório de Sistemática e Biologia de Ascidiacea (UFPR) pela identificação das ascídias, e à MSc. Thais Miranda e o prof. Dr. Antônio Carlos Marques do Laboratório de Medusozoa

da Universidade do Estado de São Paulo pela identificação e confirmação de espécies de hidrozoários. Saídas de campo foram financiadas pelo CNPq (Concessão 475367/2006-5 para S.R. Floeter; Edital Universal N° 02/2006). Ao CNPq pela bolsa concedida (141398/2007-8).

REFERÊNCIAS

- Altoff K., Schutt C., Steffen R., Batel, R. and Müller W.** (1998) Evidence for a symbiosis between bacteria of the genus *Rhodobacter* and the marine sponge *Halichondria panacea*: harbor also for putatively toxic bacteria? *Marine Biology* 130, 529–536.
- Amaral A. C. Z. and Jablonski S.** (2005) Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. *Megadiversidade* 1, 43–51.
- Bertoncini A.A., Machado L.F., Hostim-Silva M. and Barreiros J.P.** (2003) Reproductive biology of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Perciformes: Serranidae, Epinephelinae) in Santa Catarina, Brazil. *Brazilian Archives Biology and Technology* 46, 373–381.
- Blankensteyn A., Almeida F.S., Guimarães C. F., Bouzon J. L., Weiss L. J., Camargo L. M., Telles S. and Freire A. S.** (2002) A macrofauna bentônica do banco de algas calcárias da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, SC, Brasil, pp. 83-93. *In: Anais do 2º Simpósio de Áreas Protegidas. Conservação no Âmbito do Cone Sul.* Universidade Católica de Pelotas, RS.
- Borzone C. A., Perzzuto P. R. and Marone E.** (1999) Oceanographic Characteristics of a Multi-Specific Fishing Ground of the Central South Brazil Bight. *Marine Ecology* 20, 131–146.

- Carvalho M.A., Carraro J.L., Lerner C.B. and Hajdu E.** (2003) First Record of *Ciocalypa* (Demospongiae: Halichondrida) from Brazil, Southwestern Atlantic, with description of a new valid species. *Zootaxa* 302, 1–8.
- Castro B.M. and Miranda L.B.** (1998) Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 48N and 34S. In Robinson A.R. and Brink K.H. (eds) *The sea*. New York: John Wiley and Sons, pp. 209–251.
- Castro C.B., Echeverría C.A., Pires D.O. and Fonseca C.G.** (1999) Distribuição do bentos (Cnidaria e Echinodermata) em costões rochosos da Baía de Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. In Silva SHG & Lavrado HP (Eds). *Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro. Série Oecologia Brasiliensis VII*, Rio de Janeiro, Brasil.
- Castro C.B., Medeiros M.S. and Loiola L.L.** (2010) Octocorallia (Cnidaria: Anthozoa) from Brazilian reefs. *Journal of Natural History* 44, 763–827.
- Elliott M.** (2003) Biological pollutions and biological pollution an increasing cause of concern. *Marine Pollution Bulletin* 46, 275–280.
- Floeter S. R. and Soares-Gomes A.** (1999) Biogeographic and species richness patterns of Gastropoda on the southwestern Atlantic. *Revista Brasileira de Biologia* 59, 567–575.
- Floeter S. R., Guimarães R. Z. P., Rocha L. A., Ferreira C. E. L., Rangel C. A. and Gasparini J. L.** (2001) Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast. *Global Ecology and Biogeography* 10, 423–431.
- Floeter S.R., Ferreira C.E.L., Dominici-Arosemena A. and Zalmon I.R.** (2004) Latitudinal gradients in Atlantic reef fish communities: trophic structure and spatial use patterns. *Journal of Fish Biology* 64, 1680–1699.
- Floeter S.R., Behrens M.D., Ferreira C.E.L., Paddock M.J. and Horn M.H.** (2005) Geographical gradients of marine herbivorous fishes: patterns and processes. *Marine Biology* 147, 1435–1447.

- Floeter, S. R., Soares-Gomes, A., and Hajdu, E.** (2009) Biogeografia Marinha. In: Pereira, R. C. & Soares-Gomes, A. (Orgs.). *Biologia Marinha*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2ª edição, pp. 421–441.
- Friedrich AB., Merkert H., Fendert T., Hacker J., Proksch P. and Hentschel U.** (1999) Microbial diversity in the marine sponge *Aplysina cavernicola* (formerly *Verongia cavernicola*) analyzed by fluorescence in situ hybridization (FISH). *Marine Biology* 134, 461–470.
- Gaplan** (1986) Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro. Aerofoto Cruzeiro.
- Godoy E.A.S., Daros F.A.L.M., Gerhardinger L.C., Bertuol P., Machado L.F., Bertoncini A. A. and Hostim-Silva M.** (2007) Projeto Peixes de Costão Rochoso de Santa Catarina: Subsídios para a Conservação In: Serie Áreas Protegidas do Brasil, 4: Áreas Aquáticas Protegidas como Instrumento de Gestão Pesqueira. Brasília: MMA, 4, 89–105.
- Henkel T.P. and Pawlick J.R.** (2005) Habitat use by sponge-dwelling brittlestars. *Marine Biology* 146, 301–313.
- Horta P.A.** (2000) Macroalgas do infralitoral do sul e sudeste do Brasil: Taxonomia e Biogeografia. Tese de Doutorado. Universidade do Estado de São Paulo. São Paulo.
- Horta P.A., Salles J.P. Bouzon J.L., Scherner F., Cabral D.Q. and Bouzon Z.L.** (2008) Composição e estrutura do fitobentos do infralitoral da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, Santa Catarina, Brasil – implicações para a conservação. *Oecologia Brasiliensis* 12, 243–257.
- Kitahara M.V.** (2006) Novas ocorrências de corais azooxantelados (Anthozoa, Scleractinia) na plataforma e talude continental do sul do Brasil (25-34°S). *Biotemas* 19, 55–63.

- Laborel J.** (1969) Madreporaires et hydrocoralliaires récifaux des côtes Brasiiliennes. Systematic, écologie, répartition verticale et géographique. Annales de l'Institut Oceanographique Paris 47, 171–229.
- Lerner C. B.** (1996) Esponjas da Ilha da Galé, Reserva Marinha Biológica da Ilha do Arvoredo, Santa Catarina, Brasil (Porifera; Demospongiae). Biociências 4, 101–129.
- Lerner C.B. and Hajdu E.** (2002) Two new *Mycale* (*Naviculina*) (Mycalidae, Poecilosclerida, Demospongiae) from the Paulista Biogeographic Province (SW Atlantic). Revista Brasileira de Zoologia. 19, 109–122.
- Lerner C. B., Hajdu E., Custódio M. and Soest R. Van.** (2004) *Guitarra sepia* n.sp. from the southwestern Atlantic (Demospongiae, Poecilosclerida, Guitarridae). First record of a *Guitarra* without placochelae. Bollettino Dei Musei e Degli Istituti Biologici Dell Università Di Genova. Genova 68, 405–411.
- Lerner C. B., Mothes B. and Carraro J.L.** (2005) Novos registros e ampliação de limites meridionais de distribuição de poríferos (Porifera, Demospongiae) no Atlântico sudoeste. Revista Brasileira de Zoologia 22, 596–612.
- Lerner C.B., Carraro J. L. and Soest R. V.** (2006) *Raspailia* (*Raspaxilla*) *bouryesnaultae*, a new name for Brazilian *Raspaxilla elegans* Boury-Esnault, 1973 (Demospongiae, Poecilosclerida, Raspailiidae) with a redescription and a new record. Zootaxa 1129, 37–45.
- Lotze H.K., Lenihan H.S., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R.G., Kay M.C., Susan M. Kidwell S.M., Kirby M.X., Peterson C.H. and Jackson J.B.C.** (2006) Depletion, Degradation, and Recovery Potential of Estuaries and Coastal Seas. Science 312, 1806–1809.
- Marques A.C., Morandini A.C. and Migotto A.E.** (2003) Synopsis of knowledge on Cnidaria Medusozoa from Brazil. Biota Neotropica 3, 1–18.

- Masunari S. and Forneris L.** (1981) O ecossistema fital – uma revisão. In Seminários de Biologia Marinha, 1980. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro pp.149–172.
- Mazzer A. M.** (2002) Aspectos da Geografia Física das Ilhas Costeiras Catarinenses. Florianópolis. Anais do Simpósio: Ilhas Costeiras e Ilhas Oceânicas.
- Metri R. and Rocha R. M.** (2004) A influência da predação e da perturbação na macrofauna associada ao banco de algas calcárias da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, SC, Brasil. 2004 In: IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 2004, Curitiba. Anais do IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação - Trabalhos técnicos 1, 114–124.
- Migotto A.E.** (1996) Benthic Shallow - water hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) of coast São Sebastião, Brazil, including a checklist of Brazilian hydroids.
- Migotto A.E., Marques A.C., Morandini A.C. and da Silveira F.L.** (2002) Checklist of the Cnidaria Medusozoa of Brazil, Biota Neotropica 2, 1–31.
- Ministério do Meio Ambiente** (2009) Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. Série Biodiversidade 33. Rubens M. Lopes (Ed.) Brasília, Brasil.
- Mooney H.A. and Cleland E.E.** (2001) The evolutionary impact of invasive species. Proceedings of the National Academy of Sciences 98, 5446–5451.
- Mothes-de-Moraes B.** (1985) Primeiro registro de *Myriastra purpurea* (Ridley, 1884) para a costa brasileira (Porifera, Demospongiae). Revista Brasileira de Zoologia 2, 321–326.
- Mothes-de-Moraes B.** (1987) Ocorrência de poríferos na zona de maré da Ilha de João da Cunha, Porto Belo, Santa Catarina, Brasil (Porifera - Demospongiae). Iheringia 66, 129–139.
- Mothes B. and Lerner C.B.** (1994) Esponjas marinhas do infralitoral de Bombinhas (Santa Catarina, Brasil) com descrição de três espécies novas (Porifera: Calcarea e Demospongiae). Biociências 2, 47–62.

- Mothes B., Kasper G. L., Lerner C. B., Campos M. and Carraro J.L.** (2006) *Spongia* (*Heterofibria*) *catarinensis* sp. nov. (Porifera, Spongiidae) no litoral de Santa Catarina, Brasil. *Iheringia* 96, 335–338.
- Mothes B., Campos M. A., Eckert R. A. and Lerner C. B.** (2008) *Latrunculia* (*Latrunculia*) *verticillata* sp. nov. (Porifera, Poecilosclerida, Latrunculidae) from the bathyal region off the coast of Santa Catarina State, Brazil, Southwestern Atlantic. *Zootaxa* 1744, 59–65.
- Palácio F. J.** (1982) Revisión Zoogeográfica Marina Del Sur Del Brasil. *Boletim Instituto oceanográfico* 31, 69–92.
- Rai A.N.** (1990) CRC handbook of symbiotic cyanobacteria. CRC Press.
- Ribeiro S. M., Omena E. P. and Muricy G.** (2003) Macrofauna associated to *Mycale microsigmatosa* (Porifera, Demospongiae) in Rio de Janeiro State, SE Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 57, 951–959.
- Rocha R.M. and d'Hondt J.L.** (1999) Filo Ectoprocta ou Bryozoa. In: Migotto, A.E. & Tiago, C.G. (Eds.), *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Síntese do conhecimento ao final do século XX: 3 - Invertebrados marinhos*. FAPESP, São Paulo, pp. 241–249.
- Rocha R.M. and Kremer L.P.** (2005) Introduced Ascidians in Paranaguá Bay, Paraná, southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22, 1170–1184.
- Rocha R. M., Moreno T. R. and Metri R.** (2005) Ascídias da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, SC. *Revista Brasileira de Zoologia* 22, 461–476.
- Rodrigues S.A., Lotufo T. and Rocha R.M.** (1999) Classe Ascidiacea. In: Migotto, A.E. & Tiago, C.G. (Eds.), *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Síntese do conhecimento ao final do século XX: 3 - Invertebrados marinhos*. FAPESP, São Paulo.

- Seeliger U., Odebrecht C. and Castello J.P.** (1997) Subtropical convergence environments: the coast and sea in the southwestern Atlantic. Berlin: Springer.
- Vervoort W.** (1967) Report on a collection of hydroids from the Caribbean region, including an annotated checklist of Caribbean hydroids. Zoologische Verhandlungen 92, 1–122.
- Vieira L.M., Migotto A.E. and Winston J.E.** (2008) Synopsis and annotated checklist of Recent marine Bryozoa from Brazil. Zootaxa 1810, 1–39.
- Volkmer-Ribeiro C. and Mothes-de-Moraes B.** (1975) Esponjas tetraxonidas do litoral sul-brasileiro. I - Redescricao de *Cydonium glariosus* Sollas, 1886 e *Erylus formosus* Sollas, 1886. Iheringia 47, 3–22.

Capítulo 2

Distribuição espacial das comunidades bênticas sésseis em ilhas costeiras de Santa Catarina: implicações para a conservação da biodiversidade

RESUMO

Os habitats infralitorâneos dos arquipélagos costeiros da Região Sul do Brasil ainda foram pouco estudados, sobretudo em relação às comunidades bênticas. Entre janeiro e maio de 2008, foi feito um estudo descritivo destas comunidades em cinco ilhas da costa catarinense com o objetivo de descrever sua estrutura espacial e subsidiar políticas públicas de conservação do ecossistema marinho catarinense. Três destas ilhas estão enquadradas na categoria de Reserva Biológica Marinha. A cobertura bêntica foi quantificada a partir de um método não destrutivo baseado em fotografias. O zoobentos sésstil e grupos morfofuncionais de macroalgas foram analisados através das imagens digitalizadas. O dendrograma de similaridade de Bray Curtis separou as ilhas do Norte e do Sul em dois grupos distintos. As diferenças em relação à cobertura bêntica sésstil entre as ilhas do norte (Galés, Arvoredo e Deserta) e as ilhas do sul (Campeche e Arquipélago de Moleques do Sul) foram significativas (ANOSIM $R^2 = 0,687$; $p < 0,005$). De acordo com a análise de espécies indicadoras (ISA), Porifera e macroalgas coriáceas (74,7% de indicação, $p = 0,026$ e 71,1%, $p = 0,048$, respectivamente) indicaram a separação das ilhas do Sul. As ilhas do Norte tiveram o “turf” como indicador (66,5%; $p = 0,003$) e Anthozoa com alto valor de indicação (74,2%, $p = 0,052$). Galés e Campeche foram as ilhas com maior variabilidade entre os pontos amostrados, Moleques do Sul e Arvoredo não mostraram variação para Anthozoa e Ascidiacea. Devido à representatividade da comunidade bêntica em cada local e tendo em vista as diferentes situações encontradas aliada ao status de conservação das ilhas, recomenda-se a adoção de

medidas mais específicas de proteção destes habitats em escala local e a escolha de locais específicos para um necessário programa de monitoramento na região.

Palavras chave: cobertura bêntica, grupos morfofuncionais, áreas protegidas.

ABSTRACT

The subtidal habitats of coastal archipelagos in Southern Brazil have been poorly studied, especially in relation to benthic communities. Between January and May of 2008 a descriptive study was done of sessile benthic communities of five islands in the Santa Catarina coast where the aimed was to studied the structure of these communities and support public policies to conserve the marine ecosystem of Santa Catarina. Three of these islands (the Northern Islands) are protected in the Marine Biological Reserve category, except for one site. Coverage benthos was quantified from a non-destructive method based on photography. The scanned images were analyzed based on morphofunctional groups named by the sessile zoobenthos and macroalgae. Significant differences were observed in relation to sessile benthic cover on the islands of Santa Catarina (ANOSIM $R^2 = 0.687$; $p < 0.005$) between the northern islands (Galés, Arvoredo and Deserta) and the southern islands (Campeche Island and Archipelago Moleques do Sul). Cluster dendrogram based on Bray Curtis similarity of morphofunctional groups in each island, separated the North from the Southern Islands into two distinct groups. According to indicator species analysis (ISA) Porifera (74.7% indication, $p = 0.026$) and leathery macroalgae (71.1%, $p = 0.048$) were those that indicated the separation between South Islands and Northern Islands, which had turf as an indicator (66.5%, $p = 0.003$), and Anthozoa with high indication value (74.2%, $p = 0.052$). According to tests applied here, Galés and Campeche were the islands with

more variability between sites, Archipelago Moleques do Sul e Arvoredo showed no variation for Anthozoa and ascidians. Due to the representativeness of benthic community at each site and in view of the different situations found together with the conservation status of the islands, it is recommended to adoption of more specific measures to protect these habitats on a local scale and selected specific sites for a necessary monitoring program in the region.

Keywords: benthic coverage, morphofunctional groups, protected areas.

INTRODUÇÃO

Ilhas costeiras abrigam comunidades biológicas diversas e usualmente grande riqueza de espécies. Estas ilhas estão apoiadas na parte do relevo continental que avança para o mar e reproduzem condições ambientais da zona costeira em menor escala. Apesar de uma enorme diversidade biológica, são submetidos a um alto grau de sensibilidade ambiental (Poletto & Batista, 2008). A ameaça à que as comunidades biológicas destas ilhas estão submetidas, devido à proximidade do continente onde inúmeros distúrbios são gerados, faz com que estudos relacionados à biodiversidade e quantificação das comunidades sejam prioritários.

As comunidades bênticas marinhas de fundos consolidados são importantes do ponto de vista ecológico e econômico. São caracterizadas pela presença de macroalgas, produtores primários indispensáveis para a estabilidade das cadeias tróficas costeiras (Chappin III *et al.*, 1997), pela presença de espécies animais da fauna bêntica com fase adulta sésil, que produzem ovos e larvas com dispersão na coluna d'água, e por animais errantes, que utilizam estes habitats consolidados colonizados como abrigo de predadores, áreas de crescimento, reprodução e alimentação (Witman & Dayton, 2001). Sob o ponto de vista econômico, o ambiente permite o desenvolvimento de espécies marinhas que são exploradas através do extrativismo e pesca. São estas comunidades formadas por toda essa diversidade de organismos que dominam os habitats em costões rochosos, recifes e parcéis nos sistemas litorâneos com fundos consolidados. Estudar essa diversidade implica não somente em identificá-los, mas sim analisar a distribuição e a dinâmica temporal da abundância dos organismos, considerando as restrições ambientais, em escalas geográficas e locais.

O estudo dos padrões espaciais destas comunidades é o primeiro passo para a compreensão das causas de distribuição e abundância dos organismos (Levin, 1992). As informações geradas são um passo primordial para a compreensão da dinâmica dessas

comunidades (Margalef, 1980), para comparações a longo prazo, como em programas de monitoramento, importantes em decorrência de mudanças naturais e distúrbios de origem antrópica (Underwood, 1990). Estas mudanças e interferências antrópicas são provenientes dos mais diversos fatores que contribuem para a diminuição da diversidade biológica no ambiente bêntico marinho, entre eles a exploração das espécies com valor econômico, a introdução de espécies exóticas, poluição, destruição e a fragmentação de hábitat (Walker & Kendrick, 1998). A partir da detecção destes impactos sobre os sistemas marinhos, as reservas biológicas ou áreas de proteção marinhas devem ser vistas como ferramentas primordiais para a conservação da biodiversidade e a manutenção dos recursos pesqueiros, além de proteger espécies residentes da flora e da fauna (Lubchenco *et al.*, 2003) e estágios específicos e vulneráveis do ciclo de vida de muitas espécies (Palumbi, 2001).

Na última década, as diretrizes de manejo e conservação dos recursos marinhos têm focado as áreas protegidas como ferramenta de manejo (Palumbi, 2001), baseadas em grande parte na recente e exaustiva literatura científica, que demonstra a resposta positiva de muitas espécies dentro das áreas protegidas da pesca (Halpern, 2003). Com isso, podemos considerar extremamente necessários estudos de caracterização ecológica e programas de monitoramento em amplas áreas, tendo em vista que estes ambientes estão potencialmente sujeitos às alterações globais do clima e impactos diretos do homem.

A intenção de providenciar informações sobre a biodiversidade para futuros programas de monitoramento, numa dada região, pode ser auxiliada por ferramentas tais como os grupos morfofuncionais. Quando a medida de biodiversidade ao longo de gradientes ambientais é o foco da pesquisa, comparações baseadas unicamente em riqueza de espécies entre localidades distintas revelam dados difíceis de serem comparados, tornando-se não conclusivos numa avaliação em escalas maiores. A utilização de categorias taxonômicas mais abrangentes (como família ou mesmo ordem) é um método eficiente para programas futuros de

monitoramento (Davidson, 2005). A substituição de níveis taxonômicos muito específicos por categorias ‘mais elevadas’ apresenta o potencial de revelar tendências significativas e úteis, por exemplo, em estudos de biomonitoramento que exigem resultados rápidos e de baixo custo.

A análise dos grupos morfofuncionais, em particular, representa uma ferramenta adequada para esse tipo de trabalho (Steneck & Dethier, 1994). Estas unidades biológicas operacionais são constituídas por espécies não associadas filogeneticamente, mas que apresentam aspectos ecológicos, morfológicos ou funcionais similares. Tais categorizações são adequadas nas análises das comunidades bênticas, no entanto, há uma necessidade de adequar o método nas análises quantitativas (Figueiredo *et al.*, 2004). De acordo com Sanchez-Moyano *et al.* (2006), uma leve redução taxonômica resulta em perda mínima na capacidade de detectar impactos em populações de invertebrados.

No Brasil, estudos quantitativos das comunidades bênticas se restringem principalmente ao ambiente do intertidal (Ghilardi *et al.*, 2008) onde transecções são dispostas no ambiente e a cobertura dos organismos são mensuradas. Através de uma compilação de 33 trabalhos de ecologia descritiva das comunidades bênticas na costa do Brasil, uma área de 3.550m² foi caracterizada através de elementos dispostos em transecções no intertidal e espécies como unidades operacionais (Ghilardi *et al.*, 2008). A maioria destes trabalhos teve o fitobentos como alvo do estudo, associado aos táxons animais do intertidal (Figueiredo *et al.*, 2004; Oigman-Pszczol *et al.*, 2004; Villaça *et al.*, 2008). Outros estudos enfocaram a efetividade de diferentes métodos de amostragem do bentos em termos de qualidade dos dados obtidos, vantagens econômicas e operacionais na descrição destas comunidades (Sabino e Villaça 1999, Moysés *et al.* 2007, Pereira Filho *et al.* 2008). No ambiente submerso, a realização destes estudos a partir de transecções não são comuns no país, principalmente quando se trata de fundos rochosos. Em fundos de corais, o projeto de monitoramento de

recifes de coral no Brasil (Reef Check Brasil), com início em 2002 (<http://recifescosteiros.org.br>), seguiu e adaptou os protocolos do programa internacional Reef Check (www.reefcheck.org), e a partir de transecções sobre os recifes de corais, utiliza indicadores de saúde do meio recifal, tais como percentagem de cobertura viva de corais e abundância de organismos que são alvo da pesca e coleta.

Recentemente, esforços centrados em estudar a biodiversidade marinha de Santa Catarina a partir de inventários associados à quantificação das comunidades infralitorâneas estão se consolidando. Regiões de proteção integral são comparadas com áreas desprotegidas, inúmeros novos registros e táxons são documentados e as relações entre organismos e ambiente são descritas. Podemos dizer que as iniciativas para conservação da biodiversidade marinha nas ilhas de Santa Catarina se fortaleceram com a criação da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo em 1990 e, a partir de então, uma série de pesquisas científicas estão se consolidando na região. No entanto, outras ilhas da costa permaneceram esquecidas sob o ponto de vista científico e desprovidas de informações básicas tais como de biodiversidade marinha.

Assim como os inventários e descrições destas comunidades, a identificação de áreas-chave para a conservação é também uma das principais iniciativas de conservação, além do controle monitorado da atividade pesqueira, programas de educação ambiental, criação de mais áreas protegidas e melhoria da gestão daquelas já existentes.

O objetivo deste estudo foi avaliar a composição qualitativa e quantitativa dos grupos morfofuncionais do bentos sésil das ilhas costeiras de Santa Catarina, e relacionar às características ambientais locais, assim como a heterogeneidade do substrato e outros fatores ambientais. Tais informações ampliam o conhecimento da biodiversidade marinha das ilhas e sua distribuição ao longo da costa e com isso fornecem importantes subsídios ao

desenvolvimento das políticas de conservação dos ecossistemas litorâneos da Região Sul do Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A linha de costa do Estado de SC se estende por cerca de 370 km ao longo dos quais se encontram várias ilhas costeiras, comumente utilizadas para exploração dos recursos marinhos (pesca artesanal e esportiva) e do turismo subaquático.

A área estudada compreende as ilhas costeiras do Arquipélago de Moleques do Sul, a ilha do Campeche, e as ilhas pertencentes a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO) - ilha das Galés, ilha Deserta e ilha do Arvoredo (Figura 1, Tabela 1). O tipo de fundo das ilhas é composto de substrato rochoso, relativamente raso, mas alcança profundidades acima dos 30 metros em algumas regiões.

O Arquipélago das Ilhas Moleques do Sul é formado por um conjunto de três ilhas, localizadas nas coordenadas médias de 27°51' S e 48°26' W. Distam aproximadamente 8 km da costa e 12 km da praia do Pântano do Sul (Florianópolis, SC). As ilhas pertencem à Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca e suas partes emersas ao Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. A pesca de anchovas principalmente e a caça submarina são atividades intensas nestas ilhas.

A Ilha do Campeche localiza-se a 1,7 km da Ilha de Santa Catarina, sob as coordenadas de 27°42' S e 48°27' W. A ilha apresenta-se como um ancoradouro de embarcações de pesca durante as frentes frias, é bastante piscosa, sendo bastante frequente a pesca por canoas e caça submarina. A parte emersa da ilha é patrimônio histórico do IPHAN

(Instituto do Patrimônio Artístico e Histórico Nacional), que tombou a Ilha do Campeche em julho de 2000, como patrimônio arqueológico e paisagístico brasileiro.

O Arquipélago do Arvoredo é formado pelas ilhas do Arvoredo, Deserta, Galés e o Calhau de São Pedro (dois aglomerados rochosos). A categoria de unidade de conservação de Reserva Biológica Marinha do Arvoredo foi implantada em março de 1990, pelo Decreto Federal de nº. 99, 142/90. A ilha do Arvoredo, a maior em tamanho, tem parte da face oeste e sudoeste não incluído como área de Reserva. A ilha localiza-se a 11 km da costa, sob as coordenadas 27°11' - 27°16' S e 48°19' - 48°24' W, onde sua região de entorno abrange os municípios de Florianópolis, Governador Celso Ramos, Tijucas, Bombinhas, Porto Belo e Itapema. As ilhas amostradas foram Arvoredo, Deserta e Galés, e distam 11, 14 e 6 km da costa, respectivamente.

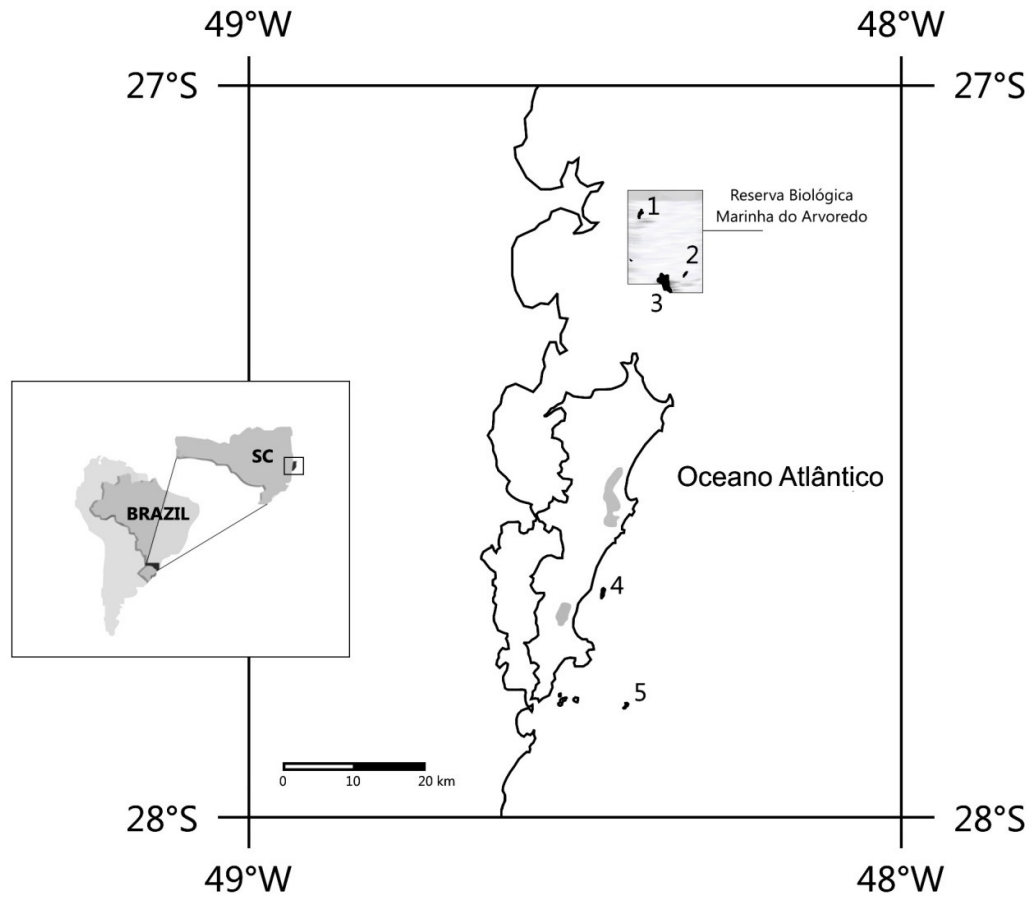


Fig. 1. Mapa das ilhas estudadas na costa de Santa Catarina. Locais: 1: Ilha das Galés; 2: Ilha Deserta; 3: Ilha do Arvoredo; 4: Ilha do Campeche; 5: Arquipélago das ilhas Moleques do Sul.

Tabela 1. Data de coleta e coordenadas geográficas referentes aos pontos amostrados em cada ilha.

Local	Data	Ponto Amostrado	Latitude (S)	Longitude (W)
Ilha das Galés	07/03/2008	Naufração da Lili (Gal1)	27° 10' 42,27"	48° 24' 31,72"
Ilha das Galés	08/03/2008	Saco do Brás (Gal 2)	27° 10' 48,84"	48° 24' 35,33"
Ilha Deserta	05/04/2008	Ponta Norte (Des)	27° 15' 59,00"	48° 19' 44,00"
Ilha do Arvoredo	19/04/2008	Saco d'Água (ArvN)	27° 16' 29,33"	48° 22' 02,21"
Ilha do Arvoredo	02/04/2008	Saco do Capim (ArvS)	27° 17' 30,34"	48° 22' 26,49"
Ilha do Campeche	22/01/2008	Porção Norte (Cam2)	27° 41' 32,58"	48° 33' 45,40"
Ilha do Campeche	14/01/2008	Porção Sul (Cam1)	27° 41' 57,44"	48° 28' 03,60"
Moleques do Sul	06/01/2008	Costão Sul (Mol1)	27° 50' 41,83"	48° 25' 55,04"
Moleques do Sul	08/01/2008	Parcel (Mol2)	27° 50' 47,57"	48° 25' 59,18"

Amostragem

As amostragens foram feitas de janeiro a maio de 2008, através de mergulho autônomo. As faces das ilhas amostradas estiveram voltadas para o quadrante oeste (costa), com exceção do Saco d'Água, norte da ilha do Arvoredo. O método quantitativo utilizado foi o de quadrados fotográficos (Preskitt *et al.*, 2004) onde as imagens digitais foram capturadas ao longo de dois transectos horizontais infralitorâneos de 30 metros de comprimento cada.

Uma transecção no raso definida neste trabalho nas profundidades de 6 a 9 metros e outra no fundo na faixa dos 10 aos 13 metros foram amostradas em dois pontos ou sítios amostrais em cada ilha, com exceção a ilha Deserta, onde apenas uma única amostragem foi realizada. O elemento amostral foi um quadrado de 15 cm de lado ($0,0225 \text{ m}^2$), fotografado a cada metro ($n= 30$) ao longo dos transectos amostrais, totalizando no valor mínimo de 540 imagens capturadas. Cerca de três imagens foram obtidas de cada elemento amostral, no intuito de garantir uma boa qualidade da imagem. Alguns exemplares foram coletados nas adjacências das transecções para auxiliar na identificação.

Os pontos que representam as ilhas do norte são o Naufrágio da Lili e o Saco do Brás na ilha das Galés, a Ponta Norte da ilha Deserta, Saco d'água e Saco do Capim na ilha do Arvoredo. Com exceção do Saco do Capim, os outros pontos do norte se enquadram dentro da REBIOMAR e foram designadas no decorrer do trabalho como áreas protegidas. Os locais amostrados ao sul foram a ilha do Campeche – Campeche Norte e Campeche Sul, e o Arquipélago das Ilhas Moleques do Sul – costão e parcel (Tabela 2).

As variáveis ambientais temperatura de fundo e transparência da água foram obtidas através de computador de mergulho e disco de Secchi, respectivamente. A complexidade ou heterogeneidade do substrato, medida em rugosidade, foi estimada por ictiólogos em conjunto com a presente amostragem. Foi realizada uma estimativa visual qualitativa da rugosidade em cada profundidade e em cada local por Silveira (2010). Segundo Wilson *et al.* (2007) a aplicação desta metodologia é possível quando o objetivo é caracterizar a estrutura dos ambientes recifais. Quando o mergulhador chega à profundidade desejada classifica o substrato em determinado nível de complexidade através de uma escala pré-definida para a região em baixa (1), média (2) e alta (3) baseada em parâmetros de tamanhos das rochas (diâmetro) e quantidade de tocas. Silveira (2010) sugeriu o método de censo visual para a estimativa da complexidade do substrato como o mais indicado para a área de estudo. As

amostragens do bentos e da ictiofauna foram feitas em conjunto, e são parte de um projeto conduzido na área nomeado *Ilhas da Costa Sul: Biogeografia, Conectividade Ecológica das Populações Marinhas e Efetividade das Unidades de Conservação*, do Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina, processo número 475367/2006-5 Edital MCT/CNPq 02/2006 Universal. A autorização para as amostragens do zoobentos sésil foi concedida através do SISBIO (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade) do Ministério do Meio Ambiente/ IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), sob código de autenticação da licença número 78181679.

Tabela 2. Ilhas e locais amostrados, número de réplicas e parâmetros abióticos da água.

Ilhas	Local	N0	N1	T (°C)	Secchi (m)
Deserta (Des)	Ponta norte	60	41	22,8	>14
Arvoredo (ArvO)	Saco do Capim	60	60	23,7	5
Arvoredo (ArvN)	Saco d'Água	60	57	22,4	6
Galés (Gal1)	Naufrágio da Lili	60	43	20,4	11,5
Galés (Gal2)	Saco do Brás	60	49	27,1	5,5
Campeche (Cam1)	sudoeste	60	52	24	6,5
Campeche (Cam2)	norte	60	56	23,6	7,5
Moleques do Sul (Mol1)	costão	60	52	23,3	9,5
Moleques do Sul (Mol2)	parcel	60	37	21	10
Total		540	437		

N0, número mínimo de réplicas fotografadas; N1, número de réplicas analisadas; T, temperatura; Secchi, transparência em metros).

Obtenção e processamento dos dados

As fotos foram analisadas através de uma metodologia de estimativa de populações que utiliza como dado de abundância a cobertura bêntica para quantificação dos organismos na comunidade. O programa utilizado foi o *Coral Point Count with Excel extensions* (Kohler & Gill, 2006) que estima os parâmetros estatísticos do bentos a partir de imagens digitalizadas. Uma curva de estabilização para padronizar o número de pontos a serem lançados sobre cada imagem para a posterior quantificação foi gerada. A partir desta informação, cinquenta pontos foram lançados aleatoriamente sobre cada digitalização, e os organismos sob cada um destes pontos foram identificados em categorias específicas, determinadas através de um banco de dados elaborado para a área em questão. Esta base de dados foi previamente confeccionada a partir de amostragens piloto na costa e em algumas ilhas, onde categorias foram previamente estabelecidas. O conjunto de fotos de cada transecção foi importado para o programa, e cada uma das imagens analisada separadamente.

As categorias taxonômicas utilizadas são correspondentes aos filos do zoobentos e grupos morfofuncionais do fitobentos (Steneck & Dethier, 1994). Estudos que descrevem a estrutura das comunidades bênticas sugerem o uso de grupos morfofuncionais para macroalgas, que se caracterizam pela semelhança entre espécies com as mesmas características morfológicas e anatômicas segundo Steneck & Dethier *op cit*. Foram estabelecidos um número de 14 grupos morfofuncionais entre o fitobentos e o zoobentos. No entanto, consideramos nas análises somente os dados com a frequência de ocorrência superior a 10%. O grupo macroalgal denominado como *turf*, consiste de um tapete algal associado mais frequentemente a hidrozoários e briozoários, com pouca distinção evidente dos tipos em campo. Outras categorias foram obrigatoriamente utilizadas pelo programa para a quantificação da comunidade, como "Areia e ou Cascalho", "Desconhecido" e "Transecto,

Sombra ou Quadrado", entretanto, estas categorias não foram consideradas na descrição dos resultados, no âmbito de descrever somente a comunidade biológica.

A frequência de ocorrência dos grupos foi calculada a partir dos dados brutos de abundância dos grupos morfofuncionais, onde foram utilizadas todas as amostras (réplicas) de todas as profundidades e ilhas. Os valores totais de porcentagem foram obtidos através da relação entre a quantidade de amostras em que um determinado grupo morfofuncional ocorreu dividido pelo número total de amostras.

A porcentagem de recobrimento e a diversidade dos organismos sésseis foram estimadas em cada quadrado. As categorias com valores de frequência de ocorrência inferiores a 10% (Cirripedia, Echinodermata e Bryozoa), organismos indeterminados, e a categoria “cascalho e areia” foram eliminados das análises. Táxons com pouca ocorrência ou baixa abundância podem criar ruídos nas análises gerando resultados de difícil interpretação (Clarke & Warwick, 2001).

A análise de variância bifatorial (two-way ANOVA) foi conduzida para o zoobentos com frequência de ocorrência igual ou superior a 10% para testar a hipótese de que a abundância (% de cobertura) destes organismos não varia entre os pontos amostrais e entre as profundidades das ilhas. O teste de Bartlett foi aplicado *a priori* para verificar a homocedasticidade das variâncias, e o teste de Tukey foi aplicado *a posteriori* quando detectadas diferenças significativas pela ANOVA. Os dados foram transformados por log (x+1) com o objetivo de estabilizar as variâncias e ajustar os dados a uma distribuição normal, cumprindo assim as premissas da ANOVA (Zar, 1996). Os testes foram realizados no programa Statistica[®] 7.0 (Statsoft Inc., 1984-2004).

A similaridade entre as ilhas para cada faixa de profundidade foi calculada através do índice de Bray-Curtis a partir da raiz quadrada da abundância média dos grupos morfofuncionais com frequência de ocorrência igual ou superior a 10%. Da matriz de

similaridades foi elaborado um dendrograma de agrupamento pelo método da ligação média (Clarke & Warwick, 2001) e uma análise de ordenação por Escalonamento Multi-Dimensional (MDS) para representar a similaridade entre as ilhas. Nesta última representação, a indicação de um valor de *stress*, que varia de 0 a 1, expressa o quanto a ordenação bidimensional representa os dados. A configuração que melhor se ajusta aos dados é a que apresenta menor valor de stress. Ao apresentar valor de stress < 0,2, o MDS deve ser combinado com o cluster, verificando-se a adequação e consistência mútua de ambas as representações. A similaridade (ANOSIM) unifatorial foi analisada para verificar a existência de diferenças significativas entre os grupos formados pela análise de agrupamento (Clarke & Warwick 2001). O Cluster, MDS e ANOSIM foram feitos no Primer 6.0 (Primer-E 2004). Grupos significativamente diferentes de acordo com o teste ANOSIM ($p < 0,05$), foram analisados em relação à ocorrência de espécies indicadoras (Dufrene & Legendre, 1997) no programa PC-ORD 4.1, MjM Software Design, 1995.

Para avaliar as relações das variáveis ambientais na distribuição dos dados biológicos em cada ilha e profundidade, foi realizada a análise de correspondência canônica (CCA). Nesta análise a variabilidade total dos dados é explicada através das variáveis explicativas, isto é, as variáveis ambientais. A planilha de dados biológicos incluiu a abundância média dos grupos morfofuncionais de cada ponto amostrado, em suas respectivas profundidades. A planilha das variáveis ambientais incluiu os valores de temperatura de fundo, transparência de Secchi e rugosidade. Os dados biológicos dos grupos morfofuncionais dos onze grupos com frequência de ocorrência igual ou superior a 10% foram transformados por raiz quadrada (Field *et al.*, 1982). A existência de colinearidade entre as variáveis ambientais foi verificada através do indicador de colinearidade entre variáveis (VIF), sendo que variáveis com VIF > 20 são colineares, sendo assim, redundantes. Em caso de colinearidade, a variável é retirada da análise. Um teste de permutação de Monte Carlo foi utilizado para verificar a hipótese nula

de que a ocorrência das espécies não está correlacionada com as variáveis ambientais. O teste é realizado para o primeiro eixo canônico sozinho e para todos os eixos canônicos juntos (Leps & Smilauer, 2003). A CCA e o diagrama fatorial foram realizados no programa CANOCO[®] 4.54 (Biometris, 1997-2006).

RESULTADOS

Um total de 110 taxa pertencentes ao zoobentos sésil das ilhas foram identificados. A lista das espécies encontra-se no capítulo 1. Os grupos mais frequentes do zoobentos foram o filo Porifera e a classe Ascidiacea com 61,1 e 43,9% com uma riqueza de 17 e 32 táxons respectivamente (Figura 2). Estes dois grupos foram os de maior frequência nas ilhas do Sul (Campeche e Moleques do Sul) (Fig. 3). Trinta e oito espécies de Hydrozoa, 11 táxons de Anthozoa e 11 de briozoários também compuseram a riqueza local. Nas ilhas do Norte a classe Hydrozoa foi mais frequente (87,80%) na ilha Deserta, e a classe Ascidiacea manteve valores parecidos com as ilhas do sul, com destaque nas ilhas Deserta e Galés. O *turf* e as macroalgas crostosas foram os grupos de maior ocorrência nas amostras (Figuras 2 e 3).

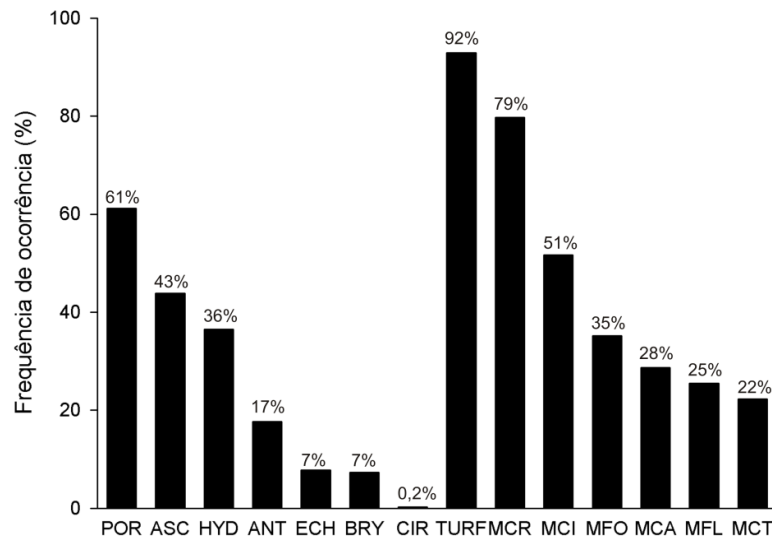


Fig. 2. Frequência de ocorrência dos grupos morfofuncionais. (POR, Porifera; HYD, Hydrozoa; ANT, Anthozoa; CIR, Cirripedia; ASC, Ascidiacea; BRY, Bryozoa; ECH, Echinodermata; MCI, Macroalgas coriáceas; MCT, Macroalgas corticadas; MFO, Macroalgas foliáceas; MFL, Macroalgas filamentosas; MCA, Macroalgas calcárias articuladas; MCR, Macroalgas crostosas; TURF, tapete algal sem distinção evidente dos tipos).

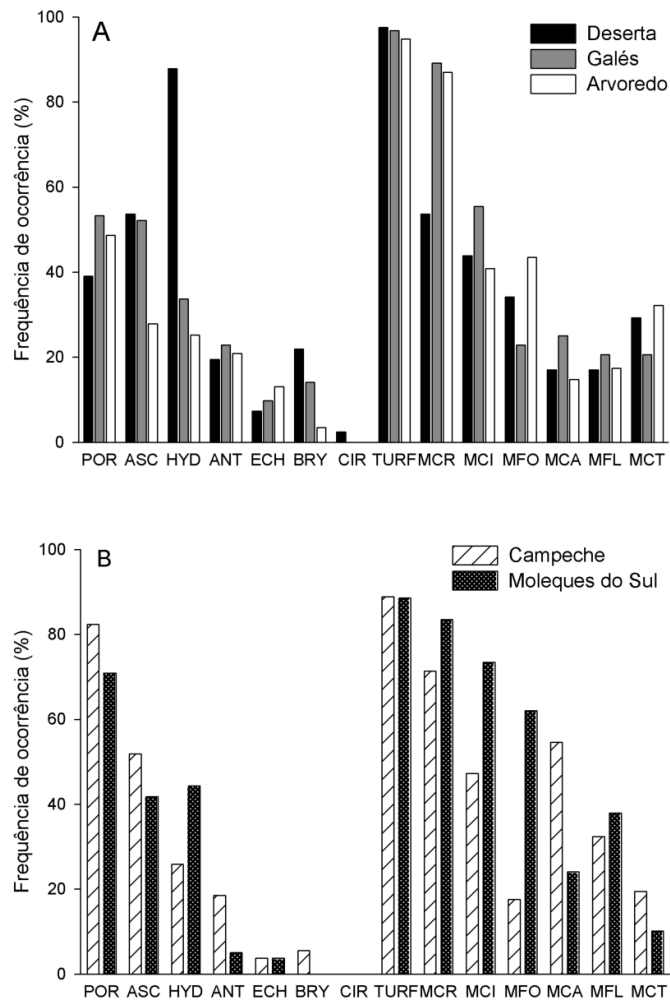


Fig. 3. Frequência de ocorrência dos grupos morfofuncionais nas ilhas do Norte (A) e do Sul (B). (Abreviações: POR, Porifera; HYD, Hydrozoa; ANT, Anthozoa; ASC, Ascidiacea; BRY, Bryozoa; MCI, Macroalgas coriáceas; MCT, Macroalgas corticadas; MFO, Macroalgas foliáceas; MFL, Macroalgas filamentosas; MCA, Macroalgas calcárias articuladas; MCR, Macroalgas crostosas; TURF, tapete algal sem distinção evidente dos tipos).

A cobertura da comunidade bêntica nas ilhas do Norte foi diferente das ilhas do Sul (Figura 4a e 4b). Nas ilhas do Sul, Porifera foi o grupo do zoobentos mais abundante, com valores próximos dos 20% de cobertura tanto no raso quanto no fundo. Neste mesmo grupo de ilhas a cobertura do *turf* variou entre 15 a 28%, enquanto que nas ilhas ao Norte foi de 38 a

57% de cobertura bêmica. Ao Norte a abundância de porifera foi menor, atingindo um máximo de 10% de cobertura no fundo da Ilha das Galés (Figura 4a).

Quando observados os grupos morfofuncionais e taxonômicos do zoobentos que permitiram a separação em distintos grupos neste estudo (classe Anthozoa e filo Bryozoa) foram observadas taxas de cobertura bêmica maiores nas ilhas do norte para todos os grupos de antozoários, exceto o grupo que engloba 'outros antozoários' que foram mais comuns nas ilhas do sul, e abrigam animais pertencentes à ordem Corallimorpharia principalmente. A subclasse Hexacorallia, em oposição à subclasse Octocorallia, foi separada em três grupos devido uma maior representatividade no conjunto de dados, e com isso pode ser observada uma maior predominância de zoantídeos nas ilhas do norte e mais scleractínios na ilha do Campeche, ao sul. O arquipélago das ilhas Moleques do Sul mostrou uma baixa cobertura bêmica de antozoários, composta principalmente por *Corynactis* sp. (Ordem Corallimorpharia).

Briozoários incrustantes foram mais abundantes nas ilhas do norte, com valores de cobertura maiores no fundo das ilhas. O grupo dos briozoários não incrustantes também foi mais comum nas ilhas do norte. Nas ilhas do Sul foi na ilha do Campeche que o grupo foi mais representativo. A classe Ascidiacea não foi separada em grupos morfofuncionais, tendo em vista que as espécies encontradas na região foram quase que totalmente de espécies coloniais, com poucos indivíduos solitários. O filo Porifera também permaneceu como grupo taxonômico não sendo possível uma separação a partir do presente conjunto de dados. Um maior esforço deve ser aplicado em trabalhos futuros para a separação deste grupo em categorias morfofuncionais, considerando padrões de crescimento das espécies por exemplo.

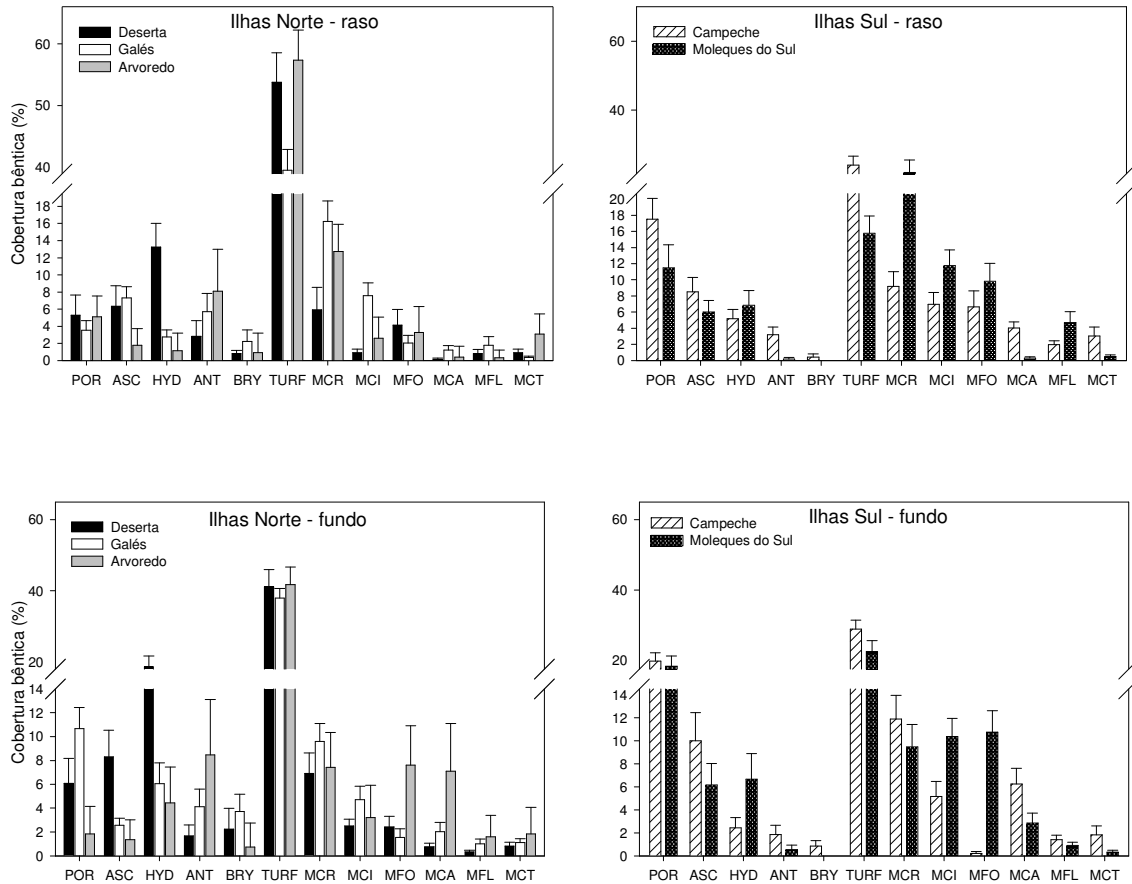


Fig. 4a. Cobertura benthica média ($\% \pm EP$) dos grupos morfofuncionais e taxonômicos mais abundantes nas ilhas de Santa Catarina, no fundo (10 a 13 metros) e no raso (6 a 9 metros). (Abreviações: POR, Porifera; HYD, Hydrozoa; ANT, Anthozoa; ASC, Ascidiacea; BRY, Bryozoa; MCI, Macroalgas coriáceas; MCT, Macroalgas corticadas; MFO, Macroalgas foliáceas; MFL, Macroalgas filamentosas; MCA, Macroalgas calcárias articuladas; MCR, Macroalgas crostosas; TURF, tapete algal sem distinção evidente dos tipos). Barras indicam erro padrão (EP).

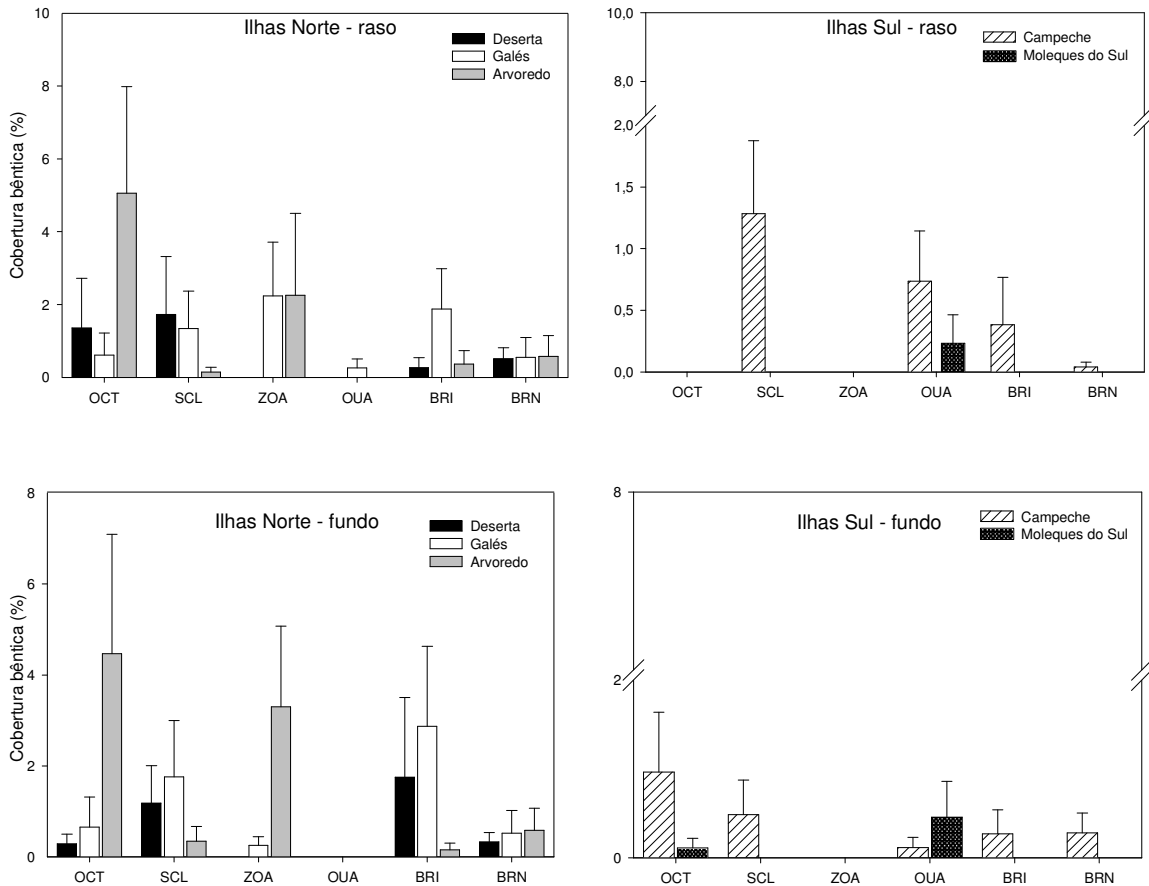


Fig. 4b. Cobertura bêntica média (% \pm EP) dos grupos morfofuncionais e taxonômicos da classe Anthozoa (Filo Cnidaria) e do filo Bryozoa nas ilhas de Santa Catarina, no fundo (10 a 13 metros) e no raso (6 a 9 metros). (Abreviações: OCT, Subclasse Octocorallia; Subclasse Hexacorallia: SCL, Scleractinia; ZOA, Zoanthidea; OUA, outro antozoário; Filo Bryozoa: BRI, Bryozoa incrustante; BRN, Bryozoa não incrustante). Barras indicam erro padrão (EP).

A análise de variância bifatorial detectou diferenças em relação à abundância dos grupos morfofuncionais do zoobentos entre os locais e profundidades amostrados (Tabela 3). A abundância de Anthozoa foi maior ($p < 0,05$) no Saco do Brás localizado na Ilha das Galés (Gal2), e menor no parcel de Moleques do Sul (Mol2). Em relação à classe Ascidiacea maiores valores de abundancia ($p < 0,01$) foram encontrados no sudoeste da Ilha do Campeche (Cam1) e os menores no Saco do Capim (Ilha do Arvoredo, ArvO).

Tabela 3. Percentual de cobertura, frequência de ocorrência (FO%) e resultados e nível de significância (* p<0,05; ** p<0,01) para a ANOVA bifatorial realizada para testar a hipótese de que a abundância dos grupos morfofuncionais de zoobentos com frequência de ocorrência maior do que 10% são significativamente diferentes entre os pontos amostrados das ilhas e profundidades. Letras (a, b e c) indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey. g.l.: graus de liberdade. R = raso, F = fundo.

Grupos	%	FO%	Fatores		Interação
			Local	Profundidade	Local x Prof.
Morfofuncionais	(média±EP)		g.l. 8	g.l. 1	g.l. 8
Porifera	12,0±0,8	61,1	13,58**	6,30*	4,55**
Hydrozoa	6,2±0,6	36,6	14,39**	0,88 ^{ns}	4,53**
Anthozoa	3,5±0,6	17,7	2,15*	1,24 ^{ns}	0,67 ^{ns}
Ascidiacea	6,2±0,6	43,9	4,51**	2,18 ^{ns}	1,60 ^{ns}
Resultado do teste de Tukey					
			Local		Interação
Porifera					ArvN Gal1 Mol1 R ^a F ^b F ^a R ^b F ^a R ^b
Hydrozoa					ArvO Gal2 F ^a R ^b F ^a R ^b
Anthozoa			Gal2 ^a Cam1 ^{ab} ArvO ^{ab} ArvN ^{ab} Gal1 ^{ab} Des1 ^{ab} Cam2 ^{ab} Mol1 ^{ab} Mol2 ^b		
Ascidiacea			Cam1 ^a Des1 ^{ab} Gal2 ^{ab} Cam2 ^{ab} Mol1 ^{ab} Mol2 ^{abc} Gal1 ^{abc} ArvN ^{bc} ArvO ^c		

Des, Deserta; ArvN, Arvoredo Norte (Saco d'água); ArvO, Arvoredo oeste (Saco do Capim); Gal1, Galés (Naufrágio); Gal2, Galés (Saco do Brás); Cam1, Campeche Sudoeste; Cam2, Campeche Norte; Mol1, Moleques do Sul costão; Mol2, Moleques do Sul parcel.

A ANOVA bifatorial resultou em uma interação significativa ($p < 0,01$) entre locais e profundidades para a abundância de Porifera e Hydrozoa. Porifera foi mais abundante no raso do Saco d'Água ao norte da Ilha do Arvoredo (ArvN), no fundo do Naufrágio da Lili na Ilha das Galés (Gal1) e no costão de Moleques do Sul (Mol1) (Tabela3 e Figura 5A). Por outro lado, Hydrozoa foi mais abundante no fundo do Saco do Capim - Ilha do Arvoredo (ArvO) e no Saco do Brás na Ilha das Galés (Gal2) (Figura 5B).

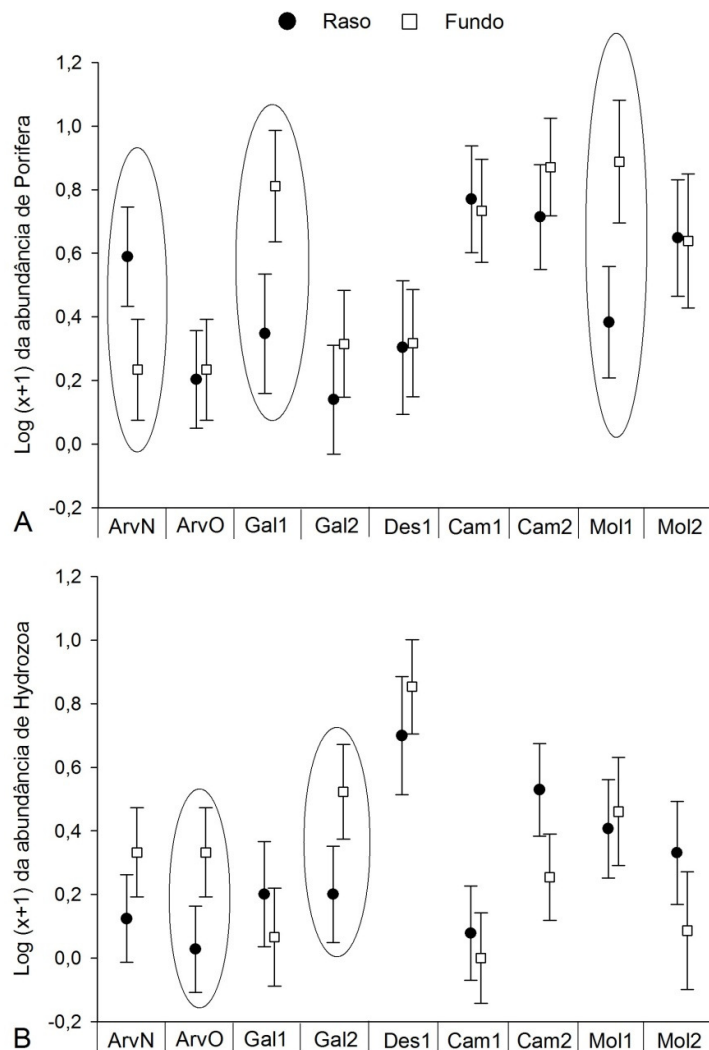


Fig. 5. Gráficos da interação entre locais e profundidades para os grupos morfofuncionais do zoobentos Porifera (A) e Hydrozoa (B) ilustrando os resultados da ANOVA. Barras indicam intervalos de confiança de 95%.

Na maior parte dos pontos amostrados Porifera teve a mesma abundância no raso e fundo. Em Galés 1 e Moleques 1 foi mais abundante no fundo e em ArvN mais abundante no raso. Hydrozoa foi mais abundante no fundo do ArvO e Gal2 , e para os outros locais não foi observado um padrão.

A análise de agrupamento mostrou a formação de dois grupos significativamente diferentes conforme a ANOSIM ($R^2 = 0,687$; $p < 0,005$) (Figura 6). O grupo A, com 81,67% de similaridade, agrupou as Ilhas do Sul (Campeche e Moleques do Sul), e teve como indicadores os grupos funcionais Porifera (75% de indicação; $p = 0,026$) e macroalgas coriáceas (71% ; $p = 0,048$). O grupo B formado pelas ilhas do Norte, com 82,24% de similaridade, teve como indicador o *turf* (67%; $p = 0,003$). O grupo Anthozoa apesar de não ser indicativo de formação de grupo estatisticamente ($p = 0,052$), está na margem da significância e mostrou 74% de indicação de formação do grupo das ilhas do norte, junto ao *turf* (Tabela 4).

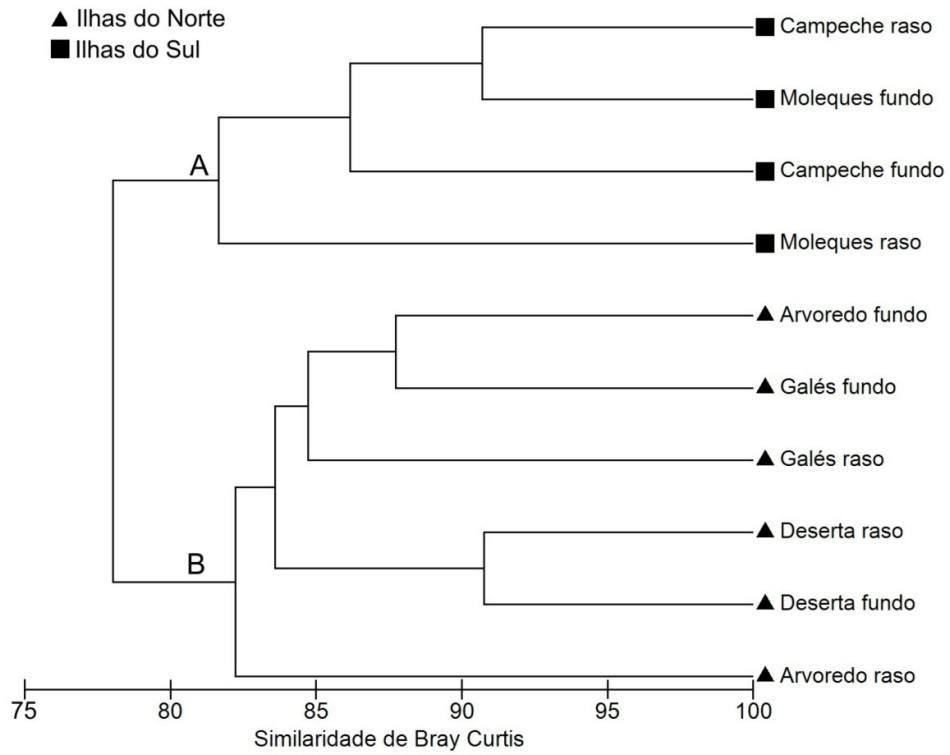


Fig. 6. Dendrograma de similaridade entre as ilhas para cada faixa de profundidade gerado pelo método da ligação média. A similaridade entre as amostras foi calculada através do índice de Bray Curtis sobre a raiz quadrada da abundância dos grupos morfofuncionais.

Tabela 4. Resultado da análise de espécies indicadoras baseada nos grupos formados na análise de agrupamento, mostrando os grupos morfofuncionais que apresentaram valor indicador significativo ($p < 0,05$) em negrito.

Grupos morfofuncionais	Grupos da análise de agrupamento	Valor indicador (%)	Teste de Monte Carlo (valor de p)
Porifera	A	74,7	0,0260
Hydrozoa	B	60,8	0,4560
Anthozoa	B	74,2	0,0520
Ascidiacea	A	62,4	0,1670
MCI	A	71,1	0,0480
MCT	A	54,3	0,7150
MFO	A	64,9	0,2220
MFL	A	71,8	0,0630
MCA	A	68,6	0,2430
MCR	A	57,0	0,3930
Turf	B	66,5	0,0030

O MDS confirmou a formação dos grupos das Ilhas do Norte e das Ilhas do Sul quando sobreposta à análise de cluster (Figura 7). Os grupos morfofuncionais indicadores das Ilhas do Sul (A), Porifera e macroalgas coriáceas, foram muito abundantes além de frequentes (Figuras 7 e 3). O *turf* foi muito abundante e frequente nas amostras das Ilhas do Norte (B), além de Anthozoa com valor de indicação alto, porém não significativo (Tabela 4).

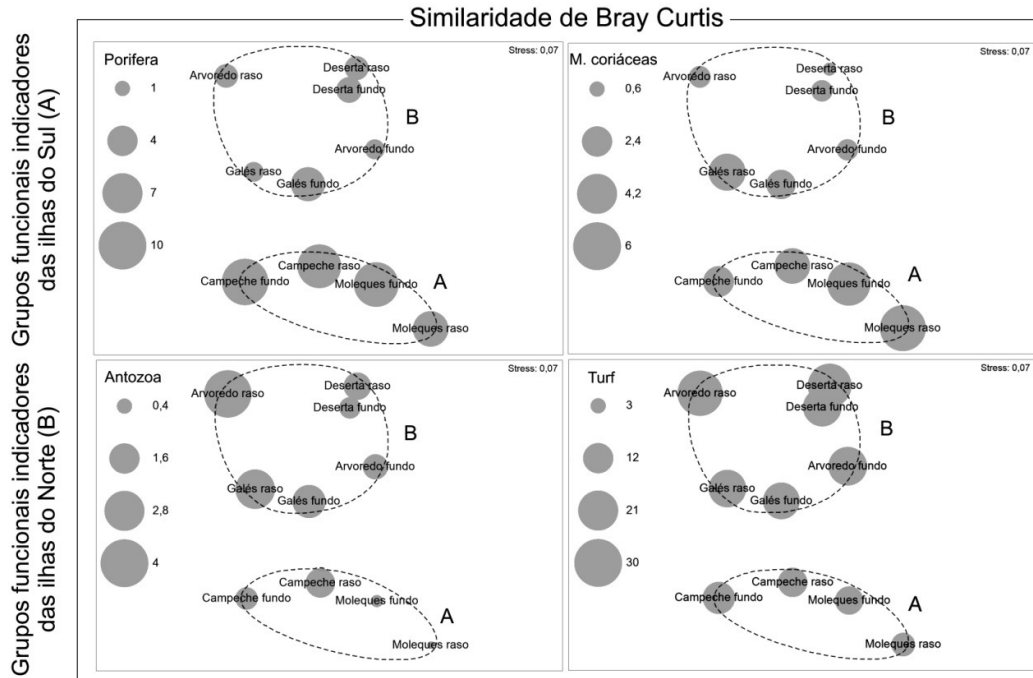


Figura 7. Escalonamento multidimensional (MDS) demonstrando a sobreposição dos grupos formados na análise de agrupamento, e a abundância dos grupos morfofuncionais indicadores e Antozoa (A: ilhas do Sul, B: ilhas do Norte).

O diagrama da análise de correspondência canônica explicou 76,5% da variação da abundância dos grupos morfofuncionais em função das variáveis ambientais (Figura 8). O eixo I, com 39,1% de explicação, foi definido pela complexidade do substrato apresentando uma correlação de 0,916 com a rugosidade. O eixo II (37,4% de explicação) foi representado pelos parâmetros físicos da água, apresentando correlações de 0,939 com a transparência de Secchi e -0,706 com a temperatura. Não foi verificada colinearidade entre as variáveis ambientais ($VIF < 20$) e o teste de permutação de Monte Carlo foi significativo para todos os eixos canônicos ($F=2,509$; $p=0,002$), indicando a correlação entre a ocorrência dos grupos morfofuncionais e as variáveis ambientais.

Em relação às amostras e a distribuição dos grupos morfofuncionais foi encontrada uma maior abundância de Hydrozoa relacionada à alta transparência da água na Ilha Deserta.

Observa-se também uma maior abundância de Anthozoa associada a uma maior complexidade de substrato no raso da Ilha das Galés e do Arvoredo. Em relação aos grupos algais, macroalgas corticadas foram mais abundantes no raso da Ilha do Campeche, e macroalgas calcárias no fundo. Os poríferos, grupo do zoobentos mais frequente, ocorreram em maior abundância nas ilhas do Sul como o Arquipélago de Moleques do Sul, onde a complexidade do substrato é menor.

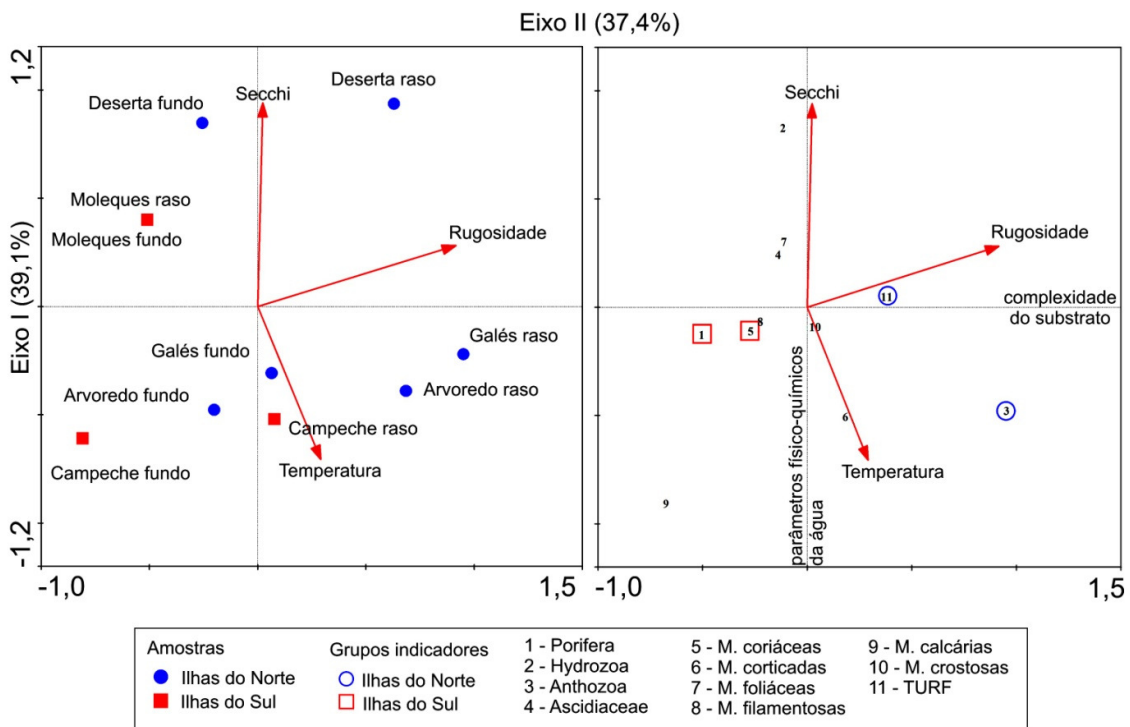


Fig. 8. Diagramas fatoriais resultantes da análise de correspondência canônica, mostrando a distribuição dos grupos morfofuncionais de frequência de ocorrência superior a 10% em função dos parâmetros abióticos temperatura, transparência de Secchi e rugosidade.

DISCUSSÃO

Estudos que contemplam a distribuição e a abundância dos organismos bênticos marinhos atuam em diferentes escalas espaciais e abordam em maior frequência as comunidades do intertidal, sendo menos comuns no sublitoral (Ferdegini *et al.* 2000, Rule & Smith 2007, Terlizzi *et al.* 2007, Vroom *et al.* 2010).

No presente trabalho, a comunidade bêntica sésil das ilhas de Santa Catarina é caracterizada por uma menor abundância de invertebrados sésseis quando comparados com alguns grupos morfofuncionais algais. Maiores proporções de turf algal compuseram a cobertura do substrato das ilhas e dentre o zoobentos as esponjas foram o grupo mais abundante. Estas proporções correspondem relativamente à quantificações da comunidade bêntica em ambientes recifais australianos (Vroom *et al.* 2010), onde o turf cobre entre 57 e 92% do substrato, e em seguida os antozoários escleractínios que recobrem cerca de 5 a 43% do substrato consolidado no lugar das esponjas. Entretanto, a Grande Barreira de Corais na Austrália possui 356 espécies de antozoários calcários (Veron, 1993) e no Brasil são conhecidas apenas 18 espécies de corais e 3 hidrocorais em latitudes menores (Leão, 1986). Este cenário sugere uma dominância dos filtradores sésseis na região subtropical brasileira, em substituição aos corais escleractínios encontrados em latitudes inferiores do Brasil e em maior abundância e composição específica em regiões tropicais de outros continentes.

Dentre os grupos funcionais analisados por Airoidi (1998) na ilha Gianutri (Itália) as algas formadoras de turf também compuseram em grande abundância as comunidades bênticas subtidais do substrato consolidado local. Este grupo morfofuncional forma a flora dominante de ambientes costeiros subtidais tropicais e temperados. Esta bem sucedida distribuição deve-se à capacidade de ocupar substratos sobre uma ampla gama de condições ambientais, tolerando estresses físicos e biológicos (Littler & Littler, 1980), de modo a resistir

e se recuperar de forma rápida às perturbações, além de impedir e também resistir à colonização do substrato por outras espécies que competem pelo espaço (Airoidi, 1998).

Dos fatores ambientais associados à presença e formação dos turfs algais estão o estresse da dessecação e à temperatura no intertidal, e à herbivoria no subtidal. Com grande dimensão no subtidal, o papel do turf no sistema é de grande tamanho, pois além das altas taxas de produtividade, tem um importante papel na cadeia trófica (Denny & Gaines, 2007). Grupos de peixes herbívoros, assim como territorialistas e os vagueadores, se alimentam do turf. Os peixes vagueadores, por exemplo, podem ainda podar as macroalgas maiores alterando a cobertura bêntica. Na ilha Deserta este grupo de peixes foi mais abundante (Silveira, 2010) e justamente neste local, uma maior frequência e uma grande cobertura de turf foram observadas. No entanto a presença destes herbívoros em latitudes subtropicais são menos frequentes do que nos trópicos (Floeter *et al.*, 2005), mas a presença de inúmeras espécies como gastrópodes pastadores e crustáceos por exemplo, consomem estes grupos algais e ainda se alimentam de larvas de organismos recém-estabelecidos no substrato, prejudicando o seu desenvolvimento (Goodbody, 2000) e moldando as características da cobertura bêntica.

As diferenças detectadas no presente estudo não se devem exclusivamente ao turf. De acordo com a ANOVA as ascídias foram significativamente mais abundantes no Campeche, e dispuseram de alta frequência de ocorrência em todas as ilhas. Poríferos e macroalgas coriáceas foram indicadores de formação de grupo das ilhas do sul, local com menor rugosidade (Fig.8) onde o substrato horizontal foi aparentemente mais comum, e, Anthozoa e o turf foram indicadores das ilhas do norte na análise multivariada (MDS). Os hidrozoários se destacaram principalmente na ilha Deserta, apesar da ausência de um padrão distribucional.

Os poríferos tiveram uma alta frequência de ocorrência no geral. Seus valores de abundância foram mais expressivos no sul além de serem parecidos entre as profundidades

nas ilhas do norte. Entre as espécies mais comuns de poríferos na comunidade estão *Dragmacidon reticulatum* (Ridley & Dendy, 1886), *Guitarra sepia* Lerner, Hajdu, Custodio & van Soest, 2004 e as espécies do gênero *Haliclona* Grant, 1836. As plasticidades morfológicas de poríferos e ascídias aliadas a uma menor cobertura de turf podem estar agindo como coadjuvantes nesta distribuição. Por serem sésseis e filtradores a distribuição espacial destes animais é fortemente influenciada tanto por fatores naturais como pela qualidade da água. Dos mais importantes, destacam-se o tipo de substrato, as correntes marinhas, a sedimentação, o conteúdo em partículas orgânicas e minerais, materiais orgânicos dissolvidos e poluentes. Por estas últimas qualidades vários destes organismos têm sido propostos como biomonitores de poluição (Muricy & Silva, 1999).

Assim como as esponjas, as ascídias desempenham importante papel na purificação da água e também são consideradas potenciais indicadores biológicos de qualidade ambiental (Rodrigues *et al.*, 1999). Devido à alta ocorrência observada destes grupos na região, aliado a informação da ANOVA de que as classes Ascidiacea e Anthozoa não diferiram entre as profundidades neste estudo, surge à indicação de utilizá-los em futuros planos de monitoramento nestas comunidades, no intuito de se objetivar tempo e custos da realização dos trabalhos. Ascídias encontram-se distribuídas principalmente entre a faixa dos seis aos 15 m de profundidade, com uma redução na abundância acima dos 15 m, de acordo com um estudo feito em recifes rochosos no sul do Brasil, mais precisamente na Ilha dos Currais (Rocha & Faria, 2005). Entre outras considerações, uma atenção deve ser dada para que o monitoramento destas comunidades bênticas siga uma sazonalidade específica, tendo em vista a existência de variação temporal ao longo do ano na distribuição destes organismos. Um estudo feito numa baía semi-fechada no mar de Piccolo de Taranto, no Mediterrâneo, mostrou claras diferenças na distribuição destes animais em relação às estações do ano (Mastrototaro *et al.*, 2008).

As espécies de ascídias mais observadas pertenceram à família Didemnidae Giard, 1872, e entre elas *Didemnum ligulum* Monniot, 1993, *D. granulatum* Tokioka, 1954, *D. rodriguesi* Rocha & Monniot, 1993 e *Diplosoma listerianum* (Milne-Edwards, 1841). A família é composta por animais coloniais e sésseis, com usualmente maior abundância e diversificação em águas rasas tropicais (Monniot *et al.*, 1991). Devido ao hábito sésbil e filtrador, um aumento na turbidez da água pode causar um entupimento nas estruturas filtradoras destes organismos pelas partículas em suspensão. Sabe-se que as águas que circundam as ilhas do norte, pertencentes a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo tem um eventual aumento da descarga costeira e poluição (Horta *et al.*, 2008), de modo a causar um aumento nas concentrações de nutrientes e materiais particulados em suspensão, o que pode afetar diretamente na sobrevivência dos invertebrados sésseis nesta região. É preocupante o quadro de desordenado crescimento urbano na costa, principalmente nas imediações do Rio Tijucas (ao norte de Florianópolis) que tem gerado uma intensificação de atividades econômicas ligadas à indústrias, além do turismo, pesca e o lançamento de esgotos domésticos e industriais nas adjacências desta região, de modo a acarretar danos muitas vezes irreversíveis no sistema marinho.

Apesar da baixa frequência de antozoários nas ilhas, foi na ilha do Campeche e nas ilhas do Norte que tiveram maior abundância, sendo indicadores de formação do grupo das ilhas do norte. Anthozoa não variou com a profundidade, no entanto a rugosidade esteve fortemente relacionada à sua distribuição (Fig. 8).

Observou-se que a expressiva presença de *Carijoa riisei* (Duchassaing & Michelotti, 1860) nas ilhas do norte contribuiu, dentro de seu respectivo grupo, para que as ilhas do norte divergissem das ilhas do sul. Uma maior rugosidade associada à presença de grandes tocas e rochas com superfícies negativas nestas ilhas e no raso da ilha do Campeche pode ter favorecido o assentamento das larvas destes animais e o sucesso em seu desenvolvimento

posterior. A tendência de agregação especialmente de gorgonáceos foi documentada para o grupo por Gili & Ross (1985) assim como observado nos octocorais das ilhas de Santa Catarina. A espécie é encontrada geralmente em áreas sombreadas, como entradas de cavernas, sob saliências (Castro *et al.* 2010) e sobre fundos inclinados e rugosos em locais mais fundos.

Os hexacorais *Astrangia rathbuni* Vaughan, 1906 e *Phyllangia americana* Milne Edwards & Haime, 1849 foram outras espécies de antozoários comuns nas ilhas catarinenses. Com maior frequência foram observados formando agregações em fundos inclinados, negativos e paredões. *Astrangia rathbuni* foi também avistada, embora raramente, em rochas horizontais e no cascalho.

Quanto aos hidrozoários, em cada local a relação abundância no fundo e raso foi diferente, assim como mostrou o gráfico de interação da ANOVA. Entretanto, de acordo com a análise canônica de correspondência uma forte relação de hydrozoa com a transparência da água pareceu determinar sua distribuição. No entanto, sugere-se que a ausência de um padrão na distribuição do grupo, pode estar mascarada pela forte associação que os hidrozoários e os briozoários têm em relação ao turf, que por fim compromete a aquisição de valores mais próximos dos reais da cobertura destes animais. Algumas espécies de hidrozoários se destacaram na quantificação da comunidade na Ilha Deserta, assim como *Macrorhynchia philippina* Kirchenpauer 1872 um hidróide de maior porte bastante comum na área estudada. A ilha Deserta em particular, tem um diferencial em relação às demais ilhas do norte. Por ser mais distante da costa, ela sofre menor interferência de águas enriquecidas de origem costeira, o que influencia abruptamente na transparência da água local. Ilhas próximas da costa estão suscetíveis a sofrer distúrbios mais frequentes e mais agudos que podem comprometer a estabilidade dos sistemas, como verificado através do fitobentos na ilha das Galés (Horta *et al.* 2008).

Dos animais com frequência de ocorrência inferior a dez por cento, estão os briozoários que se destacam principalmente pela forte presença de *Schizoporella errata* (Waters, 1878), um briozoário colonial incrustante muito comum na área estudada. De ampla distribuição geográfica, *S. errata* foi mais frequente nas ilhas do norte, como na ilha das Galés. Briozoários são constituintes importantes da fauna marinha bêntica, e são frequentes nas zonas litorâneas (Calderon, 2008). Algumas espécies de briozoários de pequeno porte estiveram fortemente associadas do turf, sendo difícil a detecção através das imagens digitalizadas devido à resolução não tão apurada do equipamento utilizado.

De acordo com os dados, a complexidade do substrato das ilhas catarinenses foi o principal fator explicativo da distribuição da comunidade. E estas diferenças no relevo do fundo podem conduzir a uma variabilidade espacial considerável até mesmo em escalas bem localizadas (Underwood & Petraits, 1993).

Estruturas físicas decorrentes desta complexidade como a presença de fendas, cavernas e irregularidades no substrato rochoso proporcionam ao ambiente uma série de microhábitats, influenciando significativamente em processos como predação e o assentamento larval, e desta maneira moldam características da comunidade, determinando a cobertura do bentos nos fundos infralitorâneos. Além da heterogeneidade do substrato, mudanças na estrutura de comunidades variam sob um gradiente vertical e são geralmente relacionadas a fatores físicos que co-variavam com a profundidade, como ação das ondas e atenuação da luz, inclinação do substrato, e tempestades entre outros (Rule & Smith, 2007).

De acordo com Terlizzi *et al.* (2007) os métodos univariados e multivariados, como os adotados no presente capítulo, demonstram ser uma ferramenta adequada para descrever a variabilidade espacial de comunidades em ambientes complexos, como os recifes rochosos infralitorâneos.

Tal divergência na composição e quantificação da comunidade entre as ilhas do norte e as ilhas do sul do litoral central catarinense, sugere mais cuidados ao planejar a proteção das ilhas. De acordo com o testes aqui aplicados, como o de Tukey por exemplo, Galés e Campeche foram as ilhas com maior variabilidade entre os sítios amostrados, e tanto Moleques do Sul como Arvoredo não mostraram variação entre os mesmos para os grupos Anthozoa e Ascidiacea. Sugere-se que devido a atual necessidade de monitoramentos mais otimizados em relação a custos e tempo, a escolha de ilhas onde à priori não tenham variação sejam consideradas mais indicadas para testar uma fonte externa de variação em determinado estudo, como neste caso as ilhas Moleques do Sul e Arvoredo. Além disso, estas ilhas do Sul e do Norte são diferentes entre si ($R^2 = 0,687$), e esta diferença poderia também ser monitorada. No caso de Galés e Campeche, como citado anteriormente, não se sabe qual a fonte de variação e com isso haveriam prejuízos nas análises caso outro fator fosse testado em conjunto. O monitoramento das comunidades bênticas das ilhas de SC como um propósito presente, se assemelha em metodologias ao protocolo do Reef Check Brasil, no entanto com adaptações à região subtropical, assim como a substituição de categorias como a de corais escleractínios zooxantelados pela fauna local.

A utilização dos grupos morfofuncionais em substituição a níveis taxonômicos inferiores mostrou-se adequada por revelar tendências significativas e úteis na otimização e obtenção dos resultados em relação ao tempo gasto e o baixo custo envolvido. Entretanto, o fato de que espécies raras não sejam detectadas pode ser uma desvantagem, mas que não supre os custos da necessidade de coleta de amostras para identificação e envolvimento de taxonomistas de diferentes grupos que encarecem a amostragem, e tornam a obtenção de dados mais morosa.

A necessidade de um manejo apropriado para a utilização destas ilhas, principalmente as do sul, são de extrema importância para a fauna marinha local, devido a importância dos

ecossistemas insulares e costeiros para a sócioeconomia regional, baseada principalmente no turismo, pesca artesanal e esportiva. O entendimento destes padrões descritivos aqui presentes, pode certamente nortear as decisões legais e administrativas sobre o manejo do ecossistema litorâneo catarinense, e servir de referência para os estudos de impacto e monitoramento ambiental. Para preservar e gerenciar essas comunidades, estratégias de conservação terão de incorporar maiores escalas espaciais e temporais, não só para manter a diversidade local, mas também para assegurar dispersão adequada de um *pool* de diversas espécies regionais. Este trabalho foi limitado às amostragens no verão, e representa a constituição da comunidade bêntica neste momento. Recomenda-se a continuidade de amostragens com a finalidade de gerar mais dados para monitorar possíveis mudanças ambientais e compreensão numa escala de variação temporal. Aconselha-se a inserção de outros importantes locais de amostragem, como o banco de algas calcárias e o Saco do Farol na Ilha do Arvoredo devido a peculiaridades como endemismos e *hotspot* de biodiversidade, respectivamente, particularidades de extrema importância para a conservação das comunidades bênticas da região sul do Brasil.

REFERÊNCIAS

- Airoidi L.** (1998) Roles of disturbance, sediment stress, and substratum retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology* 79, 2759–2770.
- Amaral A.C.Z. and Jablonski S.** (2005) Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. *Megadiversidade* 1,01.
- Barneche D.R., Anderson A.B., Floeter, S.R., Silveira M., Dinslaken D.F. and Carvalho-Filho A.** (2009) Ten new records of reef fish on the coast of Santa Catarina State, Brazil. *Marine Biodiversity Records* 2, 1–4.

- Cabral D.Q.** (2009) Avaliação da efetividade de uma Unidade de Conservação Marinha a partir da análise da comunidade fitobêntica – um estudo de caso no sudoeste do Atlântico. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.
- Calderon E.N.** (2008) Recrutamento e distribuição espacial do briozoário *Schizoporella errata* (WATERS, 1878), (Ectoprocta, Gymnolaemata, Cheilostomata), e sua dinâmica na comunidade de Costão Rochoso em Arraial do Cabo, RJ. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Castro C.B., Medeiros M.S. and Loiola L.L.** (2010) Octocorallia (Cnidaria: Anthozoa) from Brazilian reefs. *Journal of Natural History* 44, 763–827.
- Chapin III F.S. , Walter B.H., Hobbs R.J., Hooper D.U., Lawton J.H., Sala O.E. and Tilman, D.** (1997) Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science* 277, 500–504.
- Clarke K.R. and Warwick R.M.** (2001) *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2 ed. PRIMER-E, Plymouth.
- Davidson I.C.** (2005) Structural gradients in an intertidal hard-bottom community: examining vertical, horizontal, and taxonomic clines in zoobenthic biodiversity. *Marine Biology* 146, 827–839.
- Denny M.W. and Gaines S.D.** (2007) *Enciclopedia of tidepools & rocky shores*. University of California Press, Lda.
- Dufrene M. and Legendre P.** (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67, 345–366.
- Ferdeghini F., Acunto S., Cocito S. and Cinelli F.** (2000) Variability at different spatial scales of a coralligenous assemblage at Gianutri Island (Tuscan Archipelago, northwest Mediterranean). *Hydrobiologia* 440, 27–36.
- Field J.G., Clarke K. R. and Warwick R. M.** (1982) A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Marine Ecology Progress Series* 8, 37–52.

- Figueiredo M.A.O., Barreto M.B.B. and Reis R.P.** (2004) Caracterização das macroalgas nas comunidades marinhas da Área de Proteção Ambiental de Cairuçu, Parati, RJ – subsídios para futuros monitoramentos 1. *Revista Brasileira de Botânica* 27, 11–17.
- Floeter, S. R., Behrens, M. D., Ferreira, C. E. L., Paddock, M. J. and Horn, M. H.** (2005) Geographical gradients of marine herbivorous fishes: patterns and processes. *Marine Biology* 147, 1435–1447.
- Ghilardi N.P., Pereira Filho G.H. and Berchez F.** (2008) Current knowledge status of the ecology of hard bottom benthic communities in Brazil and the need for new approaches. *Oecologia Brasiliensis* 12, 197–205.
- Gili J.M. and Ros J.** (1985) Study and cartography of the benthic communities of Medes islands (NE Spain). *Pubbl Staz zool Napoli (I: Mar Ecol)* 6, 219–238.
- Goodbody I.** (2000) Diversity and distribution of Ascidiaceans (Tunicata) in the Pelican Cays, Belize. *Atoll Research Bulletin* 480, 301–333.
- Halpern B. S.** (2003) The impact of marine reserves: Do reserves work and does reserve size matter? *Ecological Applications* 13, 117–137.
- Horta, P.A., Salles, J.P., Bouzon, J.L., Scherner, F., Cabral, D.Q. and Bouzon, Z.L.** (2008) Composição e estrutura do fitobentos do infralitoral da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, Santa Catarina, Brasil – Implicações Para a conservação. *Oecologia Brasiliensis* 12 (2), 243–257.
- Kohler K.E. and Gill S.M.** (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. *Computer Geoscience* 32, 1259–1269.
- Leão Z.M.A.N.** (1986) Guia para identificação dos corais do Brasil. Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Geofísica, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

- Leps J. and Smilauer P.** (2003) Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge University Press.
- Levin A.S.** (1992) The Problem of Pattern and Scale in Ecology: The Robert H. MacArthur Award Lecture. *Ecology* 73, 1943–1967.
- Littler M.M. and Littler D.S.** (1980) The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of a functional form model. *American Naturalist* 116, 25–44.
- Lubchenco J., Palumbi S.R., Gaines S.D. and Andelman, S.** (2003) Plugging a hole in the ocean: the emerging science of marine reserves. *Ecological Applications* 13, 8–25.
- Margalef R.** (1980) *Ecologia*. Omega, Barcelona.
- Mastrototaro, F., D’Onghia, G. and Tursi, A.** (2008) Spatial and seasonal distribution of ascidians in a semi-enclosed basin of the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 88, 1053–1061.
- Monniot C., Monniot F. and Laboute, P.** (1991) *Coral Reef Ascidians of New Caledonia*. Orstom, Paris.
- Moysés D.N., Junqueira A.O.R., Lavrado H.P. and Silva S.H.G.** (2007) Method for monitoring intertidal communities in a steep rocky shore: a combination of digital image technology and field operational strategy. *Brazilian Journal of Oceanography* 55, 19–27.
- Muricy G. and Silva O.C.** (1999) Esponjas marinhas do Estado do Rio de Janeiro: um recurso renovável inexplorado. *Oecologia Brasiliensis* 155-178. In Silva S.H.G. and Lavrado H.P. (eds) *Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro*. Série *Oecologia Brasiliensis* vol II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

- Oigman-Pszczol S.S., Figueiredo, M.A.O. and Creed, J.C.** (2004) Distribution of Benthic Communities on the Tropical Rocky Subtidal of Armação dos Búzios, Southeastern Brazil. *Marine Ecology* 25, 173–190.
- Palumbi S.R.** (2001) The ecology of marine protected areas. 509–530 *In*: M. Bertness, S. D. Gaines and M. E. Hay, editors. *Marine ecology: the new synthesis*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Pereira Filho G.H., Ghilardi N.P., Fluckiger G. and Berchez F.** (2008) Quantitative approach to the “physiognomic assessment of hard bottom marine benthic communities” Method: precision analysis. *Oecologia Brasiliensis* 12,191–196.
- Poletto C.R.B. and Batista G.T.** (2008) Sensibilidade ambiental das ilhas costeiras de Ubatuba, SP, Brasil. *Revista Água e Ambiente – An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 3,106–121.
- Preskitt L.B., Vroom P.S. and Smith C.M.** (2004) A Rapid Ecological Assessment (REA) quantitative survey method for benthic algae using photoquadrats with scuba. *Pacific Science* 58, 201–209.
- Rocha R.M. and Faria S.B.** (2005) Ascidians at Currais islands, Paraná, Brazil: taxonomy and distribution. *Biota Neotropica* 5, 1–20.
- Rodrigues S.A., Lotufo T. and Rocha R.M.** (1999) Classe Ascidiacea. *In*: Migotto, A.E. & Tiago, C.G. (Eds.), *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Síntese do conhecimento ao final do século XX: 3 - Invertebrados marinhos*. FAPESP, São Paulo.
- Rule M.J. and Smith S.D.A.** (2007) Depth-associated patterns in the development of benthic assemblages on artificial substrata deployed on shallow, subtropical reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 345, 38–51.
- Sabino C.M. and Villaça R.** (1999) Estudo comparativo de métodos de amostragem de comunidades de costão. *Revista Brasileira de Biologia* 59, 407–419.

- Sanchez-Moyano J.E., Fa D.A., Estacio F.J. and Garcia-Gómez J.C.** (2006) Monitoring of marine benthic communities and taxonomic resolution: an approach through diverse habitats and substrates along the Southern Iberian coastline. *Helgoland Marine Research* 60, 243–255.
- Silveira M.** (2010) Relações entre complexidade de habitats e comunidade de peixes de costão rochoso. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.
- Steneck R.S. and Dethier, M.N.** (1994) A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos* 69, 476–498.
- Terlizzi A., Anderson, A.J., Fraschetti, S. and Benedetti-Cecchi, L.** (2007) Scales of spatial variation in Mediterranean subtidal sessile assemblages at different depths. *Marine Ecology Progress Series* 332, 25–39.
- Turon X.** (1990) Distribution and abundance of ascidians from a locality on the northeast coast of Spain. *Marine Ecology* 11, 291–308.
- Underwood A.J.** (1990) Experiments in ecology and management: their logics, functions and interpretation. *Australian Journal of Ecology* 15, 365–389.
- Underwood A.J. and Petraits P.S.** (1993) Structure of intertidal assemblages in different locations: how can local processes be compared? In Ricklefs R.E. & Schluter D. (eds) *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*. University of Chicago press, Chicago 39–51.
- Veron J.E.N.** (1993) A biogeographic database of hermatypic corals. Australian Institute of Marine Science Monograph Series 10.
- Villaça R., Yoneshigue-Valentin Y. and Boudouresque C.F.** (2008) Estrutura da comunidade de macroalgas do infralitoral do lado exposto da ilha de Cabo Frio (Arraial do Cabo, RJ). *Oecologia Brasiliensis* 12, 206–221.

- Vroom P.S., Musburger C.A., Cooper S.W., Maragos J.E., Page-Albins K.N. and Timmers M.A.V.** (2010) Marine biological community baselines in unimpacted tropical ecosystems: spatial and temporal analysis of reefs at Howland and Baker Islands. *Biodiversity and Conservation* 19, 797–812.
- Walker D.I. and Kendrick G.A.** (1998) Threats to macroalgal diversity: Marine habitat destruction and fragmentation, pollution and introduced species. *Botanica Marina* 41, 105–112.
- Wilson S.K., Graham N.A.J. and Polunin N.V.C.** (2007). Appraisal of visual assessments of habitat complexity and benthic composition on coral reefs. *Marine Biology* 151, 1069-1076.
- Witman J.D. and Dayton P.K.** (2001) Rocky Subtidal Communities. In: Bertness MD, Gaines SD, Hay ME (Eds.). *Marine Community Ecology*. Massachusetts: Sunderland, p. 339–361.
- Zar J.H.** (1996) *Biostatistical analysis*. 3 ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hal.

ANEXO

Índice de complexidade do substrato nos pontos amostrados por profundidade, onde R= raso e F= fundo. Valores de 1 a 3 de acordo com censo visual de rugosidade, onde: 1= complexidade baixa, 2 = média e 3 = alta (Silveira, 2010).

Pontos amostrais										
	Des R	Des F	Gal R	Gal F	Arv R	Arv F	Cam R	Cam F	Mol R	Mol F
Rugosidade	3	2	3	2	3	2	2	1	2	2

Des, Ilha Deserta; Gal, Ilha das Galés; Arv, Ilha do Arvoredo; Cam, Ilha do Campeche; Mol, Arquipélago das Ilhas Moleques do Sul.

Capítulo 3

Espécies crípticas e estrutura genética populacional em *Didemnum granulatum* Tokioka, 1954 (Tunicata: Ascidiacea) na costa Sul do Brasil

RESUMO

Didemnum granulatum é uma ascídia colonial incrustante de substratos rochosos infralitorâneos, comum nas ilhas do sul do Brasil. Variação na pigmentação é comum em invertebrados marinhos, e morfotipos de *Didemnum granulatum* das cores laranja e bege foram detectados na área estudada. Os indivíduos foram coletados em 4 localidades na costa de Santa Catarina no outono de 2008, entre seis e 15 metros de profundidade. Amostras foram fixadas em álcool etílico 95%, e estocadas à -20°C até o processamento. Foi amplificado um fragmento de 490 pares de bases da subunidade 1 do gene citocromo oxidase, totalizando 45 seqüências. Foram identificados 21 haplótipos. A diversidade haplotípica total foi 0,912 e a nucleotídica total 0,044. O F_{st} global para as seis populações foi 0,97, com a maior parte da variação ocorrendo entre os grupos bege e laranja (82,19%). A variação encontrada entre as populações dentro dos grupos foi de 15,37% e dentro das populações 2,45%. A rede de haplótipos e a árvore de Neighbor-joining mostraram nítidas divergências genéticas de *D. granulatum* entre os indivíduos de coloração laranja e bege, e entre as ilhas de SC. Recomenda-se, uma reavaliação da taxonomia dos clados utilizando-se de uma melhor abordagem morfológica ou da utilização de novos caracteres morfológicos.

Palavras-chave: ascídia – variação genética – fluxo gênico – ilhas

ABSTRACT

Didemnum granulatum is a colonial ascidian fouling of subtidal substrates, common in the southern islands of Brazil. Changes in pigmentation is common in marine invertebrates. These variations were detected in morphotypes of *D. granulatum* orange and beige from the seacoast of SC, Brazil. Specimens were collected in four sites during 2008, between six and 15 meters deep. They were fixed in 95% ethanol and stored at -20°C, after they were processed. A fragment of 490 pairs of bases from the subunit 1 of the cytochrome oxidase gene was amplified, 45 sequences on total. Were identified 21 haplotypes. The total haplotype diversity was 0.912 and the total nucleotide diversity 0.044. The global F_{st} of the six populations was 0.97, with most variation occurring among groups orange and beige (82.19%). The variation found among populations within groups was 15.37% and 2.45% within populations. Networks of haplotypes and the Neighbor-joining tree showed clear genetic divergence between the individuals of distinct colors, and between the Santa Catarina islands. It is recommended a taxonomy reassessment of the clades by using an improved morphological approach or new morphological characters.

Keywords: ascidian – genetic variation – gene flow – islands

INTRODUÇÃO

A compreensão de padrões de variabilidade genética nas populações de invertebrados marinhos bênticos é de interesse primordial na avaliação de processos como o de especiação, conectividade entre as populações, a susceptibilidade dos ambientes costeiros dispostos aos distúrbios antrópicos, além de ser uma importante ferramenta para o desenho de áreas marinhas protegidas (Shanks 2003, Palumbi 2004, Pérez-Portela e Turon 2008).

Frente aos efeitos que afetam estes ambientes tais como o aumento da temperatura do oceano proveniente do aquecimento global, aliado a destruição dos habitats marinhos costeiros, estudos que contemplam conectividade entre as populações marinhas geram importantes subsídios para a conservação das espécies, para o manejo pesqueiro e gestão dos sistemas marinhos. Em termos biológicos, as estratégias de gestão e desenho de áreas marinhas protegidas desempenham um importante papel na adaptação e especiação local, no repovoamento da população e na redução de um possível risco de extinção local (Hedgecock 2007). Sua ausência sugere que a população tenha seus recrutas originados das larvas de seus próprios residentes (Mora e Sale 2002).

Geralmente larvas não-planctônicas (incubadoras/ desenvolvimento direto) têm tempo curto de dispersão nos oceanos, e o fluxo gênico passa a ser limitado e com conseqüências como redução da diversidade genética intrapopulacional através da endogamia e deriva, acentuando as diferenças genéticas entre as populações (Crisp 1978).

As ascídias coloniais (Chordata, Tunicata) constituem um grupo de invertebrados marinhos amplamente distribuídos nos sistemas bênticos. Elas têm ciclos de vida complexos que incluem eventos de reprodução sexuada e assexuada (gemulação). A fecundação ocorre no interior da cavidade atrial comum, onde embriões passam parte do seu desenvolvimento até a fase larvar. Apesar de uma fase larval livre-natante, estas espécies incubam suas larvas e

liberando-as em estágio bastante avançado de desenvolvimento, o que limita o tempo de dispersão da larva lecitotrófica e restringe a conectividade entre populações até mesmo próximas geograficamente. Algumas espécies solitárias também incubam suas larvas, no entanto estas são liberadas precocemente e, conseqüentemente, apresentam maior longevidade no plâncton (Ayre et al. 1997). De uma forma geral, a habilidade natural para a dispersão da larva no grupo é bastante restrita, o que o caracteriza como um bom indicador de processos de vicariância relacionados à sua distribuição geográfica.

A reprodução assexuada mais frequente e a curta distância de dispersão da larva destes animais nos fazem prever que as populações são mantidas por dispersão altamente localizada e que existe um elevado grau de parentesco em escala local (Jackson 1986, Ayre et al. 1997, Yund e O'Neil 2000, Pérez-Portela e Turon 2008).

A ascídia *Didemnum granulatum* Tokioka 1954 (Família Didemnidae) é um animal colonial incrustante de ampla distribuição mundial, encontrado no Brasil nos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, e cresce principalmente sobre substratos rochosos, e profundidades acima dos 4 metros (Selegim et al. 2007). A espécie, tende a apresentar coloração variável, onde o predomínio das colônias grandes é de cor laranja ou cor de tijolo e das pequenas bege ou brancas (Rocha et al. 2005). A variação de pigmentação é comum em invertebrados marinhos, e alguns estudos utilizaram populações de espécies de ascídias para testar a existência de diferenciação genética entre as variantes cromáticas. Sob o ponto de vista da taxonomia, estas distintas pigmentações não apresentam estados taxonômicos válidos (Monniot et al. 1991). No entanto, estudos genéticos têm demonstrado que quase que invariavelmente o cosmopolitanismo das espécies é artificial e que, apesar de serem constituídos por grupos morfológicamente muito similares, são espécies geneticamente distintas (Nóbrega et al. 2004).

Alguns estudos correlacionaram a variação de cor com diferenças genéticas, e a divergência genética foi encontrada em variantes de cor de *Pyura stolonifera* (Dalby 2000), por exemplo. Morfotipos de oito cores distintas da espécie *Cystodites dellechiajei* no Oeste do Mediterrâneo foram correlacionadas com as diferenças genéticas, e foram encontradas fortes evidências de diferenciação principalmente entre os morfotipos marrom e violeta, diferenciações que se sobrepunham sobre as diferenciações geográficas (López-Gentil e Turón 2004).

A utilização das ferramentas da sistemática molecular na compreensão da conectividade das populações é capaz de buscar e estabelecer diferenças genéticas entre populações separadas geograficamente, em escala variada. E foi buscando explicar como as espécies mantêm sua distribuição espacial ao longo do tempo, Avise (1987) cunhou o termo filogeografia, o qual abrange conhecimentos de microevolução (p.e. genética de populações) e macroevolução (p.e. filogenias) alinhadas pela biologia molecular.

Com base neste conceito, nós analisamos a estrutura genética de populações da ascídia *D. granulatum* em ilhas costeiras de Santa Catarina, utilizando-se uma região codificante do DNA mitocondrial (DNAMt), chamada citocromo oxidase subunidade 1 (COI). A região mostra-se apropriada para a avaliação de diferenças ao nível de espécie por apresentar uma alta taxa de mutação e produzir polimorfismos intra-específicos, além de divergências interespecíficas em curto tempo evolutivo (Avise et al. 1987). Este marcador é comumente utilizado em estudos moleculares em ascídias. Nós também buscamos explicar diferenças moleculares nos distintos padrões de coloração, com fins de se elucidar questões sobre a existência de subpopulações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

Os espécimens de *D. granulatum* foram obtidos em três ilhas dispostas ao longo de um trecho desde o litoral norte do Estado de SC até o sul do litoral central. No litoral norte as amostras foram coletadas no Arquipélago de Tamboretes (26°22' S, 48°31' W) no município de São Francisco do Sul, e no litoral central a ilha do Arvoredo (27°16' S e 48°24' W) e o Arquipélago Moleques do Sul (27°51' S e 48°26' W) localizado ao sul da ilha de Santa Catarina. Um ponto na costa conhecido como Praia do Matadeiro também no sul da ilha de SC foi amostrado no intuito de testar conectividade com a região costeira (Figura 1).

Através de mergulho autônomo foram coletados pequenos fragmentos de colônias com um mínimo de 2 metros de distância entre elas, em profundidades que variaram entre 6 e 15 metros durante o outono de 2008. As ascídias foram anestesiadas com mentol e mantidas em gelo até a fixação com álcool etílico 95%. Em seguida foram estocadas à temperatura de -20°C até o processamento.

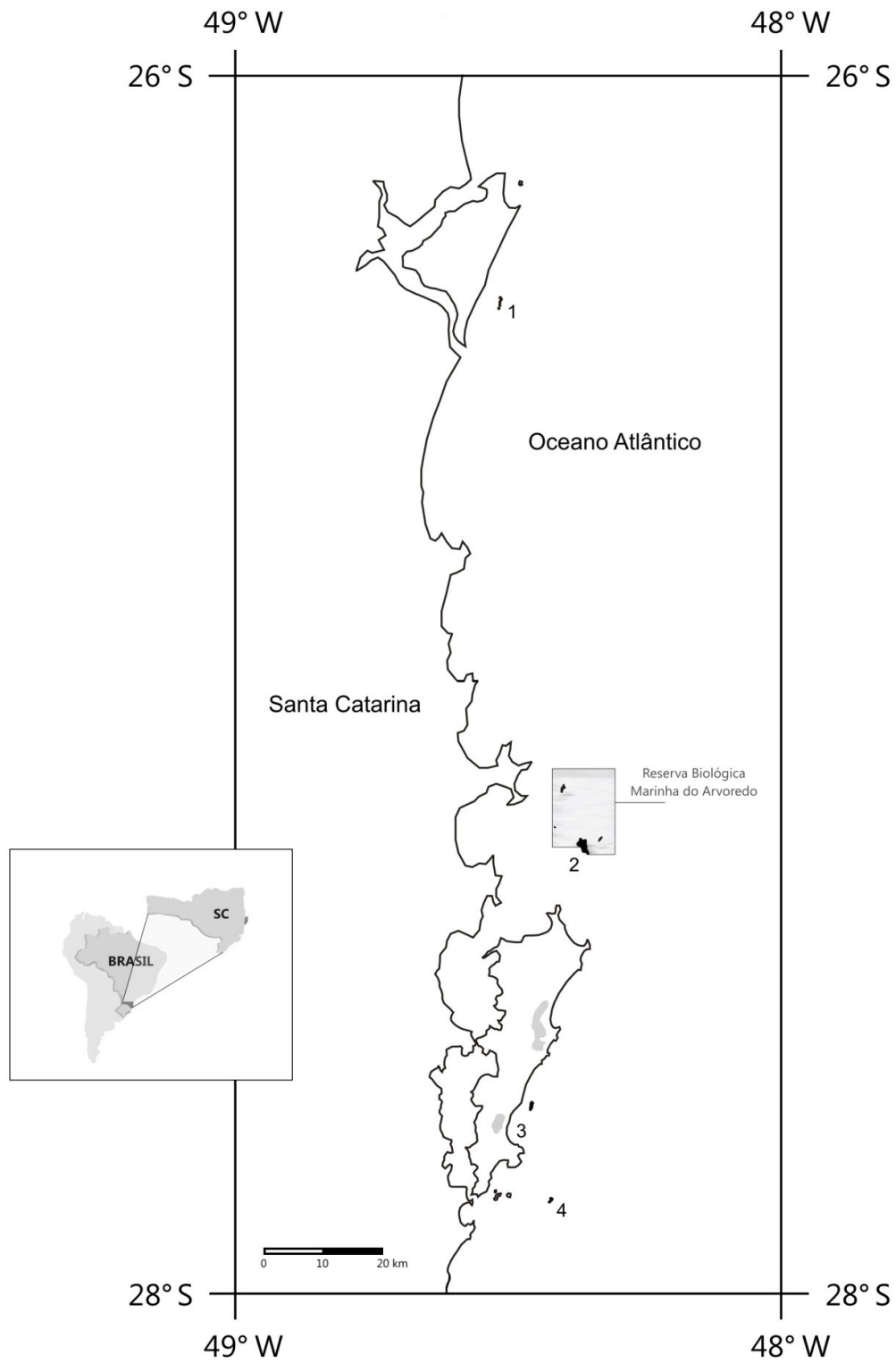


Figura 1. Pontos de amostragem de *D. granulatum* na costa de Santa Catarina. 1, Arquipélago de Tamborettes (TB); 2, Ilha do Arvoredo (AR); 3, Praia do Matadeiro (MT); 4, Arquipélago das ilhas Moleques do Sul (MS).

Extração de DNA, amplificação e seqüenciamento

Após a separação de aproximadamente 40 zoóides de cada fragmento das colônias de *D. granulatum* sob microscópio estereoscópico, e estocagem em 50 µL de água milliq, procedeu-se a extração do DNA. Às amostras foram adicionados 5µL de proteinase-K a 20mg/mL para 500µL de tampão de lise (10mM Tris pH 7.4, 10mM NaCl, 200µL de NaCl 1M, 25mM EDTA, 1% SDS) e então incubadas a 56°C por aproximadamente 1 hora (h).

A extração do DNA foi realizada através do método Fenol-clorofórmio, onde a primeira etapa consistiu na adição de 500µL de fenol equilibrado (USB, Cleveland) e homogeneização cuidadosa durante 10 minutos (min). Em seguida as amostras foram centrifugadas por 10 min a 12.000 x g à temperatura ambiente. A fase aquosa foi então transferida para um novo tubo estéril e adicionada de 500 µl de fenol-clorofórmio (1:1), repetindo-se os passos de homogeneização e centrifugação. A fase aquosa foi novamente transferida para um novo tubo e adicionada a ela 500 µl de clorofórmio, repetindo-se os passos de homogeneização e centrifugação. O sobrenadante foi então coletado e transferido para um novo tubo onde o DNA total foi precipitado pela adição de 450µl de isopropanol previamente gelado, seguido de incubação a -20°C por 60 min e centrifugação por 30 min a 12.000 x g a temperatura ambiente. O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi lavado duas vezes com etanol 70%, seguido de centrifugação a 12.000 x g por 10 min a temperatura ambiente. O etanol foi então descartado e o precipitado permaneceu a temperatura ambiente por 60 m para secagem. O DNA foi finalmente reidratado em 50 µl de água milliq e mantido na bancada para eluição por aproximadamente 12h. Em seguida os produtos da extração foram estocados a -20°C (Sambrook e Russell 2001).

O DNA mitocondrial foi amplificado por PCR (reação em cadeia da polimerase) com a utilização dos iniciadores específicos Tun-F (5'- TCG ACT AAT CAT AAA GAT ATT AG

-3' Invitrogen), e Tun-R (5'- AAC TTG TAT TTA AAT TAC GAT C -3' Invitrogen) (Stefaniak et al. 2009) na concentração de 50 pmol. Foram adicionados 0,2 mM de cada deoxinucleotídeo trifosfatado (dNTP) (Invitrogen), 1,5 mM MgCl₂, 100ng de DNA molde, completando-se o volume final de 20 µl por reação (0.6 µL MgCl₂, 2 µL Buffer 10x, 2 µL DNTP 2.5mM, Platinum *Taq* DNA polimerase (Invitrogen) 0.4 µL. A reação de amplificação ocorreu sob as seguintes condições térmicas: 94°C por 5 minutos, seguido de 35 ciclos de 94°C de 10 segundos (s), 50°C por 40 s, 72°C por 50 s e em seguida um passo final de extensão a 72°C por 10 min em termocicladores *Mastercycler Gradient* (Eppendorf, Hamburgo).

Na purificação dos produtos de PCR, os iniciadores e dNTPs não incorporados foram eliminados dos produtos de amplificação utilizando-se inicialmente uma precipitação com isopropanol 70% e centrifugação a 9.000 x g por 45 min a 4 °C, seguido de lavagem com etanol 70% gelado e centrifugação a 9.000 x g por 20 min a 4 °C. O produto de PCR purificado foi re-hidratado em 13µl de água milliq.

O seqüenciamento do DNAm^t dos produtos de PCR gerados pela amplificação do gene COI foi realizado em um equipamento *MegaBace 1000 DNA Analysis System* (GE/Amershan Biosciences Inc., Uppsala), utilizando-se a reação de seqüenciamento com o *kit DYEnamic[®] ET Dye Terminator* (GE/Amershan Biosciences), conforme especificações do fabricante. Utilizou-se uma concentração entre 500 ng do produto de PCR como DNA molde, 5,0 pmol dos iniciadores específicos (Tun-F e Tun-R) para seqüenciamento do gene, 4,2 µl de *DYEnamic[®] ET terminator reagent premix*, em reações de volume final de 10 µl em microplacas próprias de 96 orifícios. As condições empregadas na amplificação para marcação das seqüências foram: 95°C por 25 s de desnaturação inicial, seguidos de 35 ciclos de desnaturação a 95°C por 15 s, 55°C por 30 s e extensão a 60°C por 120 s.

Após a reação de seqüenciamento foi feita a purificação dos produtos para retirar os dideoxinucleotídeos, deoxinucleotídeos e iniciadores não incorporados utilizando isopropanol 70% e centrifugação 9.000 x g por 45 min a temperatura ambiente. Após o descarte do sobrenadante, o precipitado foi lavado com 150 µl de etanol 70% gelado, seguindo-se nova centrifugação a 9.000 x g por 15 min a 4°C. Após a centrifugação, descartou-se novamente o sobrenadante e realizou-se uma centrifugação com placa invertida em papel absorvente até que se atingisse a rotação de 450 x g para retirar o excesso de etanol. Após a incubação da placa em estufa a 37°C por 15 min para evaporação de resíduos de etanol, as amostras foram diluídas em 8 µl de tampão de aplicação contendo 70% formamida e EDTA 1mM. As amostras foram eletroinjetadas a 2 KV por 120 seg e eletroeluídas 9 KV por 1-2 horas.

Análise dos dados

As seqüências geradas foram analisadas com o apoio do Laboratório de Bioinformática (MIP/CCB) da Universidade Federal de Santa Catarina. As seqüências brutas obtidas do seqüenciador foram analisadas por meio do programa do próprio seqüenciador, o qual é utilizado com o intuito de elaborar as seqüências consenso, apenas seqüências de boa qualidade, diminuindo assim erros de montagem.

A partir da escolha das melhores seqüências foi utilizado o pacote de programas Phred/Phrap/Consed para a montagem da seqüência final/consenso: o programa Phred (Ewing 1998), identifica as seqüências de DNA geradas pelo sequenciador, o Phrap permite sua visualização e o programa Consed (Gordon et al. 1998) permite a visualização e edição das mesmas, obtendo-se assim uma seqüência consenso. As seqüências consenso geradas foram comparadas com seqüências disponíveis no banco de dados do GenBank, para a comprovação da identidade das seqüências obtidas. Objetivando estimar a distância genética entre as populações de *D. granulatum* das distintas localidades, as seqüências consenso foram alinhadas através do ClustalW no programa BioEdit versão 7.0.9.0. (Hall 1999). Os dados foram avaliados utilizando HIV sequence database (<http://www.hiv.lanl.gov/cgi-bin/findmodel>) para identificar o modelo de substituição de melhor adequação dos dados.

A árvore de neighbor-joining foi estimada no MEGA 3.1, bootstrap com 1000 réplicas, seed=24054, e foi utilizado como grupo externo *Didemnum vexillum* (EU742677).

As diversidades nucleotídicas e haplotípicas (Nei 1987) foram estimadas através do ARLEQUIN versão 3.1 (Excoffier et al. 2005).

A divergência entre os diferentes haplótipos foi estimada através do programa MEGA 3.1 utilizando-se o modelo de distância Kimura 2 parâmetros (K2p). Para descrever as relações entre os haplótipos foram construídas redes de haplótipos pelo método Median

Joining (MJ) (Bandelt et al. 1999) através do programa Network 4 (<http://www.fluxus-engineering.com>).

A análise molecular de variância (AMOVA) (Weir e Cockerham 1984; Excoffier et al. 1992; Weir 1996) foi aplicada para avaliar a estruturação genética das populações, o teste de F_{st} par a par, os testes exatos de diferenciação das populações e os testes de neutralidade D de Tajima e F_s de F_u foram calculados através do Arlequin versão 3.1 (Excoffier et al. 2005). Na AMOVA foram utilizados dois clados (um laranja e outro bege - Figura 2) e 6 populações definidas como Arvoredo (AR), Matadeiro (MT), Moleques do Sul (MS), Tamboretas (TB), Moleques do Sul bege (MSbg) e Tamboretas bege (TBbg).

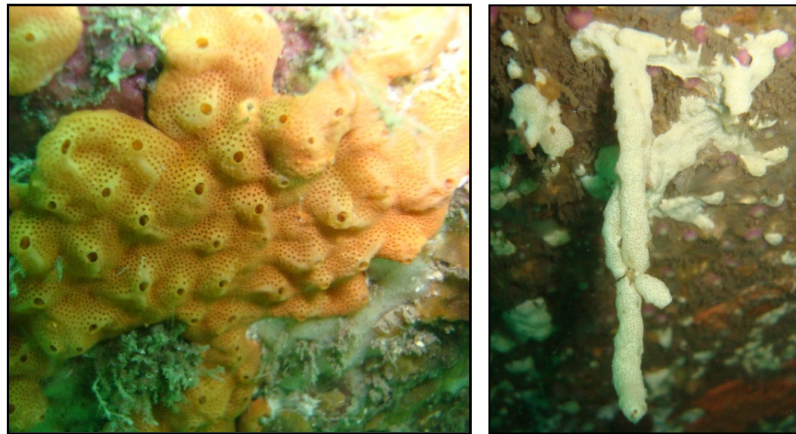


Figura 2. Variação cromática da ascídia *Didemnum granulatum* na região costeira de Santa Catarina.

RESULTADOS

Variação das sequências

Foram obtidas 45 sequências do gene mitocondrial COI de *D. granulatum* com comprimento final das sequências após alinhamento de 490 pares de bases (bp) livre de gaps. Foram identificados 21 haplótipos e um alto grau de polimorfismo com 73 sítios polimórficos (15%), dos quais 64 são informativos quanto à parcimônia, com 23 mutações não silenciosas (31,5%). A quantidade de G+C foi igual a 23,9%. A diversidade haplotípica total (Hd) foi de $0,912 \pm 0,028$ (média \pm desvio), variando de $0,250 \pm 0,180$ em TB a $0,916 \pm 0,072$ em MS. A diversidade nucleotídica total (Pi) foi de $0,0443 (\pm 0,00581)$ variando de $0,00051 \pm 0,00072$ em TB a $0,00694 \pm 0,00476$ em TBbg.

Valores elevados de diversidade haplotípica foram encontrados em MS e MT, assim como nas populações bege de MS e TB (Tabela 1). Um alto valor de diversidade nucleotídica também foi encontrado na população bege de TB. As diversidades tanto haplotípicas quanto nucleotídicas foram relativamente baixas em AR e TB. A frequência dos haplótipos nas populações pode ser vista na Tabela 2. O número de haplótipos por população variou de 2 em Tamboretas a 6 haplótipos distintos em Moleques do Sul. As únicas populações que compartilharam haplótipos (haplótipo VII) foram Moleques do Sul e Matadeiro.–

Os testes exatos para diferenciação das populações (Raymond e Rousset 1995) baseado na frequência haplotípica entre as populações revelaram heterogeneidade significativa na distribuição dos haplótipos ($p < 0,05$).

O teste D de Tajima para os dados totais não foi significativo ($D = 0,95$; $P > 0,10$), indicando que os haplótipos são seletivamente equivalentes. Isto sugere que a variação não pode ser explicada diretamente por deriva genética, e podem ser resultantes do efeito da

seleção ou rápida expansão populacional. Esse teste é aplicado para testar a existência de pressão seletiva agindo sobre as substituições (López-Legentil e Turon 2006).

Tabela 1. Índices de diversidade genética de *D. granulatum*. Siglas: N=número de sequências; n=número de sítios polimórficos; h=número de haplótipos; Hd=diversidade haplotípica; pi=diversidade nucleotídica (média \pm desvio padrão; bg = bege)

	N	n	h	Hd	pi
AR	13	2	3	0.295 (\pm 0.156)	0.00063 (\pm 0.00077)
MT	5	4	4	0.900 (\pm 0.161)	0.00327 (\pm 0.00202)
MS	9	5	6	0.916 (\pm 0.072)	0.00385 (\pm 0.00274)
MS bg	4	2	3	0.833 (\pm 0.222)	0.00204 (\pm 0.00202)
TB	8	1	2	0.250 (\pm 0.180)	0.00051 (\pm 0.00072)
TB bg	6	7	4	0.866 (\pm 0.129)	0.00694 (\pm 0.00476)
Total	45	73	21	0.912 (\pm 0.028)	0.04438 (\pm 0.00581)

Tabela 2. Número de haplótipos observados nas populações de *D. granulatum* das ilhas de Santa Catarina. (AR: Arvoredo; MT: Matadeiro; MS: Moleques do Sul; TB: Tamboretetes; MSbg: Moleques do Sul - bege; TBbg: Tamboretetes - bege)

Haplótipos	Populações					
	AR	MT	MS	TB	MSbg	TBbg
I	11					
II	1					
III	3					
IV		1				
V		1				
VI		1				
VII		2	2			
VIII			1			
IX			1			
X			1			
XI			2			
XII			2			
XIII					2	
XIV					1	
XV					1	
XVI				7		
XVII				1		
XVIII						2
XIX						2
XX						1
XXI						1

Análise filogenética

O modelo de substituição de nucleotídeos estimado foi *Transition Model plus gama* (TIM) com o parâmetro alfa da distribuição Gamma = 0.77730 e a árvore de Neighbor-joining foi construída. De acordo com a árvore, podemos observar 3 grupos monofiléticos dos quais o MS06-TB49 (grupo dos espécimens de coloração bege) mostrou grande divergência do grupo TB09-TB79 (grupo de espécimens laranja).

O grupo bege ainda foi reciprocamente monofilético com o restante das sequências (Fig. 3).

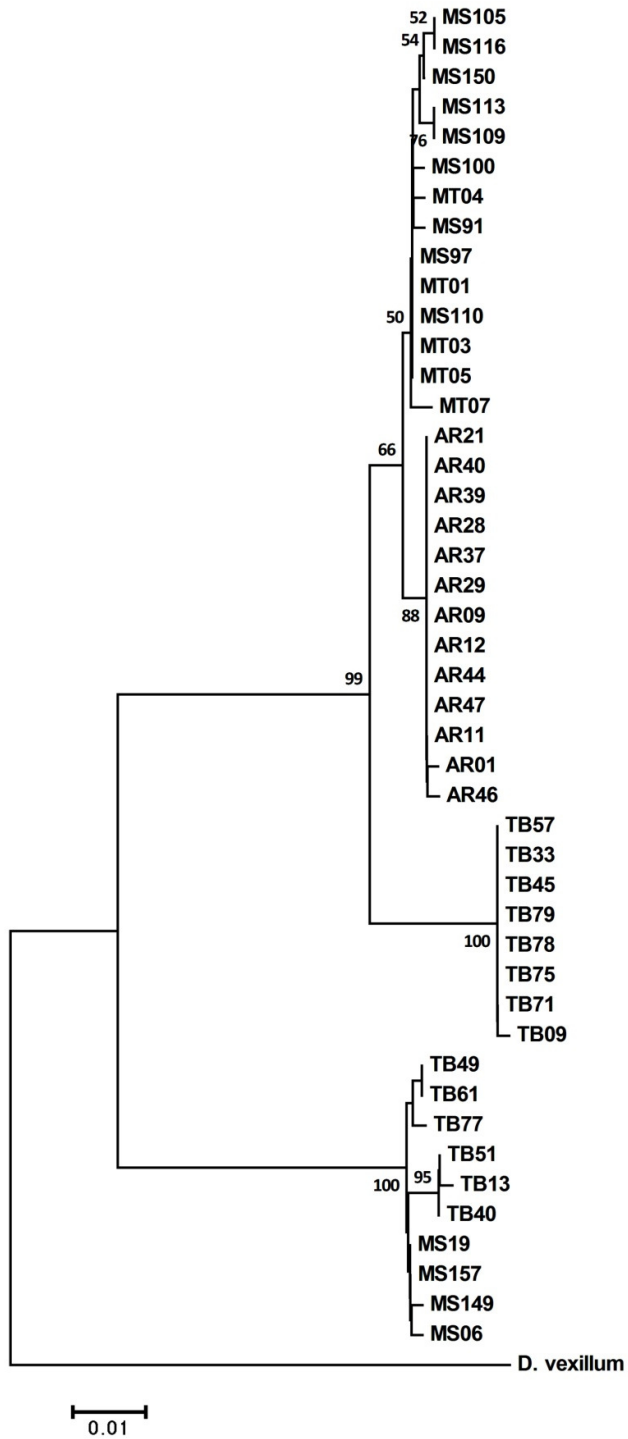


Figura 3. Árvore de Neighbor-joining de *D. granulatum*, estimada a partir do modelo de evolução TIM. Valores de bootstrap maiores do que 50% são mostrados.

Genética de populações

O F_{st} global para as seis populações foi de 0,97, com a maior parte da variação (82,19%) ocorrendo entre os clados bege e laranja. A variação ocorrida entre as populações foi de 15,37%, e dentro das populações foi de 2,45%. Todos os componentes de variação foram significativos ($P < 0.05$), indicando uma alta estruturação genética em todos os níveis (Tabela 3).

Todos os pares de populações apresentaram divergência genética (Tabela 4) que foram estatisticamente significativas ($p < 0,05$), exceto MT e MS ($p > 0,08$) (Tabela 5). O valor de diferenciação genética representa um índice de diferenciação da população e determina as proporções da variabilidade genética total que se referem às diferenças genéticas entre populações e às diferenças entre indivíduos (Mork 2000).

Tabela 3. Análise molecular de variância (AMOVA) mostrando a porcentagem de variação entre grupos, entre populações dentro dos grupos, e dentro das populações

Fonte de Variação	g.l.	Soma dos quadrados	Componentes de variação	Porcentagem de variação (F_{st})
Entre grupos	1	338.621	20.22341	82.19
Entre populações dentro dos grupos	4	116.280	3.78135 Vb	15.37
Dentro das populações	39	23.477	0.60197 Vc	2.45
Total	44	478.378	24.60672	

De acordo com os valores da análise de par a par F_{st} (Tabela 4) podemos notar que MS e MT as são populações com a menor distância genética, assim como as populações das ilhas TBbg e MSbg.

Tabela 4. Distâncias genéticas par a par de Fst entre as populações (bg = bege)

	AR	MT	MS	MSbg	TB	TBbg
AR	*					
MT	0.80974	*				
MS	0.77859	0.12831	*			
MSbg	0.99041	0.97101	0.96486	*		
TB	0.98241	0.95188	0.93142	0.99078	*	
TBbg	0.97427	0.94530	0.94828	0.21569	0.97029	*

Tabela 5. Valores de P de Fst segundo a AMOVA (bg = população bege)

	AR	MT	MS	MSbg	TB	TBbg
AR	*					
MT	0.0000±0.000	*				
MS	0.0000±0.000	0.0849±0.009	*			
MSbg	0.0000±0.000	0.0107±0.003	0.0009±0.001	*		
TB	0.0000±0.000	0.0009±0.001	0.0000±0.000	0.0009±0.001	*	
TBbg	0.0000±0.000	0.0029±0.002	0.0000±0.000	0.0478±0.006	0.0009±0.001	*

As redes de haplótipos construídas (Figs. 4 e 5) formaram dois grandes grupos, ou duas subredes, correspondentes às “espécies” que apresentam a variação de cor laranja e bege. As duas subredes são separadas por quarenta e três passos evolutivos. A população de Tamborettes foi separada por quatorze passos evolutivos do restante das populações do Arvoredo, Moleques do Sul e Matadeiro, o que sugere a ausência de fluxo gênico entre estas populações.

Ao avaliarmos as distâncias genéticas dentro e entre (sublinhado) as populações com variação cromática podemos verificar uma forte diferença entre as mesmas (Tabela 6), e separando as populações por variação de cor, formam-se duas sub-redes separadas por 43 sítios polimórficos, conforme a Fig. 5.

Tabela 6. Distâncias genéticas par a par (K2p) entre (sublinhado) e dentro das populações bege e laranja de *D. granulatum*

	Bege	Laranja
Bege	0.006	
Laranja	<u>0.106</u>	0.016

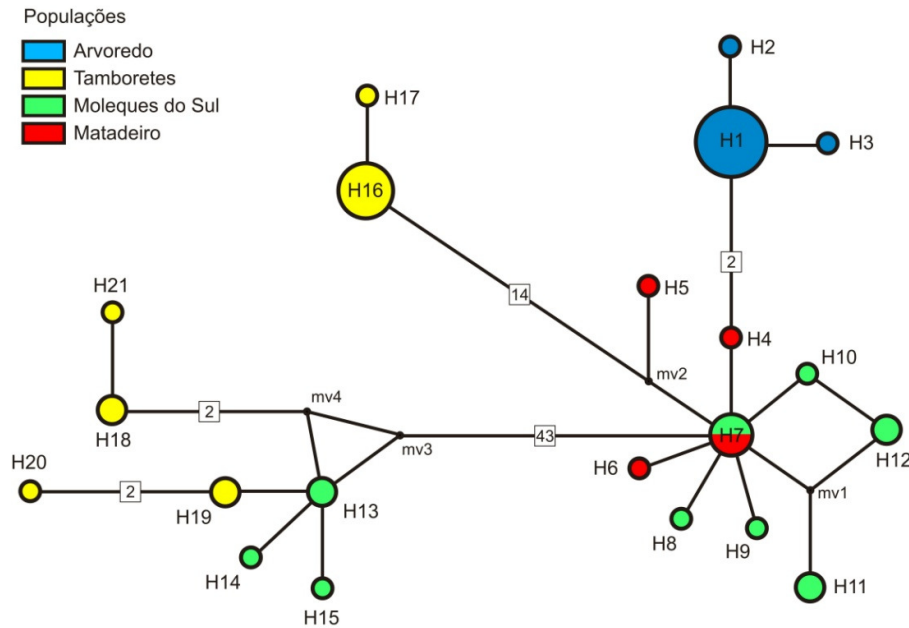


Figura 4. Median-joining network mostrando a relação ente os haplótipos das populações de *D. granulatum* para dados de COI. Linha simples significa um passo evolutivo entre os haplótipos, e número dentro dos quadrados indica o número de mutações que ocorreram (quando superior a 1). A área dos círculos é proporcional à freqüência de cada haplótipo e a cor indica as diferentes populações.

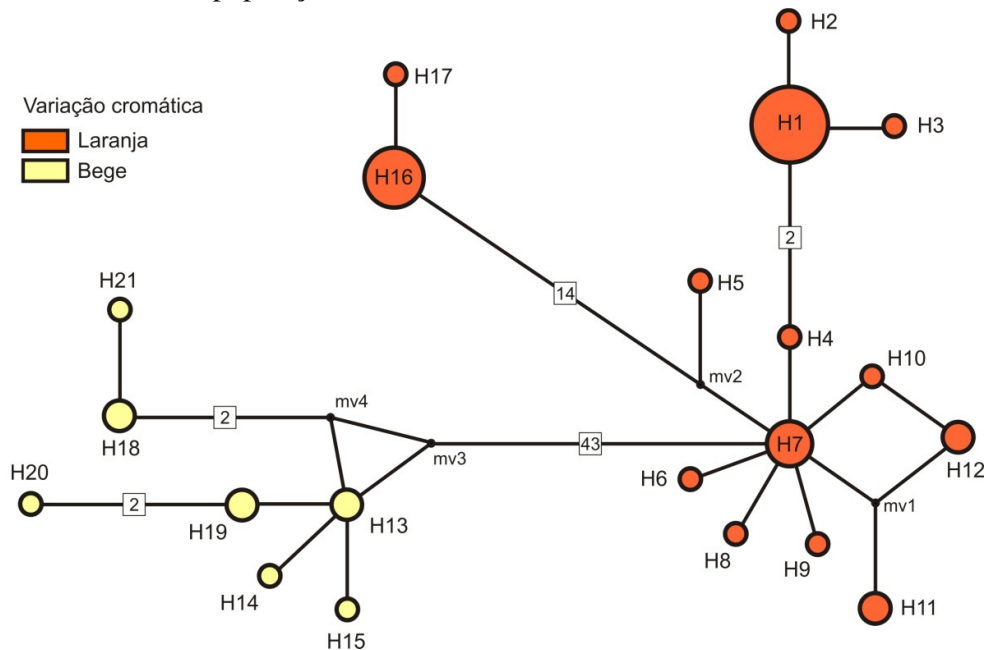


Figura 5. Median-joining network mostrando a relação entre os haplótipos das populações baseadas na variação cromática bege e laranja de *D. granulatum* para dados de COI. Linha simples significa um passo evolutivo entre os haplótipos, e número dentro dos quadrados indica o número de mutações que ocorreram (quando superior a 1). A área dos círculos é proporcional à freqüência de cada haplótipo e a cor indica as diferentes cores dos indivíduos.

DISCUSSÃO

Os resultados de todas as análises indicaram uma clara evidência de diferenciação genética em *D. granulatum* nas ilhas de Santa Catarina, entre as populações das ilhas e, principalmente, entre as populações das distintas cores, separadas por 43 passos mutacionais na rede de haplótipos. Estes resultados indicam que o táxon em questão se trata de duas espécies distintas geneticamente.

Em geral, os valores F_{st} foram significativamente maiores entre populações de cores diferentes do que entre as localidades geográficas, e a AMOVA confirmou claramente este padrão. A divergência genética de 10,6% entre os clados laranja e bege esteve acima dos valores encontrados em outras espécies de ascídias com morfotipos de cores já estudadas. Um exemplo é a ascídia colonial *Pycnoclavella communis*, um organismo endêmico do Mediterrâneo, que mostrou divergência média de 8,55% entre clados de cores distintas, através de marcadores COI e microssatélites (Pérez-Portela e Turón 2008). Os autores sugerem que estas diferenças são grandes suficientes para serem consideradas linhagens distintas, além de evidenciar estrutura espacial das populações. Em *Pseudodistoma crucigaster* Gaill 1972, outra ascídia colonial com diferenças de coloração, um valor de divergência mais baixo na sequência de COI de 2,12%, não impediu que fosse sugerido à separação dos morfotipos em espécies distintas (Tarjuelo et al. 2004).

Os valores de diferenciação genética de *P. crucigaster* foram próximos aos de *D. granulatum*, com uma maior variação ocorrendo entre os clados de cor laranja e cinza com amarelo (90,9%), segundo AMOVA. Em *D. granulatum* esta variação dividiu os clados das distintas cores (laranja e bege) em 82,19%. *Cistodytes dellechiajei* (Della Valle, 1877), outra ascídia colonial do Mediterrâneo, também mostrou forte diferenciação entre as populações de

cores e de localidades distintas (76,02 % e 29,42% respectivamente) na AMOVA (López-Logentil e Turon 2006).

A partir destes exemplos, pode-se perceber que esses dados moleculares têm mostrado certa prevalência de espécies crípticas e irmãs no ambiente marinho, que anteriormente passavam despercebidos em estudos morfológicos (Palumbi 1994; Knowlton 2000; Pérez-Portela e Turón 2008). No entanto, o grau de divergência entre as espécies no gene COI é diversificada nos grupos taxonômicos, não existindo um valor limite na separação de linhagens distintas (Hebert et al. 2003). Estudos morfológicos e biológicos, incluindo, se possível experimentos de fertilização cruzada, são indicados nestes casos, com o intuito de revelar se estamos lidando com espécies que efetivamente não se inter cruzam (Pérez-Portela e Turon 2008).

Para López-Logentil e Turon (2006) a fragmentação das populações e as expansões geográficas parecem moldar a distribuição dos haplótipos. Mesmo com os indicativos de ausência de haplótipos compartilhados e distâncias de F_{st} significativas entre as populações de cor bege das ilhas MS e TB (distantes cerca de 100 km), as diversidades haplotípicas e nucleotídicas foram elevadas, enfraquecendo a hipótese de endogamia agindo como um fator evolutivo neste caso. Sugere-se que estas populações estejam 'trocando' genes com populações de outras regiões, assim como as ilhas e os costões das proximidades, ou até mesmo regiões mais distantes.

A dispersão da pós-larva quando assentada em substratos artificiais tais como cascos de navios, plataformas de petróleo ou até mesmo substratos orgânicos como macroalgas etc, permite a estes organismos alcançar longas distâncias no ambiente marinho, facilitando substancialmente a capacidade de dispersão das espécies. Estes mecanismos têm um importante papel na dispersão de espécies incubadoras (Ayre et al. 1997), proporcionando a colonização de novos habitats.

Ao visualizar o conjunto de evidências formadas pelas diversidades haplotípicas e nucleotídicas, haplótipos exclusivos, distâncias e número de passos mutacionais nas populações do morfotipo laranja de *D. granulatum* das ilhas do Arvoredo e Tamboretas, permite-nos supor que estas populações estejam isoladas e suscetíveis a eventos de especiação, e a endogamia agindo como fator evolutivo.

No entanto, ressaltamos que há uma limitação nos nossos conjuntos de dados, e algumas populações requerem mais indivíduos sequenciados.

Em relação às seis populações analisadas, tanto na topologia de Neighbor-joining quanto na rede de haplótipos, sugere-se que somente as populações de MS e MT (ilha e costa respectivamente e afastados cerca de doze km) estejam conectadas geneticamente. Uma maior diversidade haplotípica encontrada nesses locais e o compartilhamento do haplótipo VII por indivíduos destas duas populações sugerem a ocorrência de algum fluxo gênico.

Um elevado número de haplótipos exclusivos (95%) foi comum em *D. granulatum*, assim como observado para *P. communis* (Pérez-Portela e Turón *op cit*), o que sugere um fluxo gênico restrito e ausência de conectividade. As populações de ascídias coloniais são mantidas através de dispersão localizada e auto-recrutamento local, em contraste com alguns grupos marinhos nos quais as larvas têm grande capacidade de dispersão e que mostram alguma homogeneidade genética na estrutura populacional em escala espacial maior (Ayre et al. 1997).

Em outras ascídias coloniais (Tarjuelo et al. 2004; Pérez-Portela e Turón 2008), os valores de variação encontrados entre as populações dentro dos grupos foram relativamente parecidos, com algumas exceções. Em *D. granulatum* a variação entre as populações explicou 15,37% da variação total e 2,45% foi a variação encontrada dentro das populações. Estas proporções assemelham-se as encontradas para *P. crucigaster* onde a variação entre as

populações dentro dos clados foi um pouco menor, com 5.54% de divergência, no entanto, dentro das populações divergiu mais do que *D. granulatum*, com 3,57%.

Implicações para a Conservação

Os resultados evidenciaram uma importante variabilidade genética em todos os níveis estudados, a partir de populações entre as ilhas e de populações de cores distintas, possivelmente ligados a processos de especiação. Esta variabilidade é atribuída ao fluxo gênico restrito entre as populações de *D. granulatum*, assim como ocorre em outras ascídias coloniais, devido à curta distância de dispersão das larvas.

Devido o isolamento dos ecossistemas insulares para muitos grupos biológicos, pode-se observar uma intensificação dos mecanismos de diferenciação genética, tal como especiação e distribuição das espécies, que faz destes ambientes propícios ao endemismo, tornando ainda mais urgente e fundamental sua proteção. Os estudos da subdivisão de populações e especiação são atualmente cruciais para a compreensão e o manejo da biodiversidade marinha, além das aplicações biotecnológicas (Holland 2000).

A aplicação do estudo de variabilidade genética a outros grupos de invertebrados marinhos sésseis na área estudada pode trazer importantes informações sobre a conectividade e metapopulação destas ilhas, tendo em vista a fragilidade dos ecossistemas insulares costeiros e a importância da manutenção da variabilidade genética, necessária para as populações serem capazes de lidar com as mudanças ambientais. Uma baixa diversidade genética compromete a capacidade de evoluir e lidar com estas mudanças, reduzindo as chances de persistência a médio e longo prazos nas populações acometidas (Frankham et al. 2008).

Por fim, recomenda-se uma reavaliação da taxonomia utilizando-se de uma melhor abordagem morfológica ou da utilização de novos caracteres morfológicos. A presença das

espécies crípticas, e, o não reconhecimento dessas espécies reflete em consequências como desde a subestimação da biodiversidade real do local até a ameaça de extinção de espécies raras que, sob um olhar mais amplo, podem não ser protegidas por serem morfológicamente iguais a outras espécies mais comuns.

REFERÊNCIAS

- Awise JC, Arnold J, Ball RM, Bermingham E, Lamb T, Neigel JE, Reeb CA, Saunders NC (1987) Intraspecific Phylogeography: the mitochondrial DNA bridge between populations genetics and systematics. *Annu Rev Ecol Syst* 18:489–522.
- Ayre DJ, Davis AR, Billingham M, Llorens T, Styan C (1997) Genetic evidence for contrasting patterns of dispersal in solitary and colonial ascidians. *Mar Biol* 130:51–61
- Bandelt H-J, Foster P, Röhl A (1999) Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Mol Biol Evol* 16:37–48
- Crisp DJ (1978) Genetic consequences of different reproductive strategies in marine invertebrates. In: Battaglia B, Beardmore JA (eds) *Marine organisms: genetics, ecology and evolution*. Plenum Press, New York
- Dalby JE Jr (2000) Reproductive and eletrophoretic evidence for genetic maintenance of dimorphism in ascidians *Pyura stolonifera* near Melbourne, Australia. *Ophelia* 47:227–243
- Ewing B, Hillier L, Wendl MC, Green P (1998) Base-calling of automated sequencer traces using phred. I. Accuracy assessment. *Genome Res* 8:175–185
- Excoffier L, Laval G, Schneider S. (2005) Arlequin ver. 3.1: an integrated software package for population genetics data analysis. Berne: University of Berne
- Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA (2008) *Fundamentos da genética da conservação*. Sociedade Brasileira de Genética (Eds), Ribeirão Preto, São Paulo.
- Gordon D, Abajian C, Green, P (1998) Consed: A graphical tool for sequence finishing. *Genome Res* 8:195–202
- Hall, T A (Ed) (1999) BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analisys program for Windows 95/98/NT, *Nucleic Acids Symp Ser* 41:95–98

- Hebert PDN, Ratnasingham S, deWaard JR (2003) Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proc R Soc London* 270:96–99
- Hedgecock D, Barber PH, Edmands S (2007) Genetic Approaches to Measuring Connectivity. *Oceanography* 20:70–79
- Holland BS (2000) Genetics of marine invasions. *Hydrobiologia* 420:63–71
- Jackson JBC (1986) Modes of dispersal of clonal benthic invertebrates: consequences for species distributions and genetic structure of local populations. *Bull Mar Sci* 39:588–606
- Knowlton N (2000) Molecular genetic analyses of species boundaries in the sea. *Hydrobiologia* 420:73–90
- López-Legentil S, Turon, X (2006) Population genetics, phylogeography and speciation of Cystodytes (Ascidiacea) in the Western Mediterranean Sea. *Biol J Linn Soc* 88: 203–214
- Monniot C, Monniot F, Laboute P (1991) Coral Reef Ascidians of New Caledonia. Orstom, Paris.
- Mora C, Sale PF (2002) Are populations of coral reef fish open or closed? *Trends Ecol Evol* 17:422–428
- Mork J (2000) Methods in population genetics. Lab. Course. Trondheim: Department of Botany, Trondheim Biological Station. Disponível em: <http://folk.ntnu.no/vmbijmor/jmork/courses/315H02/00Komp.doc>. (acesso em 28/05/2010)
- Nei M (1987). *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University. Press, New York
- Nóbrega R, Solé-Cava AM, Russo CAM (2004) High genetic homogeneity of an intertidal marine invertebrate along 8000 km of the Atlantic coast of the Americas. *J Exp Mar Biol Ecol* 303:173–181

- Palumbi SR (1994) Genetic divergence, reproductive isolation, and marine speciation. *Annu Rev Ecol Syst* 25:547–572
- Palumbi SR (2004). Marine Reserves and ocean neighbors: the spatial scale of marine populations and their management. *Annu Rev Environ Resour* 29:31–68
- Pérez-Portela R, Turon X (2008) Cryptic divergence and strong population structure in the colonial invertebrate *Pycnoclavella communis* (Ascidiacea) inferred from molecular data. *Zoology* 11:163–178
- Rocha RM, Moreno TR, Metri R (2005) Ascídias (Tunicata: Ascidiacea) da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo. *Rev Bras Zool* 22:461–476
- Sambrook J, Russell D W (2001) *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. 3.ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press
- Schneider S, Roessli D, Excoffier L (2000) Arlequin. A Software for Population Genetics Data Analysis, version 2000. Genetics and Biometry Laboratory, Department of Anthropology, University of Geneva, Geneva
- Shanks AL, Grantham BA, Carr MH (2003). Propagule dispersal distance and the size and spacing of marine reserves. *Ecol Appl* 13:159–169
- Stefaniak L, Lambert G, Gittenberger A, Zhang H, Lin S, Whitlatch RB (2009) Genetic conspecificity of the worldwide populations of *Didemnum vexillum* Kott, 2002 *Aquat Inv* 4:29–44
- Selegim · MHR, Campana PT, · Berlinck RGS, Custódio M.R. (2007) Localization of granulatimide alkaloids in the tissues of the ascidian *Didemnum granulatum*. *Mar Biol* 150: 967–975
- Weir BS, Cockerham CC (1984) Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution* 38:1358–1358

Weir BS (1996) Genetic Data Analysis II - Methods for Discrete Population Genetic Data.

Sinauer Associates, Sunderland

Tarjuelo I, Posada D, Crandall JA, Turon, X (2004) Phylogeography and speciation of colour

morphs in the colonial ascidian *Pseudodistoma crucigaster* Mol Ecol 13:3125–3136

Yund PO, O'Neil PG (2000) Microgeographic genetic differentiation in a colonial ascidian

(*Botryllus schlosseri*) population. Mar Biol 137:583–588

Considerações Finais

As comunidades bênticas marinhas de águas rasas do sul do Brasil tiveram através do presente estudo uma importante adição no conhecimento da biodiversidade local, onde 53% dos táxons encontrados nas ilhas foram novos registros para o Estado de Santa Catarina, para a região sul e até mesmo para o país. Algumas espécies exóticas foram registradas nas ilhas, inclusive em área de Reserva Biológica Marinha. Deste modo, ressalta-se a importância de um programa de monitoramento na região no intuito de acompanhar flutuações destas populações, e detectar possivelmente outras espécies não nativas.

Ao descrever estas comunidades bênticas de substrato consolidado destas ilhas, o filo Porifera se destaca por ser o grupo taxonômico do zoobentos mais frequente nas ilhas do sul, a classe Anthozoa (filo Cnidaria) nas ilhas do norte. O ‘turf’ foi o grupo morfofuncional mais abundante na cobertura dos recifes rochosos das ilhas, com valores acerca de 90% de cobertura em alguns locais. E é a partir destas revelações junto às análises estatísticas aplicadas no decorrer da tese que comprovaram que as ilhas do Norte são efetivamente diferentes das ilhas do sul, e devem ser vistas como unidades distintas quando o objetivo é a realização de programas de conservação. Análises genéticas através da aplicação de um organismo modelo também corroboram esta afirmativa. Apesar das ilhas ao sul também estarem enquadradas em categorias de unidades de conservação, ilha do Campeche como patrimônio histórico e Arquipélago das ilhas Moleques do Sul como pertencente ao Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e à Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca, as partes imersas que compreendem a fauna de peixes, invertebrados e as macroalgas não tem proteção.

Outro aspecto importante sob o ponto de vista conservacionista é a presença de espécies crípticas na área estudada, o que gera uma leve subestimação do número real da biodiversidade local. Um exemplo é a ascídia colonial *Didemnum granulatum*, uma das

espécies com variação cromática encontrada. Os testes de divergência genética com indivíduos destas populações providenciaram informações que sugerem a separação em táxons distintos, tanto no ponto de vista da variação de cor como as fortes diferenças genéticas encontradas em relação às localidades geográficas estudadas. Até mesmo populações de um mesmo morfotipo de cor mostrou grandes distâncias genéticas, possivelmente isoladas geograficamente ou até mesmo reprodutivamente, o que faz disso um ponto crucial a ser considerado em programas de conservação.